



FREDERICO C. BARBOSA

ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

PRODUTIVIDADE E COMPETITIVIDADE

VOLUME IV



EDITORA CONHECIMENTO LIVRE



Frederico Celestino Barbosa

Engenharia de produção: produtividade e competitividade

4ª ed.

Piracanjuba-GO
Editora Conhecimento Livre
2020

4ª ed.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

B238a Barbosa, Frederico Celestino
Engenharia de produção: produtividade e competitividade.
/Frederico Celestino Barbosa. - Piracanjuba-GO
Editora Conhecimento Livre, 2020.

xxx f.: il

DOI: 10.37423/2020.a19

ISBN: 978-65-86072-35-8

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

1. Engenharia de produção. 2. Produtividade. 3. Competitividade. I. Barbosa, Frederico Celestino. I. Título.

CDU: 620

<https://doi.org/10.37423/2020.a19>

O conteúdo dos artigos e sua correção ortográfica são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

EDITORA

CONHECIMENTO LIVRE

Corpo Editorial

Dr. João Luis Ribeiro Ulhôa

MSc. Frederico Celestino Barbosa

MSc. Carlos Eduardo de Oliveira Gontijo

MSc. Plínio Ferreira Pires

Editora Conhecimento Livre
Piracanjuba-GO
2020

Sumário

CAPÍTULO 1.....	7
QUÍMICA VERDE: UM CAMINHO PARA A PRODUÇÃO MAIS LIMPA.....	7
DOI: 10.37423/200400586.....	7
CAPÍTULO 2.....	20
ANÁLISE DA ELASTICIDADE DA GASOLINA NO SUDESTE DO BRASIL NO PERÍODO DE 2012 A 2019.....	20
DOI: 10.37423/200400596.....	20
CAPÍTULO 3.....	39
TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E AGRONEGÓCIO: PRINCIPAIS REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39
DOI: 10.37423/200400601.....	39
CAPÍTULO 4.....	51
RESISTÊNCIA À MUDANÇA NA IMPLANTAÇÃO DE UM PROGRAMA DE GESTÃO DA QUALIDADE TOTAL - UM ESTUDO DE CASO EM UMA ORGANIZAÇÃO PÚBLICA.....	51
DOI: 10.37423/200400621.....	51
CAPÍTULO 5.....	72
A INFLUÊNCIA DAS FERRAMENTAS DA QUALIDADE NA PRODUÇÃO DE EMBALAGENS SECUNDÁRIAS.....	72
DOI: 10.37423/200400630.....	72
CAPÍTULO 6.....	91
METODOLOGIA DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA, NA ANÁLISE DOS IMPACTOS AMBIENTAIS NO PROCESSO INDUSTRIAL DO PORCELANATO.....	91
DOI: 10.37423/200400656.....	91
CAPÍTULO 7.....	111
ANÁLISE DO MAPEAMENTO DA COLETA SELETIVA REALIZADA POR UMA COOPERATIVA DO MUNICÍPIO DE SERRA TALHADA-PE.....	111
DOI: 10.37423/200400657.....	111
CAPÍTULO 8.....	126

ASSÉDIO MORAL NAS CARREIRAS PÚBLICAS BRASILEIRAS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA.....	126
DOI: 10.37423/200400660.....	126
CAPÍTULO 9.....	142
PROJETO DE MELHORIA DE PROCESSOS PARA ORGANIZAÇÕES NÃO GOVERNAMENTAIS: O ESTUDO DE CASO DA ONDA CARIOCA.....	142
DOI: 10.37423/200400671.....	142
CAPÍTULO 10.....	161
CADEIA DE VALOR DE UM HOSPITAL – PROPOSTAS DE MELHORIAS E AVALIAÇÃO POR INTERMÉDIO DA SIMULAÇÃO A EVENTO DISCRETO E AVALIAÇÃO ECONÔMICA.....	161
DOI: 10.37423/200400704.....	161
CAPÍTULO 11.....	176
PROJETO DE PROTÓTIPO DE MÁQUINA INJETORA MANUAL.....	176
DOI: 10.37423/200400705.....	176
CAPÍTULO 12.....	187
APLICAÇÃO DE PROCESSOS LOGÍSTICOS PARA REDUÇÃO DE CUSTOS COM ARMAZENAMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE SORO ENTRE AS FILIAIS DE UMA UNIDADE HOSPITALAR.....	187
DOI: 10.37423/200400708.....	187
CAPÍTULO 13.....	211
ANÁLISE PREDITIVA DE SÉRIES TEMPORAIS: UM ESTUDO PARA PREVISÃO DE DEMANDA APLICADO AO SOFTWARE IBM-SPSS NA PRODUÇÃO DE AUTOVEÍCULOS.....	211
DOI: 10.37423/200400737.....	211
CAPÍTULO 14.....	226
A IMPORTÂNCIA DA APLICAÇÃO DA FERRAMENTA MAPA DE RACIOCÍNIO EM UM PROJETO DE SEIS SIGMA.....	226
DOI: 10.37423/200400740.....	226
CAPÍTULO 15.....	242
UM MODELO DE ROTEIRIZAÇÃO PARA RONDAS ESCOLARES PREVENTIVAS DA GUARDA MUNICIPAL.....	242
DOI: 10.37423/200400779.....	242
CAPÍTULO 16.....	254

DETERMINAÇÃO DE MODELO DE ESTRUTURA ORGANIZACIONAL COM FOCO EM INOVAÇÃO UTILIZANDO STRATEGIC CHOICE APPROACH (SCA).....	254
DOI: 10.37423/200400780.....	254
CAPÍTULO 17.....	272
MÉTODO BDF PARA SIMULAÇÃO DINÂMICA DE SISTEMAS ELÉTRICOS DE POTÊNCIA.....	272
DOI: 10.37423/200400785.....	272
CAPÍTULO 18.....	289
SETOR VAREJISTA: PERCEPÇÃO DOS GESTORES ACERCA DO COMPORTAMENTO DISFUNCIONAL DO CONSUMIDOR..	289
DOI: 10.37423/200400799.....	289
CAPÍTULO 19.....	306
PICAT: UMA LINGUAGEM PARA PLANEJAMENTO EM PESQUISA OPERACIONAL.....	306
DOI: 10.37423/200400792.....	306
CAPÍTULO 20.....	324
PROPENSÃO À CRIMINALIDADE EM MUNICÍPIOS DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO, BRASIL: UM ESTUDO UTILIZANDO INDICADORES ECONÔMICOS E SOCIAIS E MÉTODOS ESTATÍSTICOS MULTIVARIADOS.....	324
DOI: 10.37423/200500809.....	324
CAPÍTULO 21.....	343
PROBLEMA INTEGRADO DE SEQUENCIAMENTO DA PRODUÇÃO E DIMENSIONAMENTO DE LOTES EM UM PROCESSO DE INJEÇÃO DE TERMOPLÁSTICOS.....	343
DOI: 10.37423/200500811.....	343
CAPÍTULO 22.....	359
UMA ANÁLISE TEMPORAL E BIBLIOGRÁFICA ACERCA DAS DIFERENTES FONTES PRODUTORAS DE BIOCOMBUSTÍVEIS NO BRASIL.....	359
DOI: 10.37423/200500815.....	359
CAPÍTULO 23.....	373
ALGORITMO BASEADO NA TÉCNICA REPRESENTAÇÃO NÓ-PROFUNDIDADE APLICADO NO PROBLEMA DE RESTAURAÇÃO DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	373
DOI: 10.37423/200500828.....	373
CAPÍTULO 24.....	391

A APLICAÇÃO DO MODELO MULTICRITÉRIO MACBETH NO APOIO À DECISÃO: ESCOLHA DE UM GERENTE DE PROJETOS.....	391
DOI: 10.37423/200500832.....	391
CAPÍTULO 25.....	404
ORDENAÇÃO DE MUNICÍPIOS POR POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO DE ÁGUAS COM FÁRMACOS ONCOLÓGICOS POR COMPOSIÇÃO PROBABILÍSTICA DE PREFERÊNCIAS.....	404
DOI: 10.37423/200500836.....	404
CAPÍTULO 26.....	423
FATORES CONDICIONANTES DA SATISFAÇÃO EM SERVIÇOS DE SAÚDE: ANÁLISE DE UMA PESQUISA DE SATISFAÇÃO EM UMA EMERGÊNCIA HOSPITALAR DO RIO DE JANEIRO.....	423
DOI: 10.37423/200500839.....	423
CAPÍTULO 27.....	443
ESTRUTURAS ORGANIZACIONAIS E ESTRATÉGIA: UM ESTUDO DE CASO EM UMA ONG MINEIRA.....	443
DOI: 10.37423/200500849.....	443
CAPÍTULO 28.....	458
APLICAÇÃO DA ANÁLISE DE AGRUPAMENTO NA AVALIAÇÃO DA FORMAÇÃO TÉCNICAPROFISSIONALIZANTE PARA O SETOR INDUSTRIAL.....	458
DOI: 10.37423/200500854.....	458
CAPÍTULO 29.....	475
AJUSTE COORDENADO DOS PARÂMETROS DOS CONTROLADORES ESTABILIZADORES DE SISTEMA DE POTÊNCIA VIA ALGORITMO GENÉTICO DE CHU-BEASLEY ESPECIALIZADO.....	475
DOI: 10.37423/200500856.....	475
CAPÍTULO 30.....	491
OTIMIZAÇÃO DA PROGRAMAÇÃO DO SUPRIMENTO DE PETRÓLEO DE TERMINAIS AQUAVIÁRIOS PARA REFINARIAS: UMA ABORDAGEM DE REFORMULAÇÕES EM MODELOS DE PROGRAMAÇÃO INTEIRA MISTA.....	491
DOI: 10.37423/200500860.....	491
CAPÍTULO 31.....	508
USO DE MULTI-LAYER PERCEPTRON NA IDENTIFICAÇÃO DE DISPOSITIVOS SIMILARES EM SMART GRID.....	508
DOI: 10.37423/200500863.....	508
CAPÍTULO 32.....	522

ESTUDO DO SISTEMA DE FILAS DE UMA CASA LOTÉRICA DA CIDADE DE FRANCA.....	522
DOI: 10.37423/200500865.....	522
CAPÍTULO 33.....	539
INTEGRAÇÃO DE MÉTODO AMD COM TÉCNICAS GIS PARA CLASSIFICAR ZEIS: UM CASO DE ESTUDO NA CAPITAL DO CEARÁ DA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL.....	539
DOI: 10.37423/200500866.....	539
CAPÍTULO 34.....	556
AVALIAÇÃO DA IMPORTÂNCIA DOS INDICADORES DE DESEMPENHO DA LOGÍSTICA REVERSA NA INDÚSTRIA DE CALÇADOS.....	556
DOI: 10.37423/200500871.....	556
CAPÍTULO 35.....	575
ANÁLISE COMPARATIVA DE MÉTODOS/TÉCNICAS/PROTOCOLOS DE COMUNICAÇÃO PARA SISTEMAS MULTIAGENTES.....	575
DOI: 10.37423/200500875.....	575
CAPÍTULO 36.....	589
BINARY INTEGER PROGRAMMING MODEL FOR UNIVERSITY COURSES TIMETABLING: A CASE STUDY.....	589
DOI: 10.37423/200500876.....	589
CAPÍTULO 37.....	602
UM ESTUDO COMPARATIVO ENTRE TÉCNICAS DE INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL PARA O RECONHECIMENTO ÓTICO DE CARACTERES MANUSCRITOS.....	602
DOI: 10.37423/200500929.....	602
CAPÍTULO 38.....	620
O PROBLEMA DE PROGRAMAÇÃO DE EQUIPES DE CERTIFICAÇÃO DE UNIDADES FIXAS DE CIMENTAÇÃO.....	620
DOI: 10.37423/200500932.....	620
CAPÍTULO 39.....	639
DIFERENCIAIS COMPETITIVOS DE EMPRESAS INCUBADAS: ANÁLISE DE UMA EMPRESA SERTANEJA EXPORTADORA DE JOIAS.....	639
DOI: 10.37423/200500937.....	639
CAPÍTULO 40.....	657

INOVAÇÃO EM EMPRESAS DE PEQUENO PORTE NO MARANHÃO: UM ESTUDO COMPARATIVO ENTRE OS SETORES DE COMÉRCIO E SERVIÇOS.....	657
DOI: 10.37423/200500938.....	657
CAPÍTULO 41.....	677
INDICADORES DE DESEMPENHO: ESTUDO NAS MOVELARIAS DE ITACOATIARA-AM.....	677
DOI: 10.37423/200500959.....	677
CAPÍTULO 42.....	704
A PREVISÃO DE DEMANDA SOBRE O NÚMERO DE EMPLACAMENTOS DE AUTOMÓVEIS E COMERCIAIS LEVES.....	704
DOI: 10.37423/200501016.....	704
CAPÍTULO 43.....	716
AVALIAÇÃO DE RISCOS NA IMPLANTAÇÃO E MANUTENÇÃO DE REDES DE TELEFONIA: UM ESTUDO DE CASO APLICADO EM UMA EMPRESA DO CENTRO OESTE.....	716
DOI: 10.37423/200501021.....	716
CAPÍTULO 44.....	761
ESTUDANTES INDIGENAS WAI-WAI NA UFOPA: SOCIOECONOMIA E CONSUMO DE PEIXES.....	761
DOI: 10.37423/200601116.....	761
CAPÍTULO 45.....	774
PUBLIC FACILITIES LOCATION: CASE STUDY OF CATHOLIC CHURCHES IN BARRA DA TIJUCA AND RECREIO, RIO DE JANEIRO – BRAZIL.....	774
10.37423/200500846.....	774
CAPÍTULO 46	796
PROBLEMA DE ALOCAÇÃO DE SEÇÕES ELEITORAIS EM LOCAIS DE VOTAÇÃO NO MUNICÍPIO DE PALMAS-TO.....	796
DOI: 10.37423/200500841.....	796
CAPÍTULO 47.....	807
ESTUDO DE MICROMOVIMENTOS PARA OTIMIZAÇÃO E PADRONIZAÇÃO DO MÉTODO DE TRABALHO EM UMA INDÚSTRIA TÊXTIL DE VITÓRIA DA CONQUISTA/BA.....	807
DOI: 10.37423/220410596.....	807

Capítulo 1

QUÍMICA VERDE: UM CAMINHO PARA A PRODUÇÃO MAIS LIMPA

[DOI: 10.37423/200400586](https://doi.org/10.37423/200400586)

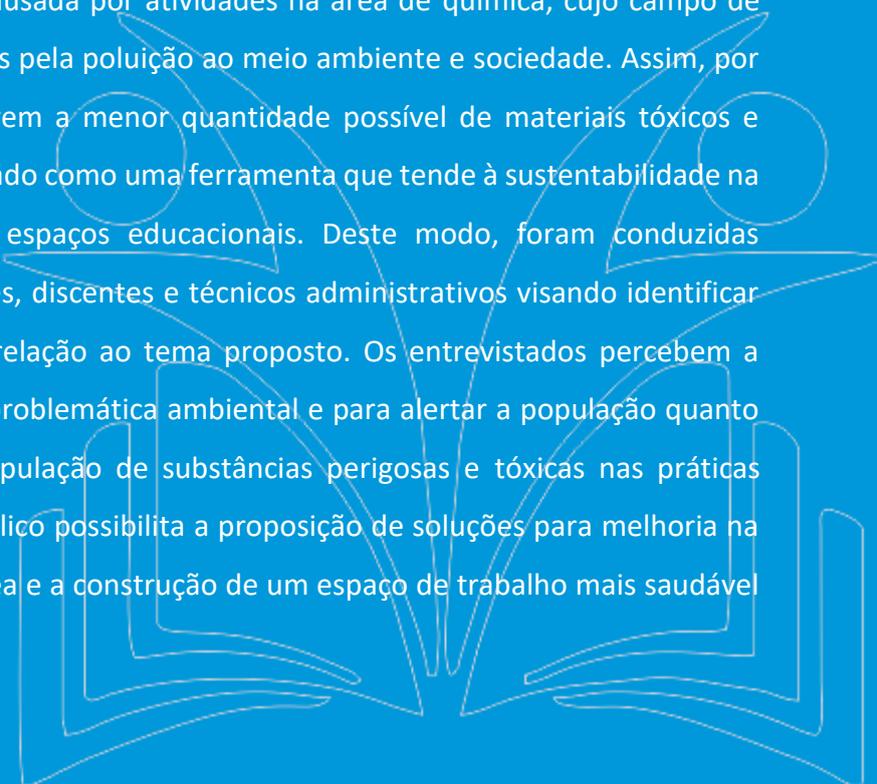
Jessica Mieko Ota Alves - jessicamieko@hotmail.com

João Victor da Silva Alves - jvictor@ufu.br

Márcio Pimenta - pimenta@ufu.br

Ingridi Vargas Bortolaso - ingridibortolaso@unisc.br

Resumo: O presente artigo tem por objetivo estudar aspectos relacionados à Química Verde no contexto de um laboratório de análise de solos em uma universidade pública federal. A Química Verde é um tipo de prevenção de degradação causada por atividades na área de química, cujo campo de estudo visa reduzir os impactos provocados pela poluição ao meio ambiente e sociedade. Assim, por meio da utilização de estratégias que gerem a menor quantidade possível de materiais tóxicos e inflamáveis, essa iniciativa tem se configurado como uma ferramenta que tende à sustentabilidade na indústria e agora pretende alcançar os espaços educacionais. Deste modo, foram conduzidas entrevistas em profundidade com docentes, discentes e técnicos administrativos visando identificar problemas enfrentados no dia a dia em relação ao tema proposto. Os entrevistados percebem a necessidade de chamar a atenção para a problemática ambiental e para alertar a população quanto aos possíveis riscos oferecidos pela manipulação de substâncias perigosas e tóxicas nas práticas acadêmicas. Tal aproximação junto ao público possibilita a proposição de soluções para melhoria na qualidade dos serviços prestados nessa área e a construção de um espaço de trabalho mais saudável



e próspero. Logo, os resultados esperados pela realização deste estudo pretendem promover a química verde como um caminho possível para a produção mais limpa.

Palavras-chave: Química Verde, Meio ambiente. Riscos. Soluções. Produção Mais Limpa.

1. INTRODUÇÃO

A Indústria Química é conhecida como uma das indústrias que mais contribuiu para o processo de degradação ambiental. Assim, faz-se cada vez mais urgente a adoção de práticas sustentáveis que reforcem o caráter preventivo e, por ora, curativo, dos ecossistemas, visando reagir às expectativas pessimistas apontadas em algumas pesquisas para o futuro do planeta, que ameaçam a vida na Terra. Corrobora com a argumentação Freitas (2002), o qual aponta que diante da complexidade e amplitude dos problemas provenientes da poluição química ambiental, que vem desafiando cada vez mais a capacidade dos governos no que tange à segurança e à saúde dos cidadãos, notadamente nos países industrializados, a segurança química converte-se em uma das questões globais de governança.

Alguns autores têm promovido uma série de estudos na tentativa de propor soluções para continuidade do desenvolvimento e da inovação e ao mesmo tempo para preservação dos recursos ambientais. Segundo Prado (2003), a resposta encontrada para ajudar na solução destes problemas está baseada em uma combinação de fatores, entre os quais se destacam: os econômicos, científicos, bem como os sociais. A partir da análise de uma ampla gama de artigos, pode-se afirmar que um dos caminhos está na aplicação do conceito de sustentabilidade.

De acordo com Bueno et al. (2012), o conceito de sustentabilidade foi criado no começo da década de 80 por Lester Brown, que definiu a sociedade sustentável como aquela que é capaz de satisfazer suas necessidades sem comprometer as chances de sobrevivência das gerações futuras. Após a definição de Brown outros autores procuram traduzir o conceito para o mundo empresarial. Desse modo, o termo Triple Bottom Line – o tripé da sustentabilidade cunhado pelo sociólogo e consultor britânico John Elkington como os “Três Ps” (people, planet and profit) ou, em português, “PPL” (pessoas, planeta e lucro). A partir desse conceito uma série de estudos e práticas emergiram, entre elas a química verde.

A Química Verde, também conhecida como Química Limpa, que é um tipo de prevenção de poluição causada por atividades na área de química. Esta estratégia visa desenvolver metodologias e/ou processos que usem e gerem a menor quantidade de materiais tóxicos e/ou inflamáveis (DA SILVA; DE LACERDA; JUNIOR, 2005).

Moradillo e Oki (2004) defende a necessidade de superação das posições que centralizam todo o esforço pedagógico no aluno em contexto escolar, numa postura construtivista, esquecendo que o sentido mais profundo da aprendizagem escolar é o de inserir o aprendiz, de forma intencional e sistemática, no contexto sociocultural em que vive. Assim, uma aproximação da universidade junto

aos alunos para debater a causa ambiental, configurasse numa importante ação para o desenvolvimento do pensamento crítico.

Nesse sentido, a adoção da Química Verde nos contextos escolares configura-se como uma técnica importante na abordagem da problemática da questão ambiental, não só no que diz respeito à contemplação do tema em pesquisas, como na inserção deste conceito nos cursos de graduação e em práticas laboratoriais. Dessa forma, o presente artigo tem por objetivo estudar aspectos relacionados à Química Verde no contexto de um laboratório de solos em uma universidade pública. Especificamente, buscou-se analisar práticas e impactos provocados pelas atividades químicas poluentes ao meio ambiente e sociedade.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Publicações científicas e reportagens têm mostrado com frequência os danos ambientais causados pelo atual modelo de desenvolvimento capitalista, devido às atividades produtivas e ao padrão de consumo adotado pela humanidade (ABREU et al., 2008). Experiências institucionais e acadêmicas neste campo vêm revelando uma tendência à ampliação espacial, ecológica e social, tanto dos efeitos como da percepção e tematização pública dos riscos decorrentes dos processos produtivos, em particular envolvendo questões como os desastres industriais, a degradação dos ecossistemas e os problemas de saúde das populações (PORTO; FREITAS, 1997).

Na visão de Vilches e Gil (2003), os graves problemas ambientais da atualidade têm origens diversas, destacando-se aqueles advindos das atividades industriais, agrícolas e urbanas que, orientados historicamente por diferentes modelos de desenvolvimento socioeconômico e de progresso, vêm colocando em xeque o futuro da humanidade e do planeta. Nesse processo, a indústria química participa ativamente de quase todas as cadeias produtivas e complexos industriais, inclusive serviços e agricultura, desempenhando um papel de destaque no desenvolvimento das diversas atividades econômicas do mundo (FARIAS; FÁVARO, 2011). Assim, a crise ambiental ameaça o mito do desenvolvimentismo e mostra o lado oculto da racionalidade econômica dominante (NETO; FERREIRA, 2007).

Portanto, a problemática da sustentabilidade assume neste novo século um papel central na reflexão sobre as dimensões do desenvolvimento e das alternativas que se configuram. O quadro socioambiental que caracteriza as sociedades contemporâneas revela que o impacto dos seres

humanos sobre o meio ambiente tem tido consequências cada vez mais complexas, tanto em termos quantitativos quanto qualitativos (JACOBI, 1997).

Logo, os desafios contemporâneos que se colocam à ciência indicam a incorporação de outras variáveis, como a chamada "sustentabilidade ambiental", de modo a orientar todas as suas práticas sociais, econômicas e políticas. Isso inclui as práticas químicas e pedagógicas, ligadas principalmente à formação teórica e prática de seus profissionais, também em processos de sua difusão em ambientes escolares (MARQUES et al. 2007). Deste modo, o papel da escola, dentro de uma perspectiva política não ingênua, é o de criar espaços através de seus atores e autores sociais no sentido da desalienação dos indivíduos, diante do conhecimento fragmentado e destituído de significado para suas ações sociais (MORADILLO; OKI, 2004).

Para Tristão (2004), a prática acadêmica está impregnada de valores e não pode estar distante das preocupações sociais. A formação ambiental, então, entra nesse cenário exigindo um redimensionamento das práticas pedagógicas, de outras diretrizes para um saber ambiental que não é apenas livresco, mas articulado com a prática social e com a estreita relação entre investigação, ensino, difusão e extensão do conhecimento.

Consoante Freitas (1999), as Universidades, como instituições responsáveis pela formação de seus estudantes e, conseqüentemente, pelo seu comportamento como cidadãos do mundo, devem também estar conscientes e preocupadas com este problema. Nesse sentido, segundo Leff (1999, p. 127):

A educação para o desenvolvimento sustentável exige novas orientações e conteúdos; novas práticas pedagógicas, nas quais se plasmem as relações de produção do conhecimento e os processos de circulação, transmissão e disseminação do saber ambiental. Isto traz a necessidade de serem incorporados os valores ambientais e os novos paradigmas do conhecimento na formação de novos atores da educação ambiental e do desenvolvimento sustentável.

Mesmo se considerarmos que a educação sozinha não dê cabo dos problemas ambientais, ela é, a médio prazo, a estratégia principal na construção e implementação dos princípios da sustentabilidade, bem como na direção da construção das sociedades sustentáveis (GUIMARÃES; TOMAZELLO, 2009). Recentemente, uma nova filosofia de trabalho para a química vem tomando grande impulso: a "química verde" ou "química sustentável", que tem como alguns de seus princípios evitar a geração de rejeitos e utilizar processos mais seguros e sustentáveis para o meio ambiente. (SANSEVERINO, 2002).

Machado (2004), ao problematizar a relação entre a Química e o desenvolvimento sustentável, desenvolve uma argumentação sobre as dificuldades de se por em prática uma química industrial compatível com a sustentabilidade ambiental.

As atividades produtivas na área de química são normalmente de risco e potenciais causadoras de poluição, visto que utilizam substâncias muitas vezes tóxicas e/ou inflamáveis e, após um processo químico, normalmente geram um “lixo tóxico” que precisa ser tratado (DA SILVA; DE LACERDA; JUNIOR, 2005). Lenardão (2003) sugere que uma das principais ações no sentido de minimizar o impacto ambiental causado por atividades industriais que geram algum tipo de resíduo é o tratamento adequado do mesmo – a remediação, que, embora apresente baixa vantagem ambiental relativa se comparada com técnicas de redução na fonte, tem colaborado bastante para diminuir a velocidade de contaminação do ambiente por muitas atividades industriais.

Ao levar em conta também que os procedimentos que envolvem o uso de substâncias químicas têm elevado potencial para causar impacto negativo no ambiente, é essencial que os riscos envolvidos sejam eliminados ou pelo menos reduzidos aos indicadores aceitáveis, conforme orienta (MELIN; DA COSTA; DE CAMPOS ARAÚJO, 2011).

Uma metodologia mais simples, que também traz resultados de proteção ambiental definitivos, com vantagens técnicas e econômicas é a Produção Mais Limpa, cuja prioridade de sua implantação está baseada na origem da geração de resíduos, buscando soluções nos processos produtivos da empresa (HINZ; DALLA VALENTINA; FRANCO, 2008). Sendo assim, Paim, Palma e Eifler-Lima (2002) concorda que a problemática causada pela geração de resíduos químicos não pode mais ser colocada em segundo plano.

Leal e Marques (2008) colabora com esse pensamento, afirmando que a contribuição da química no desenvolvimento de novos produtos e também na busca de soluções para a problemática ambiental tem sido muito relevante.

De acordo com Maciel, Machado e Peixoto (2015), a Química Verde vem se tornando um campo cada vez mais discutido pela sociedade, fazendo com que a busca pela sustentabilidade seja vital para as estratégias corporativas. Nesse contexto, a química ocupa uma posição central nos diferentes processos que deverão ser atualizados nas diversas indústrias que fazem parte do sistema econômico de qualquer país competitivo no mercado atual. Assim, o químico passa a ter um papel de destaque, já que ocupa uma posição central no processo industrial moderno.

Para Ferreira, Da Rocha e Da Silva (2013), o principal paradigma da Química Verde é reduzir ou eliminar o uso ou a geração de substâncias perigosas durante o planejamento, manufatura e aplicação de produtos químicos. As técnicas de produção mais limpa consistem em eliminar todo e qualquer desperdício, pois o desperdício é tudo aquilo que não agrega valor ao produto ou serviço (HINZ; DALLA VALENTINA; FRANCO, 2008).

A ideia de otimizar processos, categorizar todas as operações de uma indústria e acompanhar todos os passos de fabricação de um produto acaba, inevitavelmente, levando a um conhecimento profundo de cada sistema, permitindo, principalmente, o planejamento de ações em longo prazo. Por outro lado, este conhecimento detalhado do sistema leva à análise das interações do produtor com outras empresas, sejam elas fornecedores, consumidores de subprodutos ou consumidores finais (GIANNETTI; ALMEIDA, 2006).

Portanto, Neto (2010) conclui que a inclusão da Química Verde na agenda dos diversos setores industriais propicia não somente ganhos ambientais, mas também se constitui como instrumento de gestão e uma mola propulsora no patamar de competitividade da empresa, além de contribuir favoravelmente para o crescimento da indústria química de uma forma geral.

Farias e Fávaro (2011) complementam que a Química Verde configura-se como uma mudança de mentalidade da prática química. Vai além da zona de conforto de somente utilizar os já testados e validados reagentes, solventes e tecnologias e deve ser promovida e apoiada não só pela comunidade científica, mas também pelos governos, indústrias e todos os outros setores da sociedade.

A partir do referencial teórico apresentado é possível extrair seis construtos, os mesmos estão dispostos a seguir:

Práticas educacionais atuando na prevenção ao meio ambiente: processo de educação contextualizado e adaptado à realidade interdisciplinar, vinculado aos temas ambientais e globais, responsável por formar indivíduos preocupados com os problemas do meio ambiente e que busquem a conservação e preservação dos recursos naturais (FREITAS, 1999; PRADO, 2003; MORADILLO; OKI, 2004; MARQUES et al., 2007).

Problemas ambientais: contrariedades ou perturbações que se produzem no entorno natural, que surgem no caminho para uma meta (PORTO; FREITAS, 1997; FREITAS, 2002; VILCHES; GIL, 2003; DA SILVA; DE LACERDA; JUNIOR, 2005; NETO; FERREIRA, 2007; ABREU et al., 2008; FARIAS; FÁVARO, 2011).

Química Verde: é uma linha de pensamento que tem se difundido cada vez mais a fim de tornar a química aliada ao meio ambiente, por meio da melhora dos processos químicos realizados por indústrias (DA SILVA; DE LACERDA; JUNIOR, 2005; GIANNETI; ALMEIDA, 2006; NETO, 2010; FARIAS; FÁVARO, 2011; FERREIRA; DA ROCHA; DA SILVA, 2013; MACIEL; MACHADO; PEIXOTO, 2015).

Redução de Danos através da produção mais limpa: perspectiva para proporcionar uma reflexão ampliada sobre a possibilidade de diminuir danos relacionados a práticas prejudiciais ao ambiente (PAIM; PALMA; EIFLER-LIMA, 2002; LENARDÃO, 2003; DA SILVA; DE LACERDA; JUNIOR, 2005; HINZ; DALLA VALENTINA; FRANCO, 2008; LEAL; MARQUES, 2008; FERREIRA; MELIN; DA COSTA; DE CAMPOS ARAÚJO, 2011; DA ROCHA; DA SILVA, 2013).

Sustentabilidade: É uma prática que procura harmonizar os objetivos de desenvolvimento econômico, desenvolvimento social e a conservação ambiental, satisfazendo as necessidades da geração atual sem comprometer as gerações futuras (LEFF, 1999; JACOBI, 2003; PRADO, 2003; MACHADO, 2004; MARQUES *et al.*, 2007; NETO, 2010; MACIEL; MACHADO; PEIXOTO, 2015).

Segurança Química: é um conceito global, referente à proteção das pessoas e do ambiente, em todo o ciclo de vida dos produtos químicos: produção, transporte, armazenamento, utilização e descarte de resíduos (FREITAS, 2002).

Esses elementos do referencial teórico contribuíram para identificar temas para a pesquisa de campo e articulação com resultados. A próxima seção trata dos procedimentos metodológicos.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A análise foi realizada com base na avaliação das intervenções aplicadas no laboratório, dos materiais didáticos disponíveis na instituição e em entrevistas realizadas com alunos, professores e técnicos do Laboratório de Análise de Solos, da Universidade Federal de Uberlândia, durante os meses de outubro e novembro de 2017.

Como estratégia de avaliação do envolvimento dos indivíduos com a causa ambiental, utilizou-se a percepção dos usuários do laboratório em relação aos riscos oferecidos pelo desenvolvimento das atividades de rotina naquele local, que foi conseguida por meio de entrevistas semiestruturadas.

Para Manzini (1990), a entrevista semiestruturada está focalizada em um assunto sobre o qual é confeccionado um roteiro com perguntas principais, complementadas por outras questões inerentes às circunstâncias momentâneas à entrevista. Ainda, para o autor, esse tipo de entrevista pode fazer emergir informações de forma mais livre e as respostas não estão condicionadas a uma padronização de alternativas.

Foram formuladas perguntas, que tratavam das seguintes percepções: conceito de sustentabilidade prática e teórica, conceito de química verde, problemas e negligências em relação a ações sustentáveis e seus respectivos impactos, o papel da universidade e do cidadão para a redução de danos ambientais.

Foram entrevistados 10 docentes, discentes e técnicos de laboratório, que atuam na área química, do Laboratório de Análise de Solos, do Instituto de Ciências Agrárias, do curso de Agronomia, da Universidade Federal de Uberlândia. As entrevistas foram transcritas e submetidas a análise de conteúdo, ou seja, codificadas, categorizadas em quatro classificações: aplicabilidade, impacto, problemas e soluções.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As entrevistas foram realizadas com discentes, docentes e técnicos de laboratório conforme já mencionado nos procedimentos metodológicos, sem qualquer preparo para o questionamento sobre o tema. Eles foram escolhidos ao acaso enquanto realizavam suas atividades no laboratório de Análise de Solos da Universidade Federal de Uberlândia entre os meses de outubro e novembro do ano de 2017. Após a análise de conteúdo, os seguintes códigos e categorias foram obtidos, conforme o Quadro 1.

Quadro 1 – Resultados das Entrevistas

Contagem de CÓDIGO	Rótulos de Coluna										Total Geral	
	Rótulos de Linha	E1	E0	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8		E9
APLICABILIDADE	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
DEFINIÇÃO	1	1		1	1	1			1	1	1	8
IMPACTO	1	1	1	1	1	1			1	1	1	9
PROBLEMA		1		1	1	1	1	1	1	1		7
SOLUÇÃO	2	2	2	2	3	3	1	1	2	3		21
Total Geral	5	6	4	6	7	7	3	5	6	6		55

Fonte: Elaborado pelos autores

Por meio das respostas adquiridas durante as entrevistas e das observações realizadas pelos pesquisadores, notou-se que os entrevistados têm noções de sustentabilidade, porém, para eles, sua aplicabilidade configura-se mais como uma estratégia de marketing para vender produtos do que uma

ação benéfica propriamente dita. Os entrevistados acreditam que o conceito ainda é muito teórico e que ter atitudes como essa parece uma realidade distante da que eles vivem.

Num sentido abrangente, a noção de desenvolvimento sustentável remete à necessária redefinição das relações entre sociedade humana e natureza, e, portanto, a uma mudança substancial do próprio processo civilizatório. Entretanto, a falta de especificidade e as pretensões totalizadoras têm tornado o conceito de desenvolvimento sustentável difícil de ser classificado em modelos concretos, operacionais e analiticamente precisos (JACOBI, 2005).

Por conta também de sua complexidade, a sustentabilidade falha tremendamente na prática. Não só por isso, há diversos especialistas que garantem que a luta maior da sustentabilidade deve ser em criar um novo sistema econômico onde pessoas e meio ambiente sejam respeitados, pois dentro do sistema capitalista é impossível garantir sustentabilidade.

De acordo com Sorrentino (2004), é preciso resgatar e construir um conjunto de ações e reflexões que propicie atitudes compromissadas com outro paradigma de sociedade e organização social, apontado para a importância do sentido de pertencimento, participação e responsabilidade.

Em geral, os usuários são capazes de perceber os danos provocados pelas atividades que desenvolvem no Laboratório de Análise de Solos, no entanto, como o sistema estrutural da universidade não contribui para a destinação adequada do lixo produzido naquele espaço, gera-se um descrédito em sua comunidade, que sem o apoio da Instituição, pode culminar no insucesso da tentativa de adesão à Química Verde.

Pinesso (2006) comunga desta ideia, porque para o autor a formação ambiental surge como uma alternativa crítica construtivista por meio da qual se deve pensar o novo sistema educacional, portanto cabendo ao sistema público seguido por toda a gestão fornecer condições estruturais de um sistema educacional de qualidade, por meio do qual se tenha maiores e melhores condições de trabalhar as perspectivas pedagógicas por meio de práticas metodológicas as quais possibilitam a uma reflexão crítica da realidade social, esta que esta intrinsecamente relacionada com o meio ambiente seja este no âmbito natural ou social.

Acompanhando o pensamento acima, para que os conceitos químicos sejam ensinados de maneira a contribuir para a formação de cidadãos críticos e preparados para o mundo científico-tecnológico, sugere-se a introdução de temas sociais, ou seja, questões que mereçam atenção, como os vários tipos de poluição, a produção exagerada de lixo, enfim, questões que possam ser relacionadas a esses conceitos e que possibilitem a abordagem dos aspectos sociais, políticos, econômicos e éticos envolvidos (SANTOS; SCHNETZLER, 2003).

Como também não se faz nenhuma fiscalização a despeito dos elementos químicos que estão sendo dispensados no esgoto, nem no lixo comum, entende-se que a universidade consente aos impactos negativos gerados dentro de seus laboratórios e disseminados no meio ambiente e sociedade, o que requer uma revisão de postura.

Ainda que alunos, técnicos e professores reconheçam a capacidade positiva das atividades fins do laboratório, que é a de gerar laudos para agricultura, determinando precisamente a quantidade de fertilizantes que será necessária para a sustentação da lavoura, levando a economia de insumos e aumento da produtividade, há de se evidenciar que esses indivíduos também percebem o potencial degradante das atividades que ocorrem ao longo do processamento químico das análises.

Apesar deste quadro de problemas, não devem ser desconsideradas as “boas práticas de sustentabilidade” em escala local, que dependem da capacidade empreendedora de atores locais ou regionais (JACOBI, 2005).

Percebe-se, que os indivíduos que ali atuam, têm necessidade de treinamento na área química e em educação ambiental, tanto no que diz respeito à segurança pessoal, quanto em relação aos cuidados com o espaço geográfico.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A adoção da Química Verde pela comunidade que partilha do Laboratório de Análise de Solos, da Universidade Federal de Uberlândia, possibilita ganhos expressivos em termos de melhoria no ambiente de trabalho e promoção da qualidade de vida, uma vez que propicia uma utilização mais consciente e racionalizada dos reagentes químicos e uma relação mais próxima com a problemática ambiental, levando a atitudes mais conscientes.

Por minimizar os impactos provocados pelas atividades químicas ao meio ambiente, essa técnica também ajuda a reduzir os efeitos poluentes ao homem, produzindo um espaço mais saudável de convivência.

Ademais, leva à criação de uma cultura de menor geração de resíduos tóxicos, de redução no desperdício de água, de diminuição no uso excessivo de materiais descartáveis, entre tantos outros benefícios, que caminham para uma produção mais limpa.

REFERÊNCIAS

ABREU, D. G. D.; CAMPOS, M. L. A.; AGUILAR, M. B. Educação ambiental nas escolas da região de Ribeirão Preto (SP): concepções orientadoras da prática docente e reflexões sobre a formação inicial de professores de química. *Química Nova*, v. 31, n. 3, p. 688-693, 2008.

DA SILVA, Flavia Martins; DE LACERDA, Paulo Sérgio Bergo; JUNIOR, Joel Jones. Desenvolvimento sustentável e química verde. *Química Nova*, v. 28, n. 1, p. 103-110, 2005.

FARIAS, Luciana Aparecida; FÁVARO, Déborah Ines Teixeira. Vinte anos de química verde: conquistas e desafios. *Química Nova*, 2011.

FERREIRA, Vitor F.; DA ROCHA, David R.; DA SILVA, Fernando C. Química verde, economia sustentável e qualidade de vida. *Revista Virtual de Química*, v. 6, n. 1, p. 85-111, 2013.

FREITAS, Helena Costa Lopes de et al. A reforma do ensino superior no campo da formação dos profissionais da educação básica: as políticas educacionais e o movimento dos educadores. *Educação & Sociedade*, 1999.

GIANNETI, Biagio F.; ALMEIDA, Cecilia MVB. A indústria química no contexto da ecologia industrial. *Laboratório de Físico-Química Teórica e Aplicada da Universidade Paulista, São Paulo-SP*, 2006.

GUIMARÃES, Simone Sendin Moreira; TOMAZELLO, Maria Guiomar Carneiro. A formação universitária para o ambiente: educação para a sustentabilidade. *AMBIENTE & EDUCAÇÃO-Revista de Educação Ambiental*, v. 8, n. 1, p. 55-71, 2009.

HINZ, Roberta Tomasi Pires; DALLA VALENTINA, Luiz V.; FRANCO, Ana Claudia. Monitorando o desempenho ambiental das organizações através da produção mais limpa ou pela avaliação do ciclo de vida. *Revista Produção Online*, v. 7, n. 3, 2008.

JACOBI, Pedro. Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade. *Cadernos de pesquisa*, v. 118, n. 3, p. 189-205, 2003.

JACOBI, Pedro Roberto. Educação ambiental: o desafio da construção de um pensamento crítico, complexo e reflexivo. *Educação e pesquisa*, v. 31, n. 2, 2005.

LEAL, Adriana Lopes; MARQUES, Carlos Alberto. O conhecimento químico e a questão ambiental na formação docente. *Química Nova na Escola*, v. 29, p. 30-33, 2008.

LEFF, Enrique. Educação ambiental e desenvolvimento sustentável. *Verde cotidiano: o meio ambiente em discussão*. Rio de Janeiro: DP&A, p. 111-129, 1999.

LENARDÃO, E. J.; FREITAG, R. A.; DABDOUB, M. J.; BATISTA, A. C. F.; SILVEIRA, C. D. C. Green chemistry: the 12 principles of green chemistry and its insertion in the teach and research activities. *Química Nova*, v. 26, n. 1, p. 123-129, 2003.

MACHADO, A. A. S. C. Química e Desenvolvimento Sustentável-QV, QUIVES, QUISUS. *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*. *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, v. 95, p. 59-67, 2004.

MACIEL, Jander Roberto Mello; MACHADO, Alessandro Conceição; PEIXOTO, Débora Prado Batista. Ações sustentáveis em sistema de gestão integrado para laboratórios. In: *II Congresso Internacional RESAG*, 2015, Aracaju, Anais..., Aracaju, 2015.

MARQUES, C. A.; GONÇALVES, F. P.; ZAMPIRON, E.; COELHO, J. C.; MELLO, L. C.; OLIVEIRA, P. R. S.; LINDEMANN, R. H. Visões de meio ambiente e suas implicações pedagógicas no ensino de química na escola média. *Química Nova*, v. 30, n. 8, p. 2043, 2007.

MELIN, Giovanna Rodrigues; DA COSTA, Silgia Aparecida; DE CAMPOS ARAÚJO, Maurício. Processos sustentáveis e conhecimento sobre Química Verde em pequenas empresas do setor de beneficiamento têxtil. *Tecnologia e Sociedade*, v. 7, n. 12, p. 1-8, 2011.

MORADILLO, Edilson Fortuna de; OKI, Maria da Conceição Marinho. Educação ambiental na universidade: construindo possibilidades. 2004.

NETO, Antonio Calil. A química verde e o papel da catálise no contexto da inovação e do desenvolvimento tecnológico sustentável. Dissertação (Mestrado em Química. UFRJ, 2010, Rio de Janeiro: UFRJ, 2010.

NETO, Maria de Lourdes Fernandes; FERREIRA, Aldo Pacheco. Perspectivas da sustentabilidade ambiental diante da contaminação química da água: desafios normativos. *Interfacehs*, v. 2, n. 4, p. 1-15, 2007.

PAIM, C. P.; PALMA, E. C.; EIFLER-LIMA, V. L. Gerenciar Resíduos Químicos: Uma Necessidade. Universidade Federal do Rio Grande do Sul-UFRGS: Caderno de Farmácia. Porto Alegre, v. 18, n. 1, p. 23-31, 2002.

PINESSO, DCC. A questão ambiental nas séries iniciais: Práticas de professores do distrito de Anhanguera. São Paulo, USP, 2006. 2006. Tese de Doutorado. Dissertação) Mestrado em Geografia– Universidade de São Paulo.

PORTO, M. F. S.; MOREIRA, J. C.; PIVETTA, F.; MACHADO, J. M. H.; DE FREITAS, N. B.; ARCURI, A. S. Segurança química, saúde e ambiente: perspectivas para a governança no contexto brasileiro. *Cadernos de Saúde Pública*, p. 249-256, 2002. PORTO, Marcelo Firpo de Souza; FREITAS, Carlos Machado de. Análise de riscos tecnológicos ambientais: perspectivas para o campo da saúde do trabalhador. *Cad. Saúde pública*, v. 13, n. supl. 2, p. 59-72, 1997.

PRADO, Alexandre G. S. Química verde, os desafios da química do novo milênio. *Química Nova*, v. 26, n. 5, p. 738-744, 2003.

SANSEVERINO, Antonio Manzollillo. Síntese orgânica limpa. *Química nova*, v. 23, n. 1, p. 102-107, 2000.

SANTOS, WLP dos. Educação em química: compromisso com a cidadania/Wildson Luiz Pereira dos Santos e Roseli Pacheco Schnetzler. 3. Ijuí: Ed. Unijuí, 2003.

SORRENTINO, Brian P. Clinical strategies for expansion of haematopoietic stem cells. *Nature Reviews Immunology*, v. 4, n. 11, p. 878-888, 2004.

TRISTÃO, Martha. A educação ambiental na formação de professores: redes de saberes. São Paulo: AnnaBlume, 236p. 2004.

VILCHES, Amparo; Gil, Daniel. Construamos um futuro sustentável: diálogos de sobrevivência, Universidade de Cambridge. Madrid, 2003.

Capítulo 2

ANÁLISE DA ELASTICIDADE DA GASOLINA NO SUDESTE DO BRASIL NO PERÍODO DE 2012 A 2019

[DOI: 10.37423/200400596](https://doi.org/10.37423/200400596)

Evra Albuquerque (Universidade Cândido Mendes). evraalbuquerque@yahoo.com.br

Luiz Fernando Matos (Universidade Cândido Mendes). - lfcmatos@globo.com

Márcia Souza (Universidade Cândido Mendes). - mvvieirasouza@gmail.com

Daiane Rodrigues dos Santos (Universidade Cândido Mendes)

daianesantoseco@gmail.com

Resumo: A gasolina é o mais importante dos combustíveis derivados de petróleo do mundo, ela é utilizada na maior parte dos veículos de pequeno porte e, no Brasil, em especial no Sudeste – região que possui maior PIB e maior frota de veículos do país esta realidade não é diferente. Responsável por 37% do mercado de combustíveis no país (dados ANP - 2019) e com o preço fortemente influenciado pelo valor do barril de petróleo e da desvalorização do dólar na comparação com o real, alterações no preço deste combustível afetam diretamente o bolso das famílias. Desde 2016, a Petrobras, principal produtora de gasolina no país passou a atrelar o preço dos derivados, incluindo a gasolina, àqueles praticados no mercado internacional. A mudança na política de preços da Petrobras modificou a estrutura de preços do mercado de combustíveis no país, pois apesar de não ser monopólio, a empresa detém a maior parcela do mercado e seus preços acabam por definir os preços do mercado brasileiro. Apesar do crescimento cada vez maior do mercado de biocombustíveis e, conseqüentemente, a ampliação das possibilidades de fontes de energia, a gasolina ainda é um bem de grande relevância.

Com a entrada dos veículos flexfuel em 2005 a elasticidade preço-demanda da gasolina foi modificada, apesar de possuir uma baixa elasticidade, já é possível perceber uma mudança no comportamento do consumidor em relação à demanda, que antes era inelástica.

Palavras chave: Elasticidade, Demanda, Gasolina, Biocombustível.

1. INTRODUÇÃO

1.1. O PETRÓLEO COMO PRINCIPAL MATRIZ ENERGÉTICA

A matriz energética de um país possui forte influência no seu crescimento econômico e muitas vezes, determina a sua forma de industrialização. Economias altamente dependentes de petróleo sofrem com impactos ocasionados por crises e ficam à mercê dos grandes produtores. Investir em energia renovável ainda é algo caro comparado com combustíveis fósseis. O estímulo para novos investimentos em fontes alternativas de energia passa por oferta de recursos e de crédito e pela definição de um marco legal compatível com as demandas de um novo paradigma tecnológico capaz de sustentar a ampliação do modelo nacional de produção de energia (UCZAI, 2012).

Há um consenso que a mudança na matriz energética mundial é inevitável, principalmente quando se trata do consumo de combustíveis fósseis para o transporte automotivo, tanto pelo esgotamento das reservas petrolíferas como pela agressão ao meio ambiente provocado pela emissão de gases, a busca por energia renovável se faz indispensável (ORELLANO et al 2013).

Segundo dados da EIA - *U.S. Energy Information Administration* (2017), o Brasil é o nono maior produtor de petróleo do mundo. Apesar de possuir autossuficiência no que tange à quantidade de petróleo produzida, o país não é autossuficiente na produção de derivados, sendo necessário importar gasolina para consumo. Esta é mais uma das justificativas da necessidade de determinação de preços pelo mercado internacional. Por diversos anos, a Petrobras assumiu os custos de preços de derivados determinados por estratégia política, vendendo combustível abaixo do custo de importação.

Com respeito à competição no mercado, Santos (2012) destaca que a gasolina ainda é o principal combustível, embora a concorrência com o etanol e o GNV tenha aumentado. Ainda neste contexto, o autor enfatiza que, no curto prazo, o diesel não é um concorrente potencial da gasolina, dada a composição da frota de veículos no Brasil, sendo usado somente por veículos de grande porte.

De acordo com Sant Anna e Bastos (2014), a partir da década de 70, com as mudanças estruturais ocorridas no Brasil o petróleo passou a ser a principal fonte de combustível. Em 2006, a demanda por combustíveis, acompanhando o crescimento econômico do país, sofreu uma forte aceleração e, apesar da crise internacional iniciada em 2008, o consumo de gasolina no Brasil continuou crescendo a taxas superiores às do PIB. Diante do exposto, foi gerado um déficit na balança comercial de petróleo e derivados, devido ao aumento significativo das importações para atender a demanda interna de combustível, mais precisamente de gasolina.

Dados do DENATRAN revelam que o Brasil tinha, em junho de 2019, uma frota de 102.666.444 veículos, sendo a maior parte automóveis (55.627.966). O Sudeste possui a maior frota (49.805.810, sendo 30.350.700 automóveis). SP possui a maior frota no Sudeste (29.558.713, sendo 18.494.928 automóveis), sendo seguido por MG (11.445.311, sendo 6.310.860 automóveis), o RJ possui a terceira frota da região (6.831.646, sendo 4.572.487 automóveis) e, por último está o ES (1.970.140, sendo 972.425 automóveis).

Em 2018 o consumo de combustíveis ficou estagnado, os altos preços praticados, situando-se acima dos preços do mercado internacional, impactaram neste resultado. Entretanto, apesar dos valores gerais não terem se alterado, houve um aumento no consumo de etanol hidratado. Os altos preços da gasolina contribuíram para a migração de demanda entre os tipos de combustível. A forte crise econômica enfrentada pelo país nos últimos anos também é considerada um fator relevante de impacto no consumo de combustíveis no país.

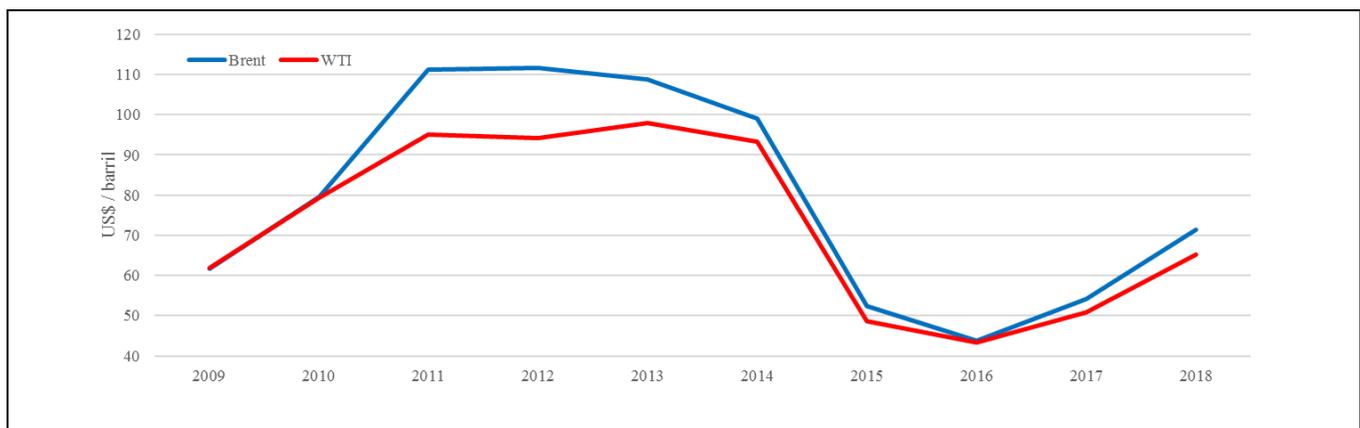
O presente trabalho tem como objetivo apresentar um estudo da variação de preço e a demanda por gasolina na região Sudeste, elasticidade-preço cruzada com o etanol e elasticidade-renda da gasolina, entre 2012 e junho de 2019.

2. A VOLATILIDADE DO PREÇO DO PETRÓLEO E SUAS CONSEQUÊNCIAS

O primeiro choque do petróleo aconteceu em 1973, quando Israel ocupou os territórios palestinos, utilizando o petróleo como força política com objetivo que opinião pública ficasse contra a Israel. Neste contexto, os produtores organizados na OPEP, em forma de cartel, decidiram elevar o preço do barril de petróleo de US\$ 2,90 para US\$ 11,65. O segundo choque teve início no Irã, em 1979, com a Revolução Islâmica e se estendeu até 1981. Neste período o barril do petróleo teve um aumento de mais de 1.000%, mantendo o preço elevado até meados da década de 80.

Uma análise do século XXI revela que o preço desta commodity tem um comportamento bastante instável. Ao final de 2008 (Buainain Et al., 2015), motivada pela crise econômica global, houve uma queda no preço do barril, porém por um curto período. Em 2011 já estava em um patamar de US\$ 100,00. A oscilação mais recente e significativa aconteceu em fevereiro de 2014 quando o preço do barril alcançou US\$ 110,00, porém em dezembro do mesmo ano foi comercializado por US\$ 62,00.

Gráfico 1 – Preços médios anuais no mercado spot dos petróleos tipos Brent e WTI



Fonte: BP Statistical Review of World Energy (2019)

2.1 EFEITOS DA VOLATILIDADE DO PREÇO DO PETRÓLEO NO BRASIL E A CRIAÇÃO DO PROGRAMA NACIONAL DO ÁLCOOL

O petróleo já era a principal fonte energética do Brasil em 1973, quando ocorrera o primeiro choque do petróleo. Reflexo do processo intensificado de industrialização que o país vinha implantando e alavancando um grau de dependência de petróleo, na época, em torno de 77%, o aumento ocorrido em cerca de 400% do preço do barril foi responsável por um forte impacto na balança comercial. Com o processo de crescimento, devido às mudanças estruturais vividas no país, o consumo por petróleo cresceu em 6,4% entre 1974 e 1979. Segundo Pinto Jr. (1989), tal fato pode ser explicado pela inelasticidade-preço da demanda por petróleo no curto prazo e pela inexistência de produto substituto.

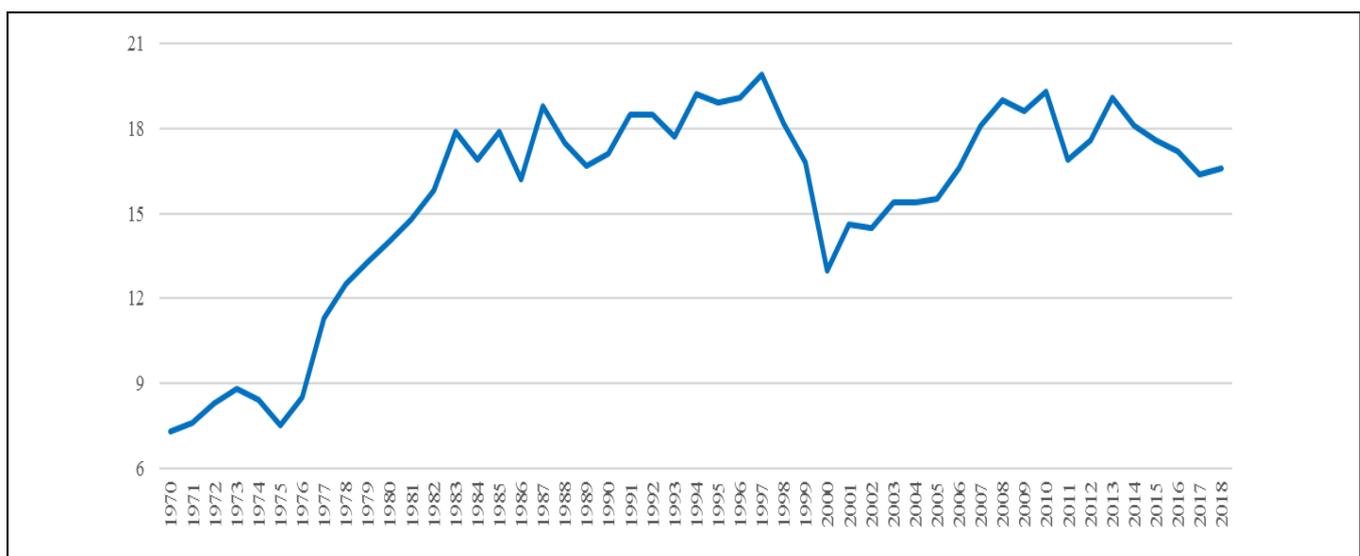
A dependência da importação de petróleo foi aflorada pelos choques de 1973 e 1979, que desenvolveu a necessidade de produzir petróleo em território nacional, bem como de pesquisar produtos substitutos. Neste cenário, a Petrobras aumentou a oferta de petróleo e surgiu o PNA, que tinha como primeiro objetivo diminuir o volume de importação de petróleo. Na segunda fase do PNA - 1979 a 2005 - houve a produção de 5,6 milhões de veículos movidos somente a álcool hidratado. Dois fatos impulsionaram a produção do álcool pela indústria canavieira: o baixo preço pago pelo açúcar no mercado internacional e as políticas de preços estabelecidas para estimular o consumidor a utilizar o novo combustível.

A segunda fase do PNA ficou conhecida como Proálcool e entre as principais medidas para incentivar a aquisição do carro a álcool relaciona-se:

- Em 1980 o preço do álcool foi fixado em 65% do preço da gasolina, caindo para 59% em 1982 o que justificava um ganho real para o consumidor;
- Incentivo fiscal devido à redução da carga tributária para a aquisição de veículos novos, movidos a álcool e, uma elevação de 5% dos tributos para aquisição de carros à gasolina;
- Redução de 3% do valor do IPVA dos carros a álcool em comparação com carros movidos à gasolina.

Em 1986, o contrachoque do petróleo tornou inviável os investimentos em novas fontes de matriz energética para substituição do petróleo. No Brasil, o reflexo dessa queda brutal nos preços do petróleo internacional foi simultâneo a um período de redução de recursos públicos destinados a subsidiar programas de estímulos a fontes de energias alternativas. Enquanto as reduções de investimentos nos projetos de produção de energia não oriundas do petróleo aconteciam, a venda de carros a álcool chegava a 75% dos carros produzidos, ocasionando um desequilíbrio entre a oferta e a demanda no mercado interno. Os baixos preços recebidos pelos produtores de álcool aliado à queda drástica do preço do petróleo internacional foram fatores que impediram o aumento da produção interna de álcool. Em contrapartida, a população continuava recebendo incentivos para o consumo, levando a uma crise de abastecimento, entre os anos de 1989 e 1990, que acabou afetando a credibilidade do Proálcool. Estes fatores culminaram, na década de 90, em uma queda no número de veículos movidos a álcool e, como consequência, a um decréscimo da demanda por este combustível.

Gráfico 2 – Produção de álcool anidro e hidratado (10^6 m^3)

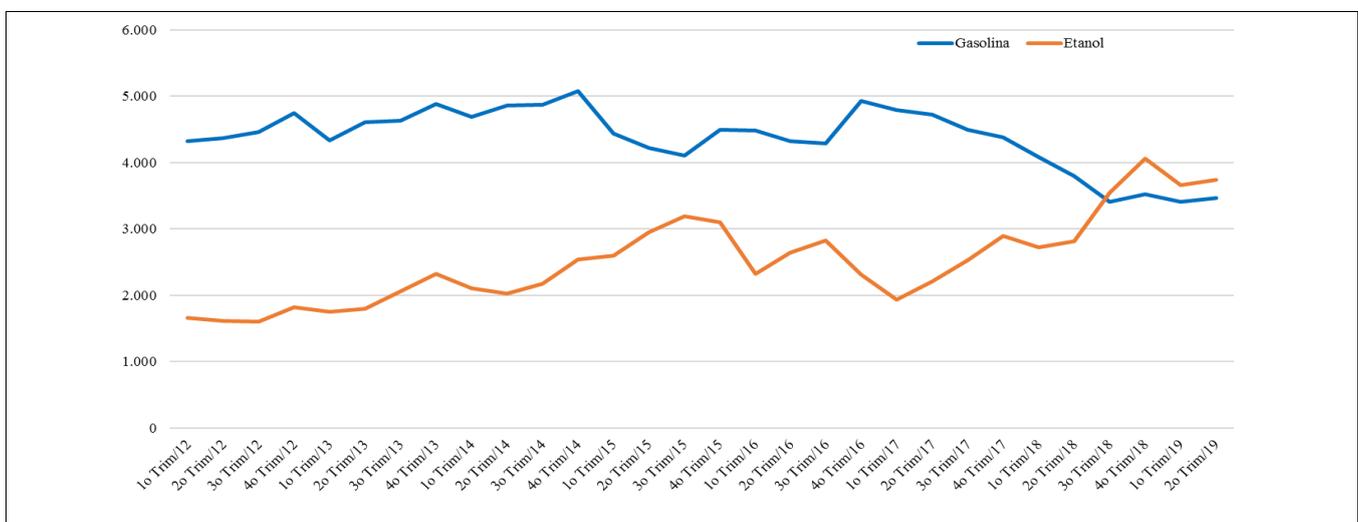


Fonte: Adaptado de MME – Balanço Energético (2019)

Trazendo para atualidade, estudos recentes buscam explicar a relação entre o álcool e a gasolina, no intuito de encontrar o grau de substituição entre eles. Desde a década de 1970, no primeiro choque do petróleo, o Brasil já havia começado a desenvolver uma relação entre o consumo da gasolina e do álcool (Melo e Sampaio, 2014).

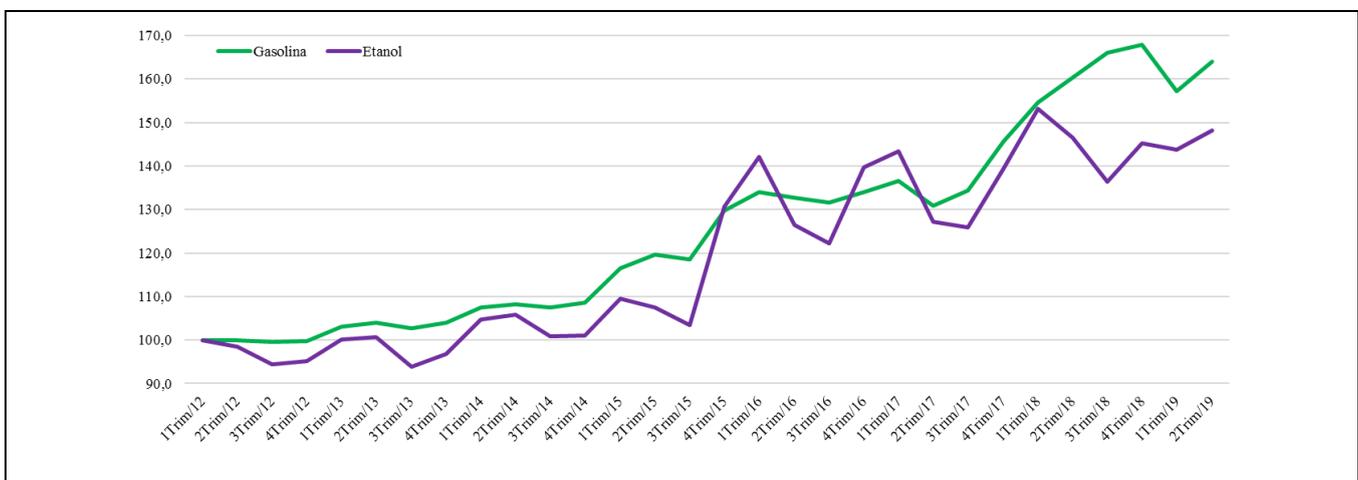
Vale ressaltar que “etanol” se refere ao “álcool”. Essa mudança de nomenclatura ocorre em função de uma resolução da Agência Nacional de Petróleo (ANP) de setembro/2010.

Gráfico 3 - Evolução da venda de gasolina e etanol no Sudeste



Fonte: Agência Nacional de Petróleo (2019)

Gráfico 4 - Evolução do preço da gasolina e etanol no Brasil (em R\$/litro)



Fonte: Agência Nacional de Petróleo (2019)

3. ELASTICIDADE: UMA ANÁLISE TEÓRICA

O conhecimento da elasticidade deve fazer parte do processo de gestão das empresas. A análise da elasticidade pode ser vista das seguintes formas: (i) Elasticidade preço da demanda; (ii) Elasticidade cruzada; e (iii) Elasticidade renda.

3.1 ELASTICIDADE PREÇO DA DEMANDA

A elasticidade preço demanda é a variação proporcional em quantidade comprada dividida pela variação proporcional do preço. Em outras palavras, mostra quanto varia a quantidade demandada se o preço mudar em 1. Segundo Vasconcellos e Garcia (2014, p. 51) trata-se algo relevante e exemplifica de forma prática como pode ser usado:

O conceito de elasticidade representa uma informação bastante útil tanto para as empresas como para a administração pública. Nas empresas, a previsão de vendas é de extrema importância, pois permite uma reação dos consumidores em face das alterações nos preços da empresa, dos concorrentes e em seus salários. (Vasconcellos e Garcia, p. 51, 2014)

A elasticidade é determinada por: (a) Preço de venda do produto; (b) Preço de venda de outros produtos; (c) Renda do consumidor; (d) Gostos ou preferências; (e) Número de bens relacionados.

Pyndyck e Rubinfeld (2010) descrevem que a elasticidade-preço demanda é descrita por variação percentual, onde a variação na quantidade vendida é dada em relação à variação do seu preço. A elasticidade é negativa, sendo que uma elevação no preço resultará em uma redução na quantidade demandada. Saber a elasticidade-preço demanda é fundamental para qualquer gestão, não só do estoque, mas também dos seus preços de venda de qualquer empresa. Saber o impacto que o aumento ou redução de preços gera na demanda dos seus consumidores e, por consequência, no faturamento.

Assim, a fórmula da elasticidade é:

$$e = \frac{\Delta Q_x / Q_x}{\Delta P_x / P_x} \quad (1)$$

Em função do resultado da equação acima podemos ter 3 situações:

Quadro 1 – Classificação da elasticidade

Classificação da Elasticidade	Definição
Elástica	A variação da quantidade demanda é superior à variação do preço. $ \Delta Q > \Delta P $
Inelástica	A variação da quantidade demanda é inferior à variação do preço. $ \Delta Q < \Delta P $
Elasticidade Unitária	A variação da quantidade demanda é igual à variação do preço. $ \Delta Q = \Delta P $

Fonte: Elaborado pelos autores (2019)

Rossetti (2009) comenta que os preços podem ocasionar três reações nos consumidores:

- Os preços podem se tornar obstáculos para aumentar ou diminuir a quantidade vendida;
- aos consumidores, quanto maior o preço menor o número de consumidores dispostos a adquirir o produto;
- Quando os preços ficam mais altos os consumidores buscam produtos com o objetivo de substituir aquele que teve seu preço alterado, reduzindo-se a quantidade demanda;
- O consumidor está disposto a desembolsar certa quantia para a primeira unidade do produto, à medida que outras unidades estão disponíveis para compra, estas possuem menor utilidade marginal do que a primeira, então o consumidor está disposto a desembolsar menos com as unidades subsequentes à primeira.

Em função dessas reações é que se faz necessária a análise da elasticidade cruzada.

3.1 ELASTICIDADE CRUZADA

A elasticidade cruzada da demanda mede o impacto de uma variação percentual na quantidade demandada de um bem em relação à variação percentual no preço de outro bem. Para isso, é necessário que exista alguma relação entre esses bens, caso contrário tal análise não terá sentido algum. Existem dois tipos de relação entre os produtos: substitutos ou complementares.

Substitutos são bens concorrentes no consumo, onde o consumidor pode trocar o produto desejado por outro de forma que quando há aumento no preço de um, aumenta a demanda pelo outro. Complementares são bens consumidos necessariamente em conjunto. Logo se o consumidor

demanda um, demandará o outro também. E nesse caso, quando há queda no preço de um, aumenta a demanda pelo outro bem.

A elasticidade cruzada entre os bens X e Y é definida como:

$$e = \frac{\Delta Q_x / Q_x}{\Delta P_y / P_y} \quad (2)$$

Baye (2010) ressalta que esse conceito é muito utilizado nas estratégias de negócios. As empresas avaliam a demanda para os produtos da sua empresa em função de mudanças nos preços do produto de outras empresas.

O comportamento do consumidor em migrar suas preferências em função do aumento ou queda no preço de produtos, assim como o impacto de um produto na compra de outro está relacionado diretamente à renda do consumidor. Esse efeito será analisado no ponto a seguir.

3.1 ELASTICIDADE RENDA

A quantidade de um bem demandado por uma pessoa depende não só do seu preço, mas também da sua renda. É natural supor que quando a renda aumenta, a quantidade demandada de um bem também aumenta.

Em função desse conceito, é possível calcular o efeito que o aumento da renda gera na quantidade demandada.

A elasticidade renda é definida como:

$$e = \frac{\Delta Q_x / Q_x}{\Delta R / R} \quad (3)$$

Em função do comportamento da elasticidade renda, temos dois tipos de bens:

- Bem Normal: uma elevação na renda leva a uma elevação no consumo do bem. A elasticidade é maior que zero;
- Bem Inferior: uma elevação na renda gera uma queda no consumo do bem. A elasticidade é menor que zero.

Frank (2013) chama a atenção que uma das mais importantes aplicações do conceito da elasticidade-renda é prever a composição de futuros padrões de compra. Por isso a importância de entender a classificação do bem que a empresa oferece, assim como a importância desse bem no cotidiano das pessoas.

Diante do exposto até agora é possível tratarmos um pouco mais sobre a elasticidade preço-demanda da gasolina, a elasticidade cruzada do etanol em relação à gasolina e os impactos causados pela renda na Região Sudeste.

4. MODELO ECONOMÉTRICO DA ELASTICIDADE PREÇO DEMANDA DA GASOLINA NO SUDESTE

Este capítulo tem por objetivo promover uma análise empírica acerca dos determinantes do consumo de gasolina na região Sudeste. Pretende-se avaliar como se deu a evolução do comportamento da demanda por gasolina ao longo de 30 trimestres (1º Trim-12 até 2º Trim-19), a partir de seu preço, da renda e do preço do etanol. Através do método de regressão dos Mínimos Quadrados (OLS), que será explicado mais adiante, serão estimadas as elasticidades preço e renda da demanda por gasolina e a elasticidade-preço cruzada da demanda por gasolina em relação ao etanol.

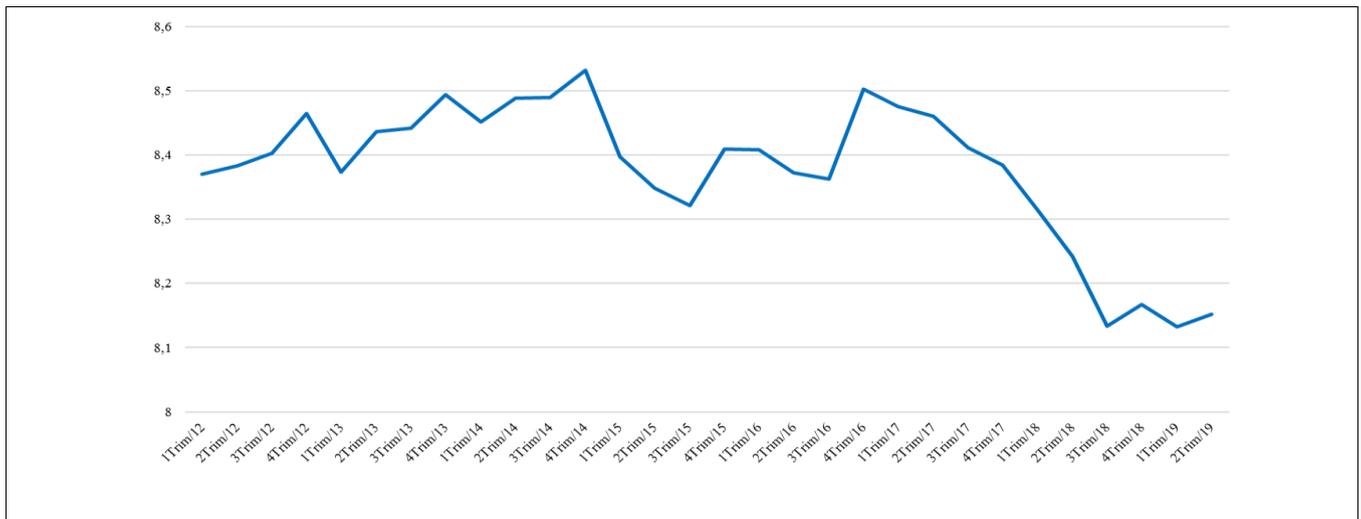
4.1 VARIÁVEIS E BASE DE DADOS

As seguintes variáveis serão utilizadas neste modelo:

- a) Variável dependente:
 - Consumo de gasolina em m^3 (volume).
- b) Variáveis independentes:
 - Preço da gasolina em R\$/litro ($PG_{MÉDIO}$);
 - Preço do etanol em R\$/litro ($PE_{MÉDIO}$);
 - Rendimento médio nominal efetivamente recebido em R\$ (R).

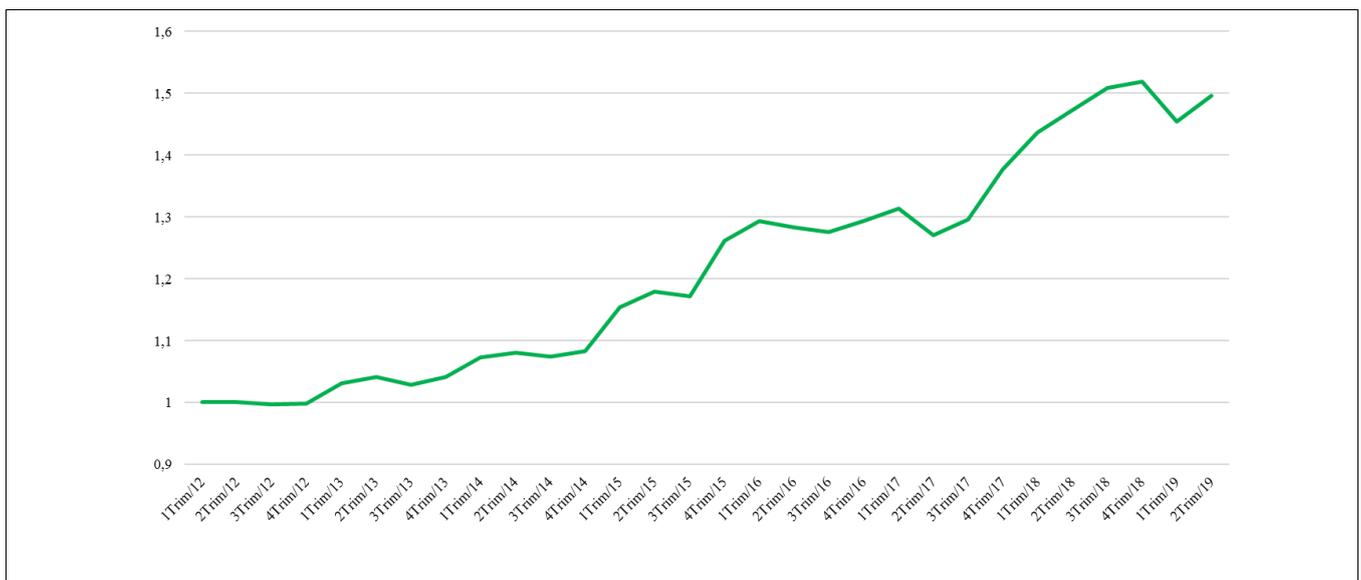
As fontes de informação utilizadas foram: ANP para os dados de consumo trimestrais de gasolina em mil m^3 , para os dados de preço da gasolina e do etanol em R\$/litro e IBGE para os dados de rendimento médio. Neste trabalho foi utilizado o E-Views. As variáveis apresentadas acima foram convertidas para escala logarítmica, no intuito de facilitar a interpretação dos coeficientes de cada uma delas. Assim, tais coeficientes passam a ser vistos como variações percentuais.

Gráfico 5 - Evolução do consumo de gasolina em m3 (escala logarítmica)



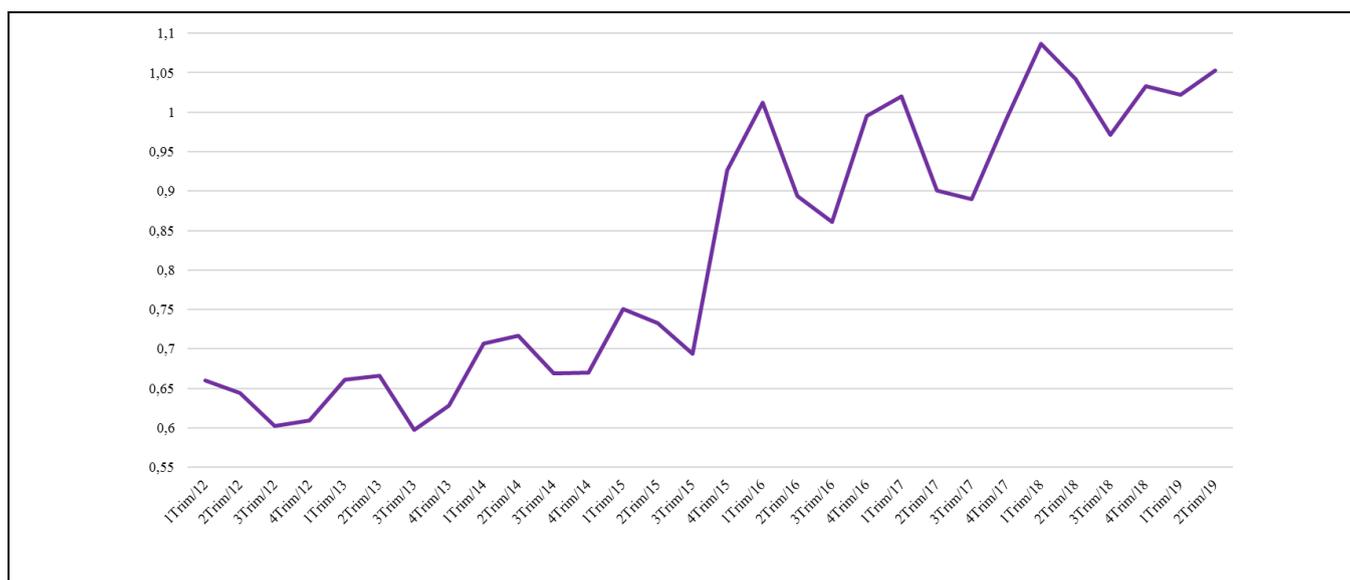
Fonte: Elaborada pelos autores (2019)

Gráfico 6 - Evolução do preço médio da gasolina em R\$/Litro (escala logarítmica)



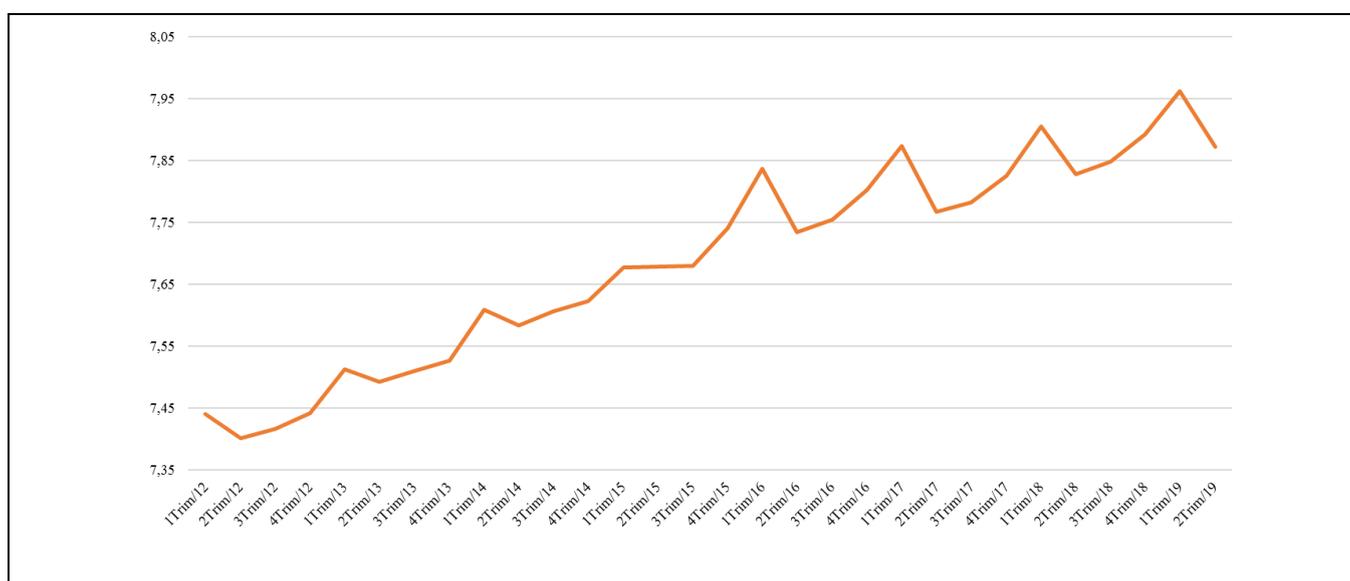
Fonte: Elaborado pelos os autores (2019)

Gráfico 7 - Evolução do preço médio do etanol em R\$/litro (escala logarítmica)



Fonte: Elaborado pelos os autores (2019)

Gráfico 8 - Evolução do rendimento médio em R\$ (escala logarítmica)



Fonte: Elaborado pelos os autores (2019)

4.2 ESTIMAÇÃO DA FUNÇÃO A SER UTILIZADA

O motivo de se usar o modelo OLS é porque, além de ser o mais utilizado, é também intuitivamente convincente e matematicamente mais simples. Gujarati (2011) nos lembra que o objetivo da análise de regressão não é apenas o de obter $\hat{\beta}_1$ e $\hat{\beta}_2$, mas o de tecer inferências relativas aos verdadeiros β_1 e β_2 .

Para que o modelo OLS seja eficiente é importante testar algumas premissas:

- a) Os erros possuem distribuição normal;
- b) A variância do erro é constante (homocedasticidade);
- c) Ausência de multicolinearidade.

A partir da realização de todas as análises descritas acima é de se esperar os seguintes resultados:

Quadro 2 – Resultado esperado do modelo

Variáveis explicativas	Elasticidade	Sinais aguardados
Preço da Gasolina	Elasticidade-preço da gasolina	Negativo
Preço do Etanol	Elasticidade-preço cruzada da gasolina em relação ao etanol	Positivo
Renda	Elasticidade-renda da gasolina	Positivo

Fonte:

Elaborada pelos autores (2019)

Uma vez confirmados estes resultados, espera-se encontrar que a gasolina é um bem comum, ou seja, quando seu preço aumenta, a quantidade demandada diminui; é um bem normal, isto é, quando a renda do consumidor aumenta, a quantidade demandada também aumenta; e possui o etanol como bem substituto, o que significa que um aumento no preço da gasolina levaria, *coeteris paribus*, a um aumento no consumo de etanol.

4. RESULTADOS DA ESTIMAÇÃO DO MODELO

Antes de apresentar o modelo e verificar se os sinais esperados foram encontrados, é necessário analisar os erros e testar se eles se enquadram dentro das premissas do modelo de regressão dos mínimos quadrados. Os resultados dos testes estão na seção “anexos”. Abaixo apresentaremos a análise dos resultados dos testes.

1. **Distribuição normal dos erros:** O *Teste de Jarque-Bera* demonstrou que há distribuição normal dos erros (7,1% de probabilidade de não rejeitar a hipótese nula – ou seja, aceita a hipótese nula de que a distribuição dos erros é normal);
2. **Homocedasticidade:** O *Teste de Heterocedasticidade* demonstrou que a variância dos erros é constante (Prob F-statistic = 0,493268). Sendo maior que 0,05 aceita-se a hipótese nula de que a variância dos erros é constante;

3. **Ausência de Multicolinearidade:** O *Teste de Breusch-Godfrey* demonstrou que não existe correlação entre os erros (Prob F = 0,3292). Sendo maior que 0,05 aceita-se a hipótese nula de que não há correlação entre os erros.

Observando o modelo temos que as variáveis independentes são significativas, o modelo é consistente e está de acordo com as hipóteses para uma regressão do Mínimos Quadrados.

Figura 1 – Resultado da regressão dos mínimos quadrados

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PC_MEDIO_GC	-1.543582	0.222075	-6.950728	0.0000
PC_MEDIO_ET	0.600816	0.225415	2.665381	0.0130
RENDA1	0.617923	0.226018	2.733954	0.0111
C	5.176475	0.662510	7.813427	0.0000

R-squared	0.750958	Mean dependent var	6.638262
Adjusted R-squared	0.722223	S.D. dependent var	0.048422
S.E. of regression	0.025521	Akaike info criterion	-4.375089
Sum squared resid	0.016934	Schwarz criterion	-4.188263
Log likelihood	69.62633	Hannan-Quinn criter.	-4.315322
F-statistic	26.13337	Durbin-Watson stat	1.487750
Prob(F-statistic)	0.000000		

Fonte: Elaborada pelos autores

A demanda por gasolina no Sudeste é uma função linear conforme descrito abaixo:

$$VOLUME = -1.54PG_{MEDIO} + 0.60 * PE_{MEDIO} + 0.62 * R + \epsilon$$

Tabela 1- Resultado da elasticidade das variáveis

Elasticidade	Resultado
Elasticidade-preço da gasolina	- 1,543582
Elasticidade-preço cruzada da gasolina em relação ao etanol	+ 0,600816
Elasticidade-renda da gasolina	+ 0,617923

Fonte: Elaborada pelos autores

Com base na equação de demanda de gasolina do Sudeste no período estudado é possível emitir algumas conclusões:

- Aumento de 1% no preço da gasolina reduz o consumo em 1,54%;
- Aumento de 1% na renda reflete num aumento de 0,62% no consumo da gasolina;
- Aumento de 1% no preço do etanol faz com que o consumo da gasolina aumente em 0,6%.

5. CONCLUSÃO

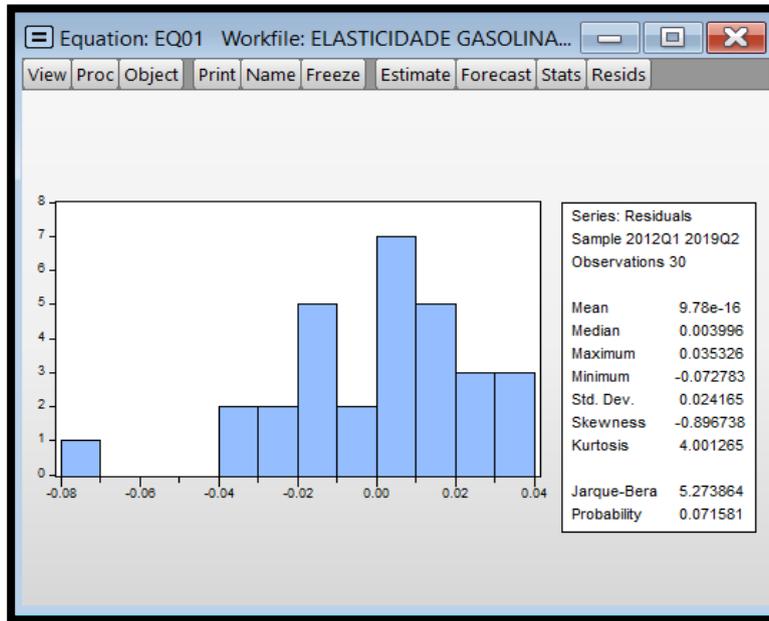
A gasolina é um dos itens mais consumidos no Brasil, principalmente na região Sudeste por conta da concentração da frota brasileira. A dependência desse produto no estilo de vida do brasileiro é tão significativa que é relevante estudar o comportamento de compra desse produto para consumidores e empresários. Portanto, é indispensável entender e conhecer a elasticidade-preço. A análise da elasticidade deve fazer parte do rol de ferramentas de gestão das organizações, conhecer o quanto seus produtos reagem a variações de preço e renda é um fator que não deve ser menosprezado. Ao avaliar a elasticidade da demanda por gasolina percebe-se que se trata de um bem com baixa elasticidade, e que, apesar de toda mudança ocorrida nas últimas décadas - a entrada do etanol no mercado brasileiro e aumento dos carros *flexfuel*, se mostrou um forte produto alternativo – a gasolina continua a ser uma das principais fontes de combustível. A análise dos dados revela que a demanda preço e demanda cruzada da gasolina é baixa e variações no preço tem baixo impacto na quantidade demandada. Em relação à renda percebe-se que quanto maior a renda, maior o consumo de gasolina. Logo, mesmo com todas as instabilidades no cenário internacional nos últimos anos, a existência de um produto substituto (etanol) e proliferação dos carros *flexfuel*, a gasolina continua sendo um produto representativo na cesta de consumo do brasileiro.

REFERÊNCIAS

- BAYE, Michel. Economia de Empresas e Estratégias de Negócios, 6ª Ed., São PAULO, AMGH Editora, 2010. P. 85
- BUAINAIN, A. M.; GARCIA, J. R. Contextos locais ou regionais: importância para a viabilidade econômica dos pequenos produto-res. In: SANTOS, M. de M.; PINHEIRO, B.; SANTANA, C.; GUEDES, A. C.; BARBOSA, M. M. T. L.; SETUBAL, J. H.; PINHEIRO, B.; SANTANA, C. (Org.). A pequena produção rural e as tendências do desenvolvimento agrário brasileiro: ganhar tempo é possível?, Brasília: CGEE, 2013.
- FRANK, Robert; Microeconomia e Comportamento, 8ª Ed., São Paulo, AMGH; Editora, 2013. P. 125
- GUJARATI, D., PORTER, D. (2011) Econometria Básica, 5ª ed., São Paulo, AMGH Editora Ltda. P.78
- LIMA, R. O. C.; Processo de Formação de Preços, Curitiba, IESDE, 2009.
- MELLO, André de Souza; SAMPAIO, Yony de Sá. Impactos dos Preços da Gasolina e do Etanol sobre a Demanda de Etanol no Brasil, Revista de Economia Contemporânea, UFPE, Pernambuco, 2014.
- NAPPO, Marcio; A Demanda por gasolina no Brasil: uma avaliação de suas elasticidades após a introdução dos carros bicombustível. Dissertação (Mestrado) – Escola de Economia de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2007.
- ORELLANO, Veronica Fernanda; SOUZA, Alberto de Nes and AZEVEDO, Paulo Furquim. Elasticidade-preço da demanda por etanol no Brasil: como renda e preços relativos explicam a diferenças entre estados. Revista de Economia e Sociologia, Brasília, vol.51, p1., Epub Oct/Dez, 2013.
- PINTO Jr, H. Q.; Comércio externo de petróleo e derivados: a estratégia pós-choque. In: Congresso Brasileiro de Planejamento Energético I, 1989, Campinas. Anais. Rio de Janeiro. COPPE/UFRJ, 1989. pp.37-53.
- PINDYCK, R. S.; RUBINFELD, D. L. Microeconomia: teoria microeconômica. São Paulo: Makron Books, 1994, P. 122
- ROSSETI, J. P.. Introdução à economia. São Paulo: Atlas, 2009, P. 348
- SAMPAIO, L.; Microeconomia Esquemático. São Paulo, Editora Saraiva, SP, 2011.
- SANTANNA, Eduardo Pimentel; BASTOS, Cesar Albuquerque, Elasticidade da Demanda por Gasolina no Brasil e o Uso de Tecnologia Flex Fuel no Período 2001 – 2012. [tps://www.anpec.org.br/encontro/2014/submissao/files_1/i8-acfa1a7b20d29026ee0ee9ec9b04e17f.pdf](https://www.anpec.org.br/encontro/2014/submissao/files_1/i8-acfa1a7b20d29026ee0ee9ec9b04e17f.pdf).> acesso em: 30 out.2019
- UCZAI, P. Energias Renováveis riqueza sustentável ao alcance da sociedade. CÂMARA DOS DEPUTADOS, Brasília-DF, n.10, p.1-273, 2012.
- VASCONCELOS, M. A. e GARCIA, M.E.; Fundamentos da Economia, 5ª Ed., São Paulo, Editora Saraiva, 2014.

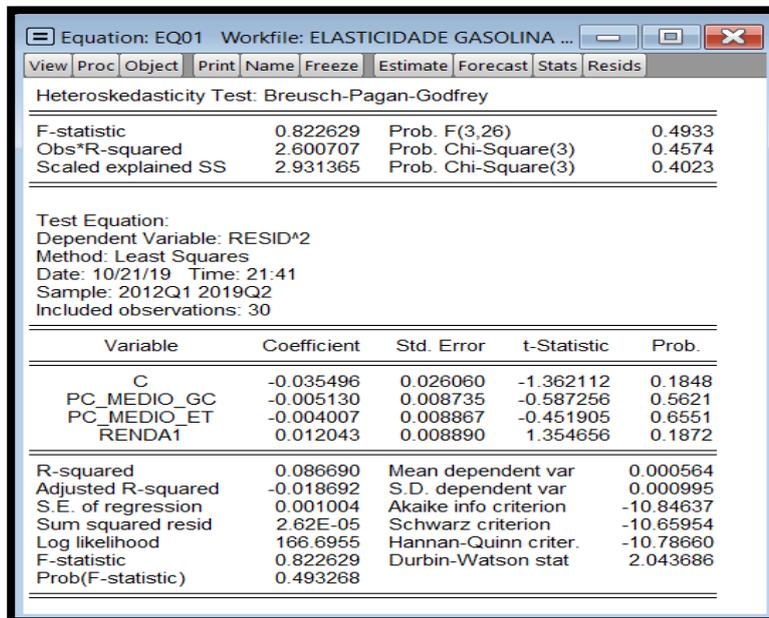
ANEXOS:

Figura 1 - Teste de Jarque-Bera



Fonte: Elaborada pelos autores

Figura 2 – Teste de Heterocidasticidade



Fonte Elaborada pelos autores

Figura 3 - Teste de Breusch-Godfrey

Equation: EQ01 Workfile: ELASTICIDADE GASOLINA SU... _ _ X

View Proc Object Print Name Freeze Estimate Forecast Stats Resids

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

F-statistic	1.164196	Prob. F(2,24)	0.3292
Obs*R-squared	2.653095	Prob. Chi-Square(2)	0.2654

Test Equation:
 Dependent Variable: RESID
 Method: Least Squares
 Date: 10/21/19 Time: 21:42
 Sample: 2012Q1 2019Q2
 Included observations: 30
 Presample missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PC_MEDIO_GC	0.099436	0.234570	0.423906	0.6754
PC_MEDIO_ET	0.022474	0.227232	0.098903	0.9220
RENDA1	-0.167991	0.259827	-0.646547	0.5241
C	0.499281	0.761539	0.655621	0.5183
RESID(-1)	0.264042	0.230761	1.144225	0.2638
RESID(-2)	0.244397	0.263669	0.926908	0.3632

R-squared	0.088437	Mean dependent var	9.78E-16
Adjusted R-squared	-0.101473	S.D. dependent var	0.024165
S.E. of regression	0.025361	Akaike info criterion	-4.334350
Sum squared resid	0.015436	Schwarz criterion	-4.054110
Log likelihood	71.01524	Hannan-Quinn criter.	-4.244699
F-statistic	0.465678	Durbin-Watson stat	1.699899
Prob(F-statistic)	0.797875		

Capítulo 3

TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E AGRONEGÓCIO: PRINCIPAIS REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[DOI: 10.37423/200400601](https://doi.org/10.37423/200400601)

Luiz Ricardo Begali - oluizricardob@gmail.com

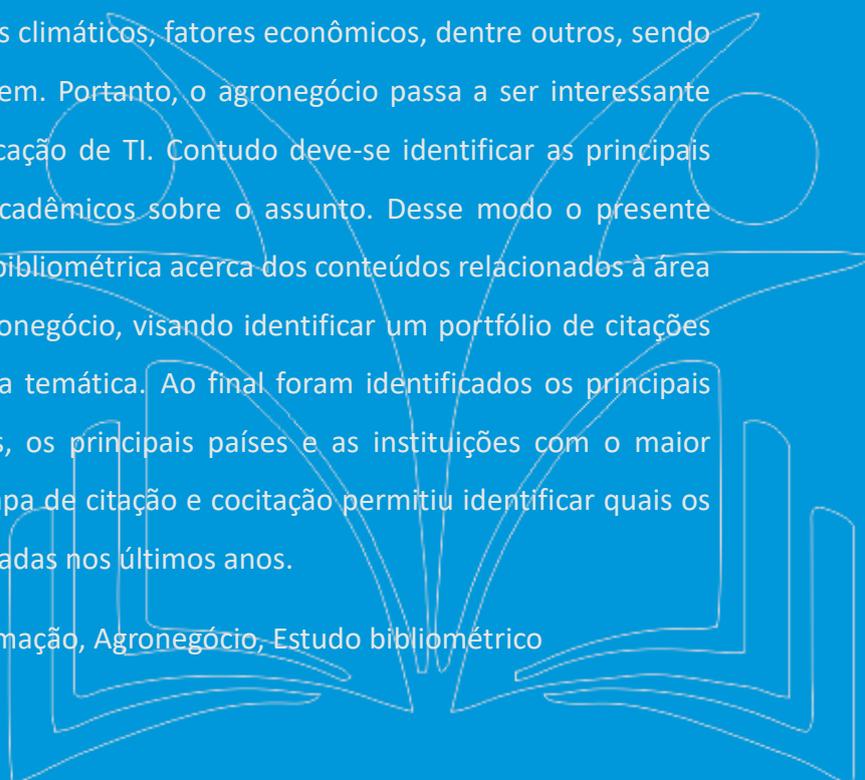
Eduardo Gomes Carvalho - eduardogomes@cefetmg.br

Weider Pereira Rodrigues - weiderpr@gmail.com

Lázaro Eduardo da Silva - lazaro@cefetmg.br

Resumo: “O agronegócio vem passando por inúmeras modificações através da utilização da tecnologia da informação (TI). A TI se faz importante no setor agrícola, garantindo sucesso direto nas atividades produtivas, e obtendo, maior produtividade em um setor altamente instável, que sofre influência de fatores climáticos, fatores econômicos, dentre outros, sendo muitos deles incontroláveis pelo homem. Portanto, o agronegócio passa a ser interessante como objeto de estudos sobre a aplicação de TI. Contudo deve-se identificar as principais referências utilizadas nos trabalhos acadêmicos sobre o assunto. Desse modo o presente trabalho objetiva realizar uma análise bibliométrica acerca dos conteúdos relacionados à área da tecnologia da informação e do agronegócio, visando identificar um portfólio de citações para futuros trabalhos que abordem a temática. Ao final foram identificados os principais autores publicantes nos últimos anos, os principais países e as instituições com o maior número de publicações. Ao final, o mapa de citação e cocitação permitiu identificar quais os grupos e as principais referências utilizadas nos últimos anos.

Palavras-chave: Tecnologia da informação, Agronegócio, Estudo bibliométrico



1. INTRODUÇÃO

O agronegócio vem passando por inúmeras modificações através da utilização da tecnologia da informação. A Tecnologia da Informação (TI) auxilia na melhoria da produtividade das empresas do agronegócio, com uma melhor gestão, informações mais rápidas para uma tomada de decisão dentre outros. Sabe-se que o agronegócio brasileiro vem se modernizando rapidamente, e a partir dessa modernização acelerada surge a necessidade de novas tecnologias que supram as necessidades do setor agrícola.

Dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) do ano de 2017 mostram que o agronegócio corresponde à 22% do PIB nacional, o que equivale a aproximadamente R\$ 918 bilhões. Atualmente o Brasil ocupa posição de destaque, sendo o maior exportador de frango, café, açúcar e laranja. Além da notoriedade na exportação de carne bovina e suína. Projeções também apontam que para os próximos 10 anos é esperado um crescimento de aproximadamente 40% na produção agrícola. O MAPA ainda enfatiza que o foco do crescimento do setor será na competitividade e na modernidade, fazendo o uso permanente de tecnologia, não somente para aprimorar eficiência dos processos produtivos, mas também para aprimorar a questão da sustentabilidade.

Já é possível encontrar empresas de base tecnológica cujo público principal é o agronegócio. Essas empresas usam como base a TI para atender as principais necessidades do setor agropecuário, aumentando a confiabilidade dos processos.

De acordo com Redivo et al. (2013) ocorreu ao final do século XX uma inovação no setor agrícola com a utilização de novas tecnologias aplicadas diretamente à produção rural, dentre elas temos a biotecnologia, adubação corretiva automatizada, defensivos, diversas técnicas de manejo, geoposicionamento e georeferenciamento, maquinários cada vez mais modernos utilizando tecnologia de ponta.

Com isso é possível observar quão importante a TI se faz no setor agrícola, garantindo sucesso direto nas atividades produtivas, e obtendo, maior produtividade em um setor altamente instável, que sofre influência de fatores climáticos, fatores econômicos, dentre outros, sendo muitos deles incontroláveis pelo homem. Portanto, o agronegócio passa a ser interessante como objeto de estudos sobre a aplicação de TI. Contudo é importante identificar as principais referências utilizadas nos trabalhos acadêmicos sobre o assunto.

Desse modo o presente trabalho objetiva realizar uma análise bibliométrica acerca dos conteúdos relacionados à área da tecnologia da informação e do agronegócio, visando identificar um portfólio de citações para futuros trabalhos que abordem a temática.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O termo agronegócio é oriundo da tradução do termo em inglês agribusiness TAVARES et al. (2016). Essa definição foi compreendida como sendo um conjunto de operações que envolvem desde a fabricação de insumos até a chegada do produto final ao consumidor DAVIS & GOLDBERG (1957).

Segundo Batalha et al. (1997) o termo agribusiness se refere a soma de todas as operações de produção e distribuição de suprimentos agrícolas, como também operações de produção, armazenamento, processamento e distribuição de todos os produtos do setor agrícola. Da mesma forma, Araújo (2010) definiu o termo como sendo o conjunto de todas as operações e

transações envolvidas desde a fabricação dos insumos até o consumo dos mesmos, podendo ser in natura ou industrializados. Já Saab et al. (2009) afirmam que o agribusiness é um conjunto de múltiplos sistemas agroindustriais que contemplam um formato determinado para cada produto agrícola.

No Brasil, Corso (2003) afirma que o conceito de agronegócio evoluiu e se consolidou por meio de outros termos como, por exemplo, o termo complexo rural, o qual define o conjunto de atividades desenvolvidas nas fazendas coloniais que produziam mercadorias tanto para consumo próprio como também para exportação. A modernização agrícola teve início após a II Guerra Mundial, onde o mercado agrícola se tornou mais forte e consolidado, passando de uma agricultura tradicional, baseada no uso da enxada para uma agricultura cada vez mais moderna, com a implantação da mecanização e do uso de insumos de diferentes segmentos (MICHELLON, 1999).

De acordo com Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada, CEPEA (2016), o agronegócio vem sendo considerado como um setor de extrema importância para o Brasil, sendo que, no período de 1995 a 2015 este representou cerca de 21,7% do Produto Interno Bruto (PIB). Da mesma forma, quando se trata de comércio exterior, nos dois últimos anos, o ramo participou significativamente, com 46,2% do valor total das exportações.

Consequentemente, o agronegócio auxiliou a redução do saldo negativo na balança comercial brasileira MAPA (2016). Em se tratando de emprego, o setor gera em média 35% de empregos fixos anuais, contribuindo mais uma vez, para o desenvolvimento do país (FRANÇA JÚNIOR, 2015).

De acordo com Redivo et al. (2013) ao final do século XX iniciou-se uma revolução no agronegócio mundial, uma vez que, esse setor da agricultura passou a utilizar novas tecnologias com base em TI, como softwares de gerenciamento que já são uma realidade ligada diretamente às atividades produtivas.

No entanto, Lima et al. (2017) relatam que, quando profissionais do setor agrícola são questionados sobre as melhores ferramentas que poderiam facilitar o desenvolvimento das atividades profissionais como também agregar informações para auxiliar nas decisões do cotidiano, as respostas em geral fazem menção ao uso de aplicativos para gerenciamento de projetos, acesso a pesquisas científicas sobre cultivos agrícolas e orientação para controle e manejo dos principais problemas fitossanitários que ocorrem com frequência na lavoura.

Desse modo, nota-se que a utilização de ferramentas de TI no agronegócio ainda é consideravelmente limitada, observa-se que esses benefícios e facilidades devem ser melhor explorados e desenvolvidos para que se aproveite o seu potencial, uma vez que ambos são extremamente importantes para o desenvolvimento tecnológico, não somente à nível nacional, como também mundial.

3. MÉTODO

O presente trabalho tem como metodologia um estudo bibliométrico de publicações de artigos relacionados à Tecnologia da Informação e Agronegócio. O termo bibliometria foi proposto por Pritchard no final da década de 1960 e pode ser definido como a aplicação de métodos estatísticos e matemáticos na análise de obras literárias *(PRITCHARD,1969). Os estudos bibliométricos têm como origem os esforços de Hulme (1923), Lotka (1926) e outros, os quais acreditavam que a geração de conhecimento é materializada por meio da produção científica (LUNDEBERG, 2006). No campo das ciências sociais aplicadas, os estudos bibliométricos se concentram em examinar a produção de artigos em um determinado campo de saber, mapear as comunidades acadêmicas e identificar as redes de pesquisadores e suas motivações. Tais objetivos são perceptíveis por meio da criação de indicadores que buscam juntar as instituições e os autores mais prolíferos, os acadêmicos mais citados e as redes de coautorias (OKUBO, 1997).

O presente estudo será realizado conforme as seguintes etapas:

- Análise do número de publicações por ano;
- Análise do número de publicações por autor;
- Análise do número de publicações por país;
- Análise do número de publicações por instituição;
- Elaboração do mapa de cocitação.

Nesse estudo tais informações permitirão criar um portfólio de referência para pesquisadores relacionados à área de TI e agronegócio.

A pesquisa foi realizada a partir da base de dados Scopus, que elencou 580 artigos, selecionados por meio do termo de pesquisa “information technology” e agribusiness, artigos esses publicados entre os anos de 2012 a 2017. As etapas de 1 a 4 serão efetuadas empregando as ferramentas disponíveis na respectiva base usada. Já, na última etapa, será realizada uma análise de citação. Glanzel (2003), relata que a análise de citação permite identificar o grupo de cientistas, suas publicações, demonstra os autores de maior impacto de uma determinada área, indicam seus padrões, metodologias e permite identificar os pesquisadores de “frente”.

Junto às pesquisas de citações, a análise de cocitação menciona a frequência com que dois documentos, periódicos, autores ou países são citados de forma simultânea na literatura científica.

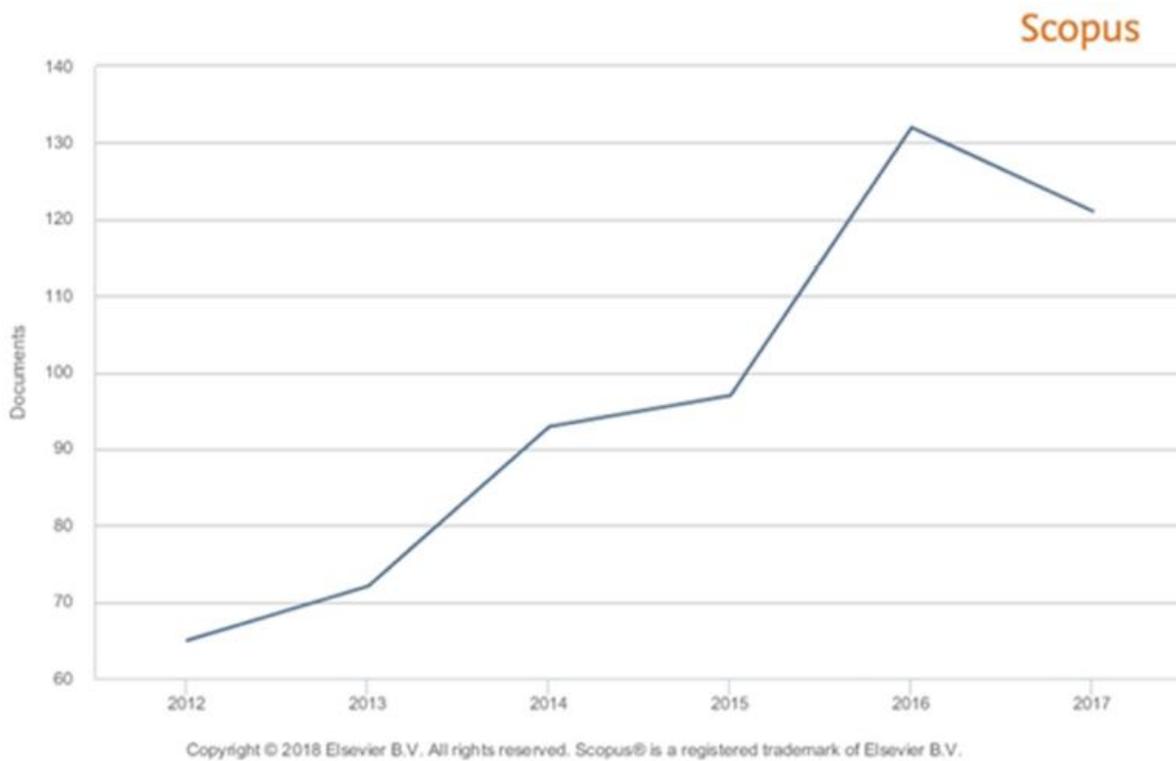
A análise de cocitação seja de documentos, periódicos, autores, ou até mesmo outras áreas de estudo, gera representações válidas da essência intelectual de um domínio científico (MIGUEL et al., 2008). Seu início primordial determina que quando dois ou mais periódicos, documentos ou autores são citados juntos, em um trabalho próximo, perdura, ao menos no ponto de vista do autor citante, uma afinidade de assunto entre os citados (SMIRAGLIA, 2011) e também quanto maior utilização da cocitação, mais próxima a ligação entre os mesmos. O mapeamento será realizado através do programa VOS Viewer.

4. RESULTADOS

Inicialmente, foi realizada uma análise de documentos por ano, partindo do ano de 2012 até o ano de 2017, conforme pode ser observado na figura 1. Através dessa análise foi apontado um crescimento considerável de publicações atingindo o seu pico no ano de 2016 com um total de 132 publicações. Posteriormente, observa-se um pequeno declínio de publicações no ano de 2017. Em contrapartida, notou-se que no ano de 2012 foi registrado o menor número de publicações dentre todos os anos pesquisados sendo um total de 65 publicações.

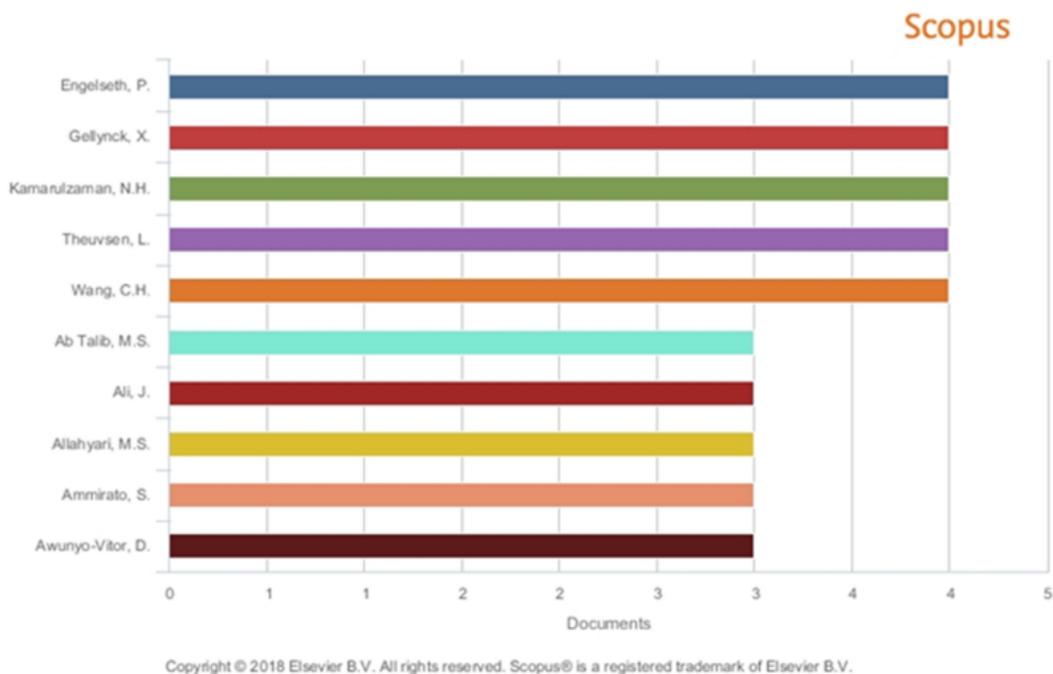
A segunda etapa envolveu a detecção dos autores que obtém o maior número de publicações, conforme pode-se observar na figura 2. Um dos autores que mais publicaram artigos no período da pesquisa com um total de 4 publicações foi Engelseth Per, do departamento de Logística da Universidade de Clemson, nos Estados Unidos. Também aparecem com o total de 4 publicações: O pesquisador belga Gellynck, Xavier da Universidade Gent, do Departamento de Economia Agrícola da cidade de Ghent, o pesquisador Kamarulzaman, Nitty Hirawaty da Universidade Putra Malásia, do Departamento de Agronegócio e Economia de Biorrecursos da cidade de Serdang, o pesquisador Theuvsen, Ludwig da Universidade Gottingen, do Departamento de Economia Agrícola e Desenvolvimento Rural da cidade de Gottingen e o pesquisador Wang, Chunhsien da Universidade Chiayi Nacional, da Faculdade de Gestão da cidade de Chiayi. Dentre os dez autores com mais publicações podemos notar que o continente Asiático se destaca contendo metade dos autores do gráfico, mostrando assim o grande interesse e contribuição dessa região com relação ao tema estudado.

Figura 1. Documentos por ano.



Fonte: Elaborado pelos autores utilizando a Scopus.

Figura 2. Documentos por autor.

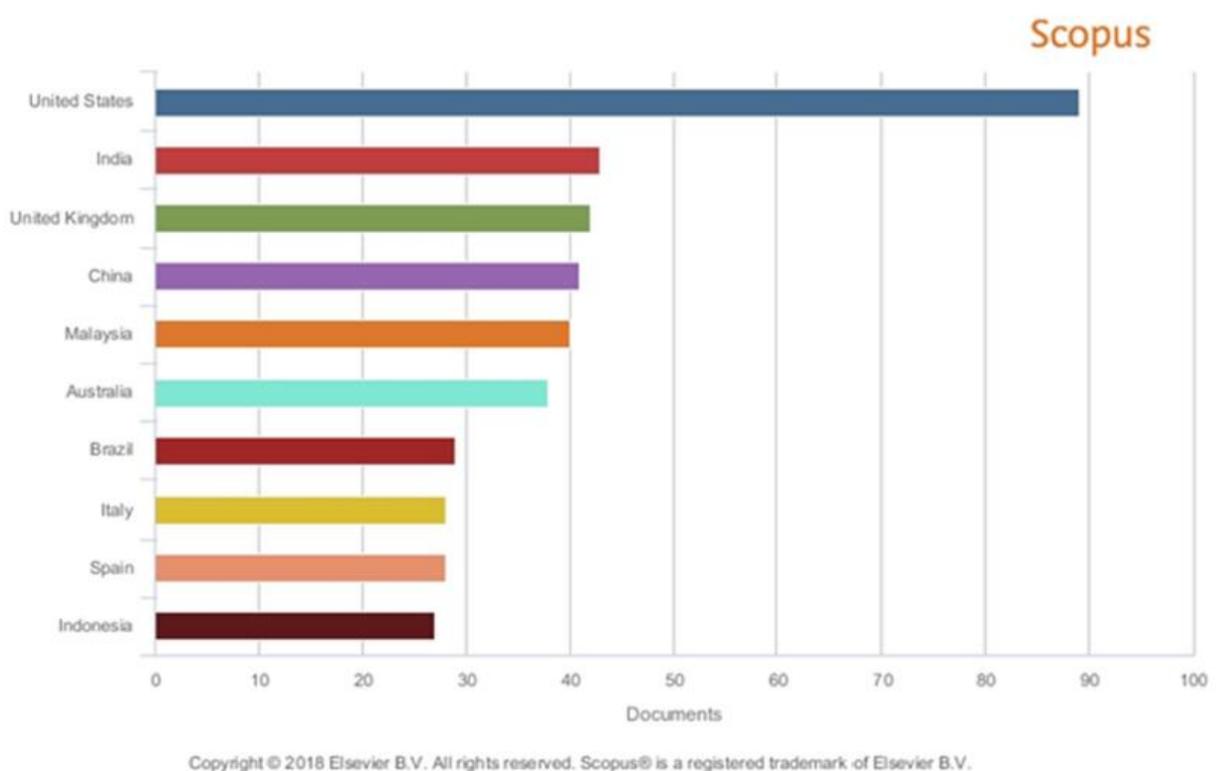


Fonte: Elaborado pelos autores utilizando a Scopus.

A terceira etapa apontou o número de artigos publicados de acordo com seu país de origem (Figura 3). Nesse sentido, nota-se que o país em destaque com maior número de publicações é o Estados unidos, com 89 publicações, tendo em vista que são o maior mercado acadêmico mundial. A pesquisa evidencia que os EUA possuem mais que o dobro de publicações que o segundo colocado, assim, destacando sua hegemonia. Por outro lado, a pesquisa evidencia que se trata de um tema internacionalizado onde a grande parte dos continentes contribuem para a maioria publicações.

Dentre os principais países que mais publicam, pode se destacar o Brasil, posicionado em sétimo lugar, mostrando que mesmo com toda a falta de recursos para pesquisa, em especial em instituições federais, as pesquisas de qualidade ainda são realizadas no país.

Figura 3. Documentos por país de origem.



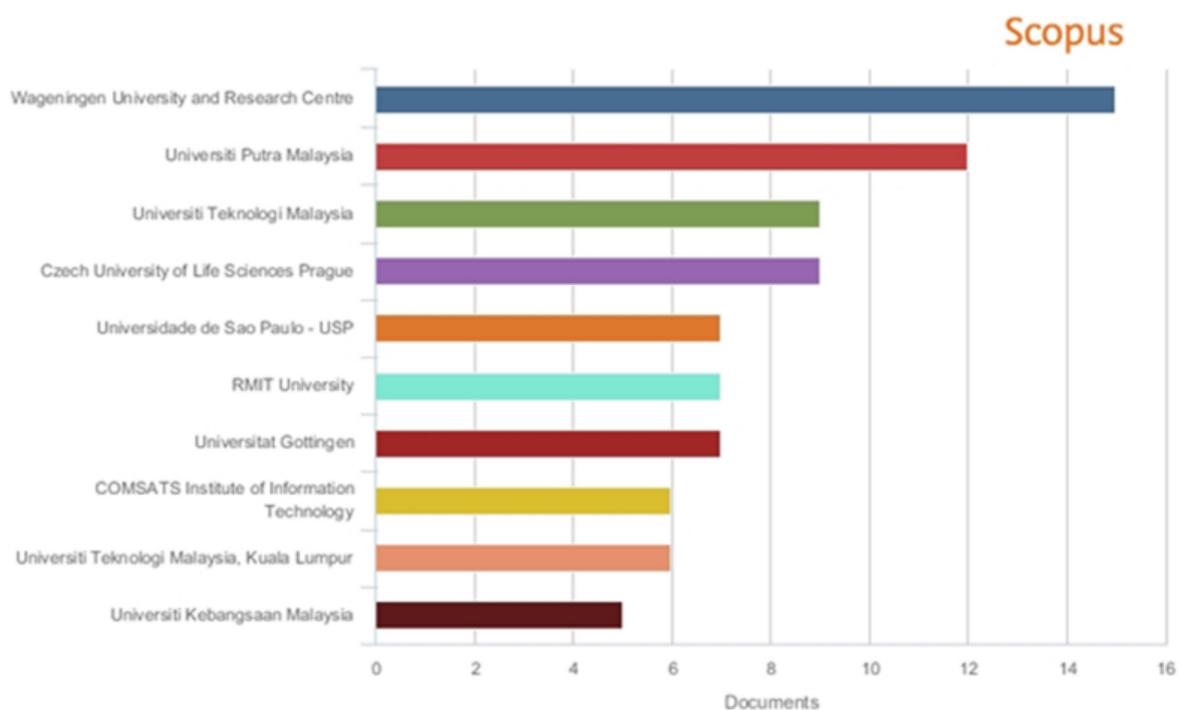
Fonte: Elaborado pelos autores utilizando a Scopus.

Já na quarta etapa analisou as instituições publicaram o maior número de artigos científicos sobre o uso da TI no agronegócio, conforme pode-se observar na figura 4. A instituição com mais publicações é a Wageningen University and Research Centre da Holanda, em quarto e sétimos lugares, nessa ordem, estão as instituições pertencentes a República Tcheca e Alemanha, demonstrando a grande

participação do continente Europeu. Em segundo e terceiro lugar estão as Universiti Putra Malaysia e Universiti Teknologi Malaysia ambas localizadas na Malásia.. Ainda dentre as 10 principais estão em oitavo, nono e décimo lugares respectivamente a COMSATS Institute of Information Technology do Paquistão seguida das duas universidades da Malásia, confirmando a grande contribuição do continente asiático a respeito do tema estudado. Destaca-se também o continente da Oceania tendo como representante a RMIT University da Austrália.

Dentre as principais instituições apenas uma está localizada no continente Latino-Americano: a Universidade de São Paulo – USP contendo 7 publicações, representando o Brasil. Observase também que muitas universidades estão em evidência, e que essas instituições estão localizadas nas proximidades ou em estados brasileiros em que o agronegócio é relevante como, por exemplo, a Universidade de Brasília- UNB; Universidade do Estado de Santa Catarina; Universidade do Rio Grande do Sul; EMBRAPA; Instituto Agrônomo de Campinas- IAC e Universidade da Amazônia. Isso evidencia o motivo de o Brasil estar entre os 10 que tem mais publicações nessa área e comprova por que o país é um dos que mais cresce e gera riquezas nesse ramo.

Figura 4. Documentos por instituição de origem.

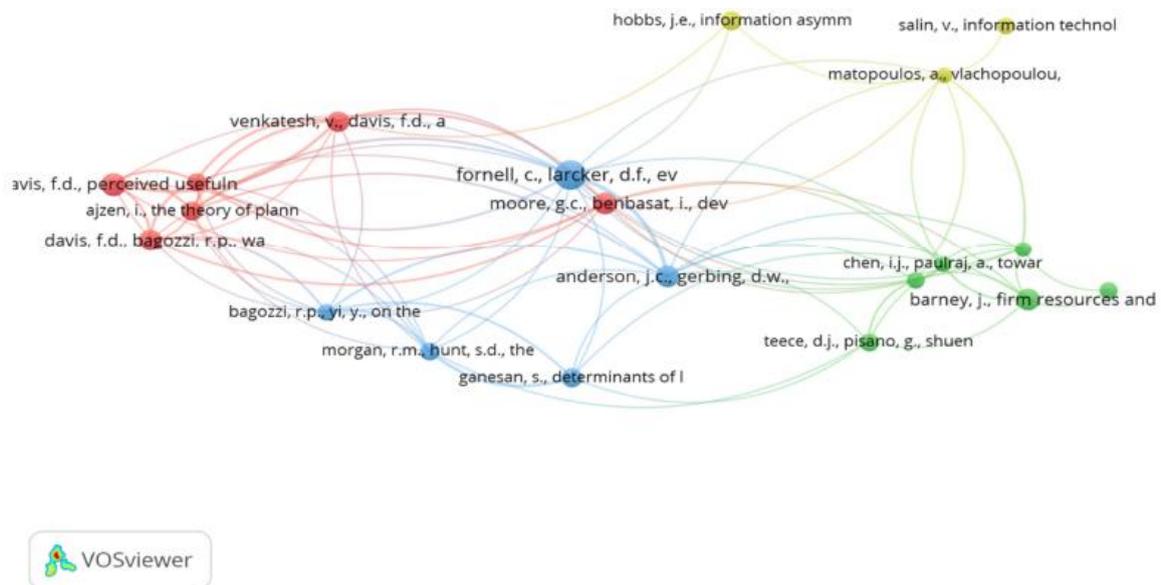


Copyright © 2018 Elsevier B.V. All rights reserved. Scopus® is a registered trademark of Elsevier B.V.

Fonte: Elaborado pelos autores utilizando a Scopus.

A quinta etapa implicou na elaboração do mapa de citação e cocitação, com o propósito de analisar as referências mais utilizadas. A figura 5 apresenta o mapa de citação e cocitação, enquanto a figura 6 apresenta o número de citações por autor.

Figura 5. Mapa de Citação e Cocitação



Fonte: Elaborado pelos autores utilizando dados da Scopus e VOSViewer.

O mapa de cocitação apresenta 4 conglomerados principais. O primeiro conglomerado refere-se ao grupo em azul, aponta um grupo de pesquisas preocupado com o desenvolvimento e análise de constructos. Este conjunto mostra uma densidade de citações relevante com relação aos trabalhos de Fornell e Larcker (1981) e Anderson e Gerbing (1988). Fornell e Larcker (1981) estudaram os testes estatísticos utilizados na análise de modelos de equações estruturais com variáveis não observáveis e erros de medição, enquanto Anderson e Gerbing (1988) estudaram a modelagem de equações estruturais, e apontaram uma vasta abordagem de modelagem em duas etapas que emprega uma série de modelos aninhados e testes sequenciais de diferença de qui-quadrado. Vale destacar o papel central de Fornell e Larcker (1981) que são fortemente citados e apresentam em uma posição centralizada no conglomerado e no mapa de cocitação, apresentando ligação considerável com os demais trabalhos.

O conglomerado em verde, aparenta ser de uma linha voltada para o planejamento estratégico, com destaque para Barney (1991), cujo artigo trata de análises de planejamento estratégico, processamento de informações e o conceito de uma empresa entre os clientes, suprimento e

vantagem competitiva sustentada, visando entender se um determinado recurso da empresa é uma fonte de vantagem competitiva firmada, analisando se o recurso é valioso, raro, se é possível de se copiar e até mesmo ser substituído. O mapa aponta uma forte relação nesse conglomerado entre Barney (1991) e Teece, Pisano e Shuen (1997) sendo o segundo trabalho mais citado do conglomerado em verde. Teece, Pisano e Shuen (1997) descrevem as capacidades dinâmicas (CDs) como uma forma de extensão em cima da visão embasada em recursos da empresa. Os autores descrevem as CDs como um novo meio de estrutura para considerar questões de estratégia e estratégia específica, moldadas em dinâmicas e ambientes de “alta velocidade”. Tendo em vista a vantagem competitiva, partindo das premissas de inovação, preço e desempenho, no artigo foram discutidos 4 paradigmas, sendo dois voltados para estratégia e dois para economia. Teece, Pisano e Shuen (1997) frisam a importância da pesquisa empírica realizada, pois ela ajuda entender como as empresas conseguem ser boas, como algumas apenas conseguem ser boas às vezes, por que e como elas melhoram, e por que às vezes elas diminuem. Portanto, percebe-se a importância do planejamento estratégico para o agronegócio.

O conglomerado em amarelo evidencia um grupo voltado para tecnologia da informação e agronegócio, com destaque para Hobbs (2004). Hobbs (2004) fala do importante papel dos sistemas de rastreabilidade de alimentos na resolução da assimetria de informações. Ele mostra três funções de sistemas de rastreabilidade: ex post sistemas reativos, permitem a Traceback de produtos afetados em caso de problema de contaminação, de modo a diminuir os custos sociais, sistemas ex post que facilitam a destinação de responsabilidade, e sistemas de informação que fornecem a sondagem ex ante da qualidade. Uma taxonomia de sistemas de rastreabilidade relata a natureza multidimensional dos problemas de informação relacionados à segurança alimentar e à qualidade dos alimentos.

Por fim, são abordados exemplos de iniciativas do setor privado e da rastreabilidade normativa no contexto dos modelos ex post e ex ante desenvolvidos no documento. Hobbs, (2004) apresenta uma forte ligação em termos de citação com Salin (1998) que fala como os sistemas de informação de alta tecnologia podem dar vantagens para as empresas agroalimentares. Este artigo debate diferenças entre cadeias de suprimentos para produtos funcionais versus produtos inovadores e a importância para os gestores de empresas agroalimentares. Salin, (1998) ainda relata que a priorização de investimentos de TI se baseia em uma avaliação das características dos produtos realizado pelos gerentes da cadeia de suprimentos agroalimentares e que diferentes sistemas de TI são apropriados para cada tipo de produto, funcionais ou inovadores. O desafio para a administração é decidir como classificar suas linhas, quais são funcionais e quais são inovadoras. Certos sistemas de TI em agro

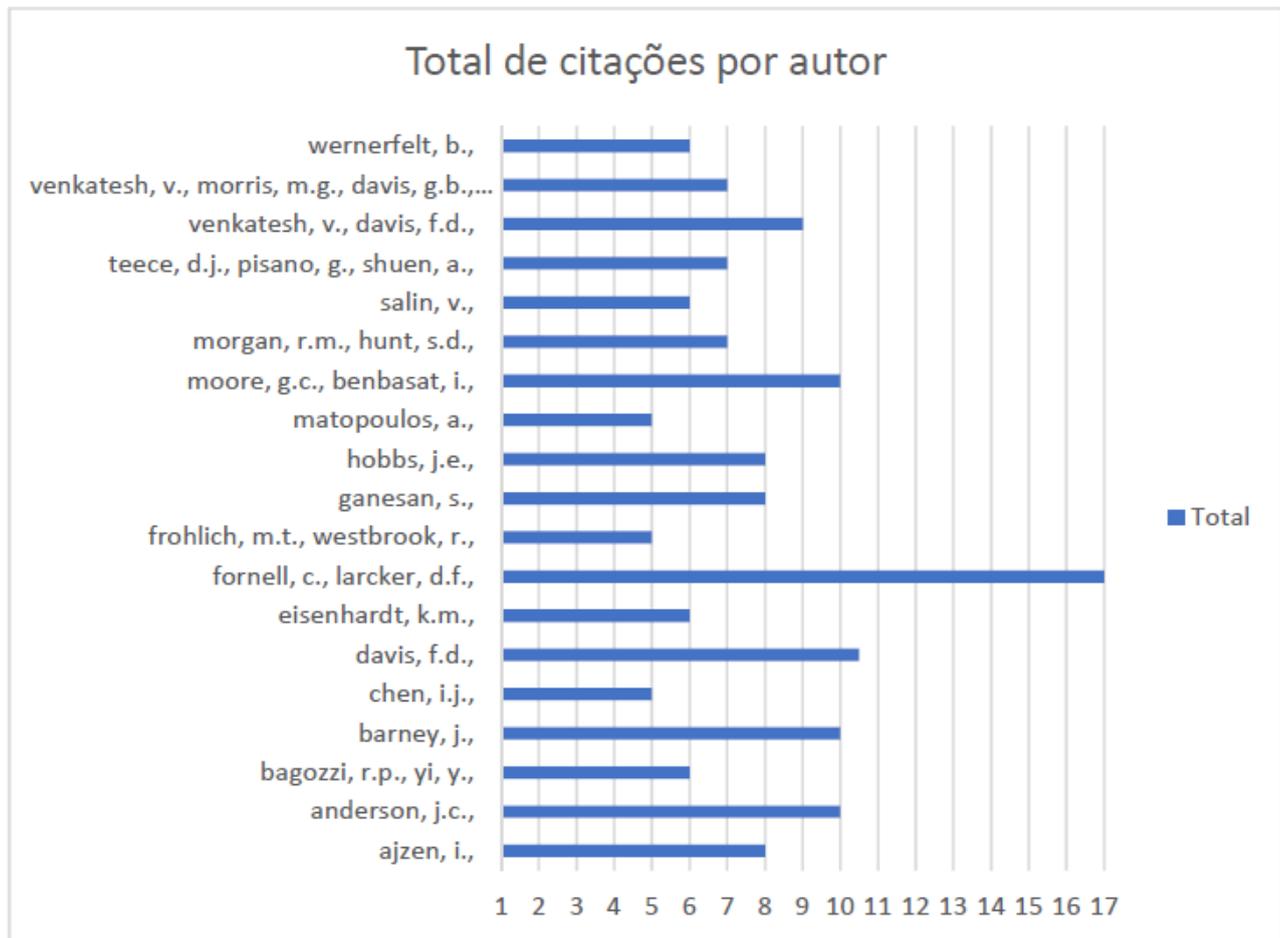
alimentos podem gerar informações que trarão benefícios competitivos para toda a cadeia de suprimentos.

O conglomerado em vermelho aponta um grupo voltado para inovação em TI com destaque para Moore & Benbasat (1991) que relata o desenvolvimento de um instrumento projetado para medir várias concepções que um indivíduo pode ter ao adotar uma inovação em TI. Este instrumento pretende ser uma ferramenta para o estudo da adoção inicial e eventual multiplicações de inovações de TI dentro das organizações. Em um estudo recente, analisando a difusão da nova TI do usuário final, decidimos nos concentrar em medir as concepções do potencial adotante da tecnologia. A pesquisa de desenvolvimento de instrumentos aqui descrita oferece várias contribuições. O mais evidente é a criação de um instrumento global para medir várias concepções sobre uso de uma inovação em TI. O processo de criação incluindo levantamento de instrumentos existentes conhecidos, escolhendo itens apropriados, criando itens conforme necessário e, em seguida, realizar um processo de desenvolvimento de escala extensa.

Moore & Benbasat (1991) apresentam uma forte ligação em termos de citação com Davis (1989). Davis (1989) descreve que escalas de medição válidas para prever aceitação do usuário de computadores são poucas. Sua pesquisa desenvolve e valida novas escalas para duas variáveis específicas, utilidade percebida e facilidade de uso percebida, as quais são hipotetizadas como predominantes fundamentais da aceitação do usuário. Definições para estas duas variáveis foram usadas para desenvolver itens de escala que foram pré-testados para validade de conteúdo e, em seguida, testados para confiabilidade e validade de construto em dois estudos. Em ambos os estudos, a utilidade teve uma analogia significativamente maior com o comportamento de uso do que a facilidade de uso. Análises de regressão sugerem que a facilidade de uso percebida pode, na verdade, ser um precedente causal da utilidade percebida, em contradição a um determinante paralelo e direto do uso do sistema.

Implicações são desenhadas para pesquisas futuras sobre a aceitação do usuário.

Figura 6. Total de citações por autor



Fonte: Elaborado pelos autores utilizando dados da Scopus, VOSViewer e Excel.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo realizar um estudo bibliométrico das publicações de artigos no período de 2012 a 2017. Tal tipo de estudo permite sugerir um portfólio de trabalhos a serem considerados como referências na área. Trabalhos como Hobbs (2004), Salin (1998), Moore & Benbasat (1991) e Davis (1989) demonstraram ser bastante relevantes para os autores que atuam na temática tecnologia da informação no agronegócio.

O Mapa de cocitação aponta ainda a considerável presença do trabalho de Fornell e Larcker (1981), indicando que a maior parte dos estudos foca nos testes estatísticos utilizados na análise de modelos de equações estruturais.

Uma evidência aponta a relevância dos EUA em TI e agronegócio, considerando que é o país com maior número de publicações, representando mais da metade das publicações em todo o mundo. Deve-se destacar ainda, que os Estados Unidos é o país que tem maior número de trabalhos citados. Resultado esperado, tendo em vista que é a maior potência acadêmica mundial.

Em contrapartida, a análise revelou uma internacionalização do tema visto que a Instituição que mais contribuiu com publicações foi a Wageningen University and Research Centre da Holanda, seguida por Instituições de países da Ásia, Oceania, Europa e América Latina, a última sendo representada pela Universidade de São Paulo – USP contendo 7 publicações e representando o Brasil, sendo que a instituição ficou na quinta posição do gráfico das dez universidades que mais publicaram.

Uma pesquisa pode ser analisada pela sua capacidade em gerar futuros trabalhos. Deste modo, o presente trabalho relata sugestões para futuras pesquisas: análise dos autores mais influentes e suas respectivas áreas e as instituições e países que mais publicam.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPEMIG, CNPQ e ao CEFET-MG pelo apoio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, M.J. Fundamentos do agronegócio. São Paulo: Atlas, 2010.

ANDERSON, J. C., GERBING, D. W., Structural equation modeling in practice: a review and recommended two-step approach. *Psychological Bulletin*, Vol 103(3), p.411-423, 1988.

BATALHA, M. O. (coord.) Gestão Agroindustrial v.1 - GEPAI. Atlas, 1997.

BARNEY, J.B. Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management*, p. 99 120, 1991.

CEPEA. PIB do Agronegócio – Dados de 1995 a 2015. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/br/pibdo-agronegocio-brasileiro.aspx>>. Acesso em: 17 fev. 2018.

CORSO, N. M. Palmitos cultivados no Paraná: situação atual e perspectivas. Curitiba: 2003. Dissertação (Mestrado em Economia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

DAVIS, J. H.; GOLDBERG, R. *Concept of agribusiness*, Boston: Harvard University, 1957.

DAVIS, F.D. Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS quarterly*, vol. 13, n. 3, p. 319-340, 1989

FRANÇA JR, F. O agronegócio e a geração de empregos. *Notícias Agrícolas*. 2015. Disponível em:

<<http://www.noticiasagricolas.com.br/artigos/artigos-principais/157380-o-agronegocio-e-a-geracao-deempregos-por-flavio-franca-jr.html>>. Acesso em: 21 fev. 2018.

FORNELL, Claes; LARCKER, David F. Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error. *Journal of Marketing Research*, v. 18, n.1, p. 39-50, 1981.

GLÄNZEL, W. Bibliometrics as a research field: a course on theory and application of bibliometric indicators. [S.l.]: Courses Handout, 2003.

HOBBS, J.E. Information asymmetry and the role of traceability systems. *Agribusiness*, vol. 20, n. 4, p. 397- 415, 2004.

LIMA, J. G.; POZO, O. C. V. ; FREITAS, R. R.; MAURI, G. D. Startups no agronegócio brasileiro: uma revisão sobre as potencialidades do setor. *Brazilian Journal of Production Engineering*. Vol. 3, p. 107-121, 2017.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Estatísticas e dados básicos de economia agrícola. Setembro 2016. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/estatisticas>>. Acesso em: 21 fev. 2018.

MICHELLON, E. Cadeia produtiva & desenvolvimento regional: uma análise a partir do setor têxtil do algodão no noroeste do Paraná. Maringá: Clichetec, 1999.

MOORE, G.C., BENBASAT, I., development of an instrument to measure the perceptions of adopting na information technology innovation. *Information Systems Research*, vol. 2, n. 3, p. 192-222, 1991.

MIGUEL, S.; MOYA-ANEGON, F.; HERRERO-SOLANA, V. A new approach to institutional domain analysis: Multilevel research fronts structure. *Scientometrics*, v. 74, n.3. p. 331-344, 2008.

MAISA SANTOS, M.S; INGRID SOARES, I.S com universidades sucateadas, Brasil cai nos ranking globais de avaliação. Dezembro 2017. Disponível em:

<<https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/brasil/2017/12/25/interna-brasil,649776/com-universidadessucateadas-brasil-cai-nos-ranking-globais-de-avalia.shtml>>. Acesso em: 15 maio 2017.

REDIVO, A. R.; TRÊS, CACIO; FERREIRA, GERALDO ALVES. A Tecnologia de Informação aplicada ao Agronegócio: Um estudo sobre o “Sistema Agrogestor” nas fazendas do Município de Sinop/MT. *Contabilidade & Amazônia*, vol. 1, p. 43- 52, 2012.

SAAB, M. S. B. L. de M.; NEVES, M. F.; CLÁUDIO, L. D. G. O desafio da coordenação e seus impactos sobre a competitividade de cadeias e sistemas agroindustriais. *Revista Brasileira de Zootecnia*. Vol. 38, p. 412- 422, 2009.

SALIN, V., Information technology in agri-food supply chains. *International Food and Agribusiness Management Review*, vol. 1, n. 3, p. 329-334, 1998.

SMIRAGLIA, R.P. ISKO 11's Diverse Bookshelf: an editorial. *Knowledge Organization*, v. 38, n.3, p. 179-186, 2011.

TAVARES, B. O.; NEGRETI, A. S.; PIGATTO, G. A. S.; PIGATTO, G. Recursos e vantagens competitivas no agronegócio: Revisão Bibliográfica. Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios, vol. 10, p. 40-76, 2017.

TEECE, D. J.; PISANO, G.; SHUEN, A. Dynamic capabilities and strategic management. Strategic Management Journal, Vol. 18, N. 7, p. 509-533, 1997.

Capítulo 4

RESISTÊNCIA À MUDANÇA NA IMPLANTAÇÃO DE UM PROGRAMA DE GESTÃO DA QUALIDADE TOTAL - UM ESTUDO DE CASO EM UMA ORGANIZAÇÃO PÚBLICA

[DOI: 10.37423/200400621](https://doi.org/10.37423/200400621)

Elisangela Santos de Lima (Uniprojeção) - ellisangelasantos@gmail.com.br

Glaucemaria da Silva Rodrigues (Uniprojeção) - gal-67@hotmail.com

Gerardo Pereira de Sousa (IFPI) - gerardosousa.adm@gmail.com

Tafarel Carvalho de Gois (Uniprojeção) - tafarelgois@yahoo.com.br

Roberto Bernardo da Silva (UnB) - rbaccioly@gmail.com

Andressa Rodrigues da Silva - androdriigues@gmail.com

Resumo: Este estudo busca identificar e analisar as causas da resistência à mudança na implantação de um programa de qualidade total em uma organização pública e como superar essa resistência. Foi empregado o método descritivo, e como procedimentos de coleta de dados foram empregados uma pesquisa bibliográfica e estudo de campo na modalidade estudo de caso. Foram entrevistados 35 servidores de um universo de 139, selecionados por conveniência. Seguem alguns dos principais achados da pesquisa: apenas 11% das pessoas têm conhecimento do programa 5S e isso gera resistência nas pessoas quanto à importância de se implantar um programa de qualidade total na gestão pública; 83% concordam que os programas de qualidade são importantes para o desenvolvimento da organização; 45% afirmaram que resistem a uma mudança quando não sabem se a inovação será útil ao seu trabalho; e mais ainda 90% dos colaboradores afirmaram que as organizações devem preparar seus funcionários para a implantação de um programa, por meio de educação, comunicação e participação de todos da organização.

Por fim, cabe registrar que a falta de preparação antes da implantação dos programas de qualidade representa uma das principais causas da resistência à mudança.

Palavras-chave: Qualidade Total. Mudança Organizacional. Resistência a Mudança.

1. INTRODUÇÃO

A partir da década de 90, a qualidade deixou de ser responsabilidade apenas da gerência e passou a ser responsabilidade de todos, e em algumas organizações o gerente de recursos humanos passou a ser considerado o gerente da qualidade, em muitas delas o setor de recursos humanos auxilia nos programas de qualidade. Muitas organizações buscam através dos programas de qualidade total eficiência e eficácia nos produtos e na prestação de serviços, no entanto, a implantação de programas de qualidade ou de qualquer outro tipo de programa implica em mudança de atitude e comportamento, o que frequentemente requer também mudança na cultura da organização (GIL, 2014). Analisar e identificar as causas da resistência a mudança nas organizações, sejam elas públicas ou privadas, não é uma tarefa fácil, mais que quando identificadas possibilita para a organização a chance de minimizar a resistência. De acordo com Robbins (2009), “não há nenhuma abordagem fácil ou infalível que garanta a implantação suave e indolor da mudança”, ou seja, as táticas estudadas neste trabalho servem como redutor da resistência, ajudando a inserir melhor a mudança dentro da organização. O mundo está em constante mudança, e as organizações precisam acompanhar essas mudanças para continuar inserida no mercado competitivo, a implantação do programa 5S na organização em estudo tem como objetivo aperfeiçoar a operacionalização da organização a custos mínimos e a retorno máximo nos serviços e produtos. Certeza de continuidade nos níveis de competitividade, lucratividade e de satisfação total dos recursos humanos, materiais, tecnológicos e financeiros (GIL, 1999, p. 27-28). A falta de organização no ambiente de trabalho pode gerar desperdícios de várias formas. As pessoas são peças-chaves dentro das organizações. Investir em sua melhoria significa melhorar o desempenho de elementos básicos da organização. As pessoas oferecem contribuições fundamentais à organização. Essas contribuições serão mais relevantes se as próprias pessoas começarem a organizar suas atividades e seus locais de trabalho (PALADINI, 2011).

No entanto as mudanças organizacionais não podem ser feitas por acaso e nem improvisadas, elas devem ser bem planejadas, analisando as forças externas e internas e observando as necessidades da organização (CHIAVENATO, 2003). Campanhas educativas, comunicação e participação de todos os envolvidos no processo de mudança é o principal fator que reduz a resistência. Trata-se de uma pesquisa de natureza descritiva, que empregou como técnicas de pesquisa levantamento bibliográfico e pesquisa de campo na modalidade estudo de caso. Para atender o objetivo do estudo, a pesquisa está estruturada em quatro seções, além desta Introdução. A primeira compreende a fundamentação teórica, que aborda as principais teorias sobre qualidade total, ferramentas de qualidade, mudança

organizacional, resistência à mudança e cultura organizacional. A segunda trata da metodologia da pesquisa. A terceira é a análise, que faz uma descrição e discussão analítica dos dados e informações levantadas ou observadas no desenvolvido da pesquisa. Na última seção são apresentadas as conclusões finais do estudo, acompanhadas de algumas propostas de melhorias para a organização objeto do estudo de caso.

2. REVISÃO TEÓRICA

2.1 QUALIDADE

Antes de se definir qualidade, deve-se entender um pouco sobre a evolução da Qualidade que ao longo do século XX passou por quatro estágios marcantes: inspeção do produto, controle do processo, os sistemas de garantia da qualidade e a gestão da qualidade total. Até os anos 50, qualidade era entendida como perfeição técnica, a partir da década de 50 com a divulgação do trabalho de Joseph (1990), Deming (1990) e Feigenbaun (1991), o conceito de qualidade passa a ser a satisfação do cliente quanto ao produto (CARPINETTI, 2011, p. 5-6). A partir da década de 90, a qualidade deixou de ser responsabilidade apenas da gerencia e passou a ser responsabilidade de todos, e em algumas organizações o gerente de recursos humanos passou a ser considerado o gerente da qualidade, e em muitas delas o setor de recursos humanos auxilia nos programas de qualidade, para o século XI a qualidade tem sido considerada como um dos maiores imperativos empresariais (GIL, 2014, p. 265). Qualidade é todo produto ou serviço que atenda as necessidades dos clientes de forma confiável, acessível e segura, ou seja, o verdadeiro critério da boa qualidade é a preferência do consumidor pelo produto ou serviço oferecido (CAMPOS, 1999, p.2).

Paladini (2011, p. 30) afirma que “para definir corretamente qualidade, o primeiro passo é considerar a qualidade como um conjunto de atributos ou elementos que compõem o produto ou serviço”. O objetivo dos sistemas de qualidade é buscar integração entre fornecedor/cliente, aperfeiçoar a operacionalização da organização a custos mínimo e máximo de retorno nos serviços e produtos, certeza de continuidade nos níveis de competitividade e lucratividade e satisfação total e plena dos recursos humanos, materiais, tecnológicos e financeiros (GIL, 1999, p. 27-28). De acordo com Araújo (2001, p.211) o conceito de qualidade poderia se resumir a busca pela perfeição do produto ou serviço a fim de agradar o cliente.

2.1.1 PROGRAMAS E FERRAMENTAS DE QUALIDADE

Segundo Araújo (2001, p. 215), o uso das ferramentas e programas de qualidade se dá mediante a adequação de cada organização e não por modismo, deve se observar qual atenderá melhor as necessidades no momento, e que para atingir um bom resultado é preciso que haja bom-senso.

2.1.1.1 PROGRAMA 5S

Baseado na filosofia japonesa o programa 5S visa organizar e racionalizar o ambiente de trabalho, o programa se baseia em cinco princípios que são as etapas do processo, é um programa com mínimo de investimento e que traz muitos ganhos para a organização, além de eficiência e eficácia no atendimento ao cliente (CARPINETTI, 2011, p. 65). Ainda segundo Carpinetti (2011, p.65) além da saúde e segurança, a empresa deve se preocupar em criar um ambiente de trabalho organizado. A falta de organização no ambiente de trabalho pode gerar desperdícios de várias formas. E acarretar em problemas como perda de produtividade e possivelmente não atendimento de requisitos de clientes.

Para Paladini (2011), as menores células da organização são as pessoas. Investir em sua melhoria significa melhorar o desempenho de elementos básicos da organização. As pessoas oferecem contribuições fundamentais à organização. Essas contribuições serão mais relevantes se as próprias pessoas começarem a organizar suas atividades e seus locais de trabalho. Uma estratégia de amplo uso nesse caso é o programa 5S. Esse programa, desenvolvido na década de 50 no Japão, tem seu nome relacionado a cinco palavras começadas pela letra S em japonês (seiri, seiton, seiso, seiketsu e shitsuke). Em vez de simplesmente traduzir esses termos para o português, procurou-se identifica-los com seu real sentido (PALADINI, 2011). De acordo com Paladini (2011), a simplicidade do programa 5S e a facilidade de obtenção de resultados práticos, visíveis e valiosos tornam-no uma importante estratégia da Gestão da Qualidade. Ainda segundo Paladini (2011), como o programa investe em mudanças de hábitos e pensamentos, adotou-se a palavra “senso” para expressar, genericamente, esses termos. A ideia é que é necessário “sentir” cada elemento e definir a necessidade de mudar atitudes e concepções. Parece tratar-se de “senso” comum o emprego dos seguintes termos para cada “S”, respectivamente: utilização, ordenação, limpeza, saúde e autodisciplina. De acordo com Campos (1999), o programa 5S visa mudar a maneira de pensar das pessoas na direção de um melhor comportamento para toda a vida. O programa 5S não é somente um evento episódico de limpeza, mas uma nova maneira de conduzir a empresa com ganhos efetivos de produtividade. O 5S é um programa

para todas as pessoas da empresa, do presidente aos operadores, para as áreas administrativas, de serviço, de manutenção e de manufatura (CAMPOS, 1999). Para Campos (1998, p.26) “o programa 5S promove o acultramento das pessoas a um ambiente de economia, organização, limpeza, higiene e disciplina, fatores fundamentais à elevada produtividade”.

3. METODOLOGIA

Esta seção aborda a metodologia empregada neste trabalho, cujo objetivo é identificar e analisar as causas da resistência às mudanças na implantação de um programa de qualidade no setor público, e como superar essa resistência. Para tanto serão apresentados a seguir os métodos de pesquisa e os procedimentos técnicos de coleta de dados.

A metodologia é o conjunto das diversas etapas ou passos que devem ser dados para a realização da pesquisa científica, é a descrição de como o projeto será executado (CERVO; BERVIAN, 2002).

3.1 O MÉTODO

O projeto tem como propósito identificar e analisar as causas da resistência às mudanças na implantação de um programa de qualidade em uma organização pública adotou-se a tipologia de pesquisa-diagnóstico. Este tipo de pesquisa propõe explorar o ambiente, levantar e definir problemas (MARTINS, 2000). A pesquisa foi qualiquantitativa associando dados qualitativos que busca descrever comportamentos e situações e quantitativos que busca mensurar ou medir variáveis (MARTINS, 2000). Para alcançar o objetivo proposto, a pesquisa adotou o método descritivo. Na pesquisa descritiva os fatos são observados, registrados, analisados, classificados e interpretados, não existe interferência por parte do pesquisador, ele apenas descreve o objeto (ANDRADE, 2010; BARROS; LEHFELD, 2000).

3.2 DESCRIÇÕES DAS TÉCNICAS DE COLETA DE DADOS

Para atender o método anteriormente proposto foram empregados como procedimentos de coleta de dados uma pesquisa bibliográfica e estudo de campo na modalidade estudo de caso. A pesquisa bibliográfica é o conjunto de conhecimentos encontrados nas obras já publicadas em livros, revistas que procura explicar e discutir um tema ou um problema (FACHIN, 2003; BARROS; LEHFELD, 2000; MARTINS; LINTZ, 2000). O estudo de caso é uma investigação empírica que reúne o maior número de informações, sua principal função é a explicação dos fatos que ocorrem com o objetivo de apreender a totalidade de uma situação e descrever a complexidade de um caso (FACHIN, 2003; MARTINS; LINTZ, 2000).

3.3 A DESCRIÇÃO DO PÚBLICO-ALVO

O público-alvo foram os servidores de um órgão do setor público localizado no Setor de Administração Federal Sul. De acordo com Andrade (2010), o universo da pesquisa de campo é composto por toda uma classe ou toda uma população. O corpo funcional do órgão em estudo é composto por 139 servidores cedidos pelo Tribunal, pois ainda não houve concurso público para preenchimento do quadro próprio de servidores. Desse total, 14 são cargos de comissão, 58 são analistas e 67 são técnicos. Foram entrevistadas 43 pessoas todos do cargo de analista ou técnico, sendo que destes, 35 questionários foram validados. A amostra é parte do universo escolhido de acordo com o critério de representatividade (VERGARA, 2010).

3.4 DELINEAMENTO

A pesquisa foi realizada em um órgão público situado no Setor de Administração Federal Sul. Para obtenção dos resultados, foi aplicado um questionário no dia 18/10/2016 com perguntas abertas e fechadas, para 35 colaboradores da organização em estudo. Os dados foram tabulados em uma planilha Excel, possibilitando desta forma a verificação dos dados obtidos. Para atender um dos objetivos específicos do trabalho, o instrumento de coleta de dados utilizado foi o questionário que é a técnica de investigação composta por um número mais ou menos elevado de questões apresentadas por escrito às pessoas (GIL, 1999). Nos questionários podem-se usar questões abertas onde às respostas são livres e com linguagem própria, e questões fechadas onde o pesquisado é direcionado para as alternativas já estruturadas (FACHIN, 2003). O questionário do trabalho apresenta duas etapas: itens referentes às informações socioeconômicas e a escala de comportamentos em relação à implantação de programas de qualidade e a resistência à mudança totalizando 21 questões. O escalonamento utilizado nos itens do questionário é o tipo Likert. Este método foi desenvolvido por Rensis Likert no início dos anos 30. Consiste em um conjunto de questões apresentados em forma de afirmações, no qual as pessoas escolhem um dos cinco ou sete pontos da escala (MARTINS; LINTZ, 2000).

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Esta seção tem como objetivo identificar e analisar as atitudes e os comportamentos do corpo funcional de uma organização pública sobre a resistência à mudança na implantação de um programa de qualidade e como superar essa resistência.

4.1 DESCRIÇÕES DO ESTUDO DE CASO

O órgão em estudo está situado no Setor de Administração Federal Sul (SAFS) em Brasília-DF. Sabe-se que a resistência para a implantação e a manutenção dos programas de qualidade total é muitas vezes imposta pela falta de conhecimento e informação e pelos valores culturais da organização. A ideia de implantar um programa de qualidade como o 5S na organização em estudo se deu por meio da observação de um dos gestores que reconheceu a necessidade de melhoria do ambiente de trabalho em relação à organização, arrumação e limpeza do local. A primeira fase do programa que é o seiri, senso de arrumação com o descarte de todos os materiais desnecessário foi facilmente aplicada, por se tratar de um setor que trabalha com processos de auditoria havia muitos processos antigos que já tinham sido arquivados virtualmente, mas que ainda eram mantidos em pastas dentro de armários provocando assim um excesso de papéis. Os servidores foram orientados a separar todos os processos que já tinham sido tramitados para que o descarte fosse completo, nas mesas individuais cada um ficou responsável em verificar o que seria necessário e o que poderia ser descartado. O ideal é deixar nas mesas apenas o que está sendo utilizado. Equipamentos e cabos de computador foram entregues para o Setor de TI e os papéis ao setor de limpeza responsável também pela reciclagem. Todo tipo de material que não estavam sendo utilizados no setor foram entregues a departamentos responsáveis.

Para dar continuidade ao processo de implantação do programa 5S, o próximo passo foi o seiton, senso de ordenação, que é a determinação de arquivos para pesquisa dos dados, ou seja, no diretório do setor foi criada uma pasta denominada “Processo Tramitado para Arquivamento”, onde todos os processos foram guardados por datas em formato PDF, aqueles que por ventura não constavam no arquivo digital foram então digitalizados e salvos, no total foram 108 processos tramitados para o arquivamento. Criou-se também uma planilha no Excel para que os processos que ainda estão sendo trabalhados possam ser classificados e foram separados em pastas etiquetadas dentro do armário para uma melhor identificação, hoje de 108 processos que eram guardados sem necessidade o setor trabalha com 61 processos todos atualizados.

O terceiro senso o seiso, está relacionado com a limpeza, no que diz respeito à limpeza do ambiente não houve nenhuma dificuldade visto que a organização estudada conta com uma equipe de funcionários terceirizados que desempenham essa tarefa com muita assiduidade. O seiso também significa a atualização e renovação de dados, como foi dito anteriormente foi criada uma planilha no

Excel, ela precisa ser alimentada, atualizada se possível diariamente, isso seria muito fácil se apenas uma pessoa fizesse esse procedimento.

Diariamente há movimentação de processos na unidade, processos chegam e saem do setor, a unidade é composta por seções que são denominadas de Seção de Gestão de Pessoas, Seção de Gestão de Obras, Seção de Gestão de Tecnologia da Informação e Seção de Gestão Administrativa, existem processos específicos para cada seção e processos que envolvem todas as seções ao mesmo tempo. Com isso dois colaboradores ou mais, trabalham juntos nesse mesmo processo, a consequência disso é que muitas vezes os processos são tramitados e a planilha não é alimentada com a informação, causando uma demora na identificação, pois o sistema utilizado para tramitação de processos de uma unidade para outra não informa isso tão facilmente, se o servidor que tiver feito a tramitação não informar os outros do procedimento será preciso fazer um levantamento de todos os processos para saber o número do processo que saiu e isso gera desperdício de tempo e demora nas decisões. Alguns servidores foram avisados informalmente da necessidade de inserir na tabela o destino do processo e a data que ele saiu da unidade.

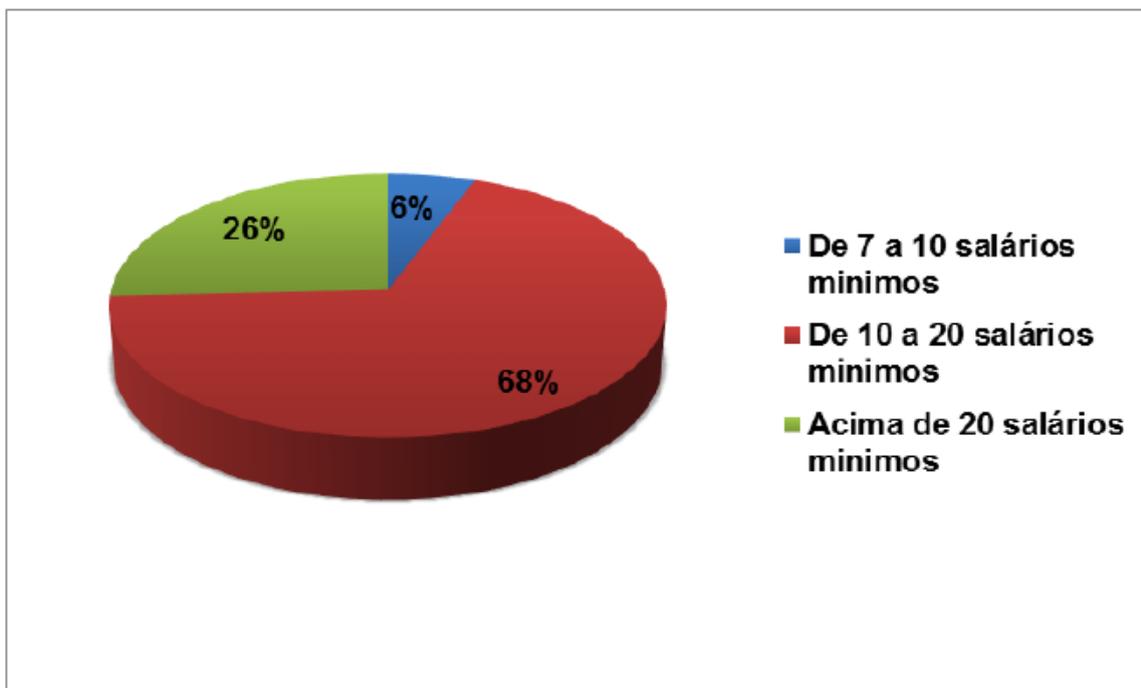
As três primeiras fases do programa foram atingidas tranquilamente, no entanto a quarta fase, do seiketsu senso de asseio, onde deveria haver uma constante padronização dos três primeiros sentidos notou-se certa dificuldade dos servidores, como foi dito as pessoas trabalham nos processos simultaneamente, e não há o compromisso de devolver o processo ao local de origem tornando novamente as coisas desarrumadas.

Conseqüentemente a quinta e última fase, o shitsuke o senso da autodisciplina ainda não foi atingido, o hábito de manter as coisas no seu devido lugar ainda precisa ser trabalhado de forma que todos os servidores entendam que o programa 5S é um programa contínuo que precisa ser aplicado todos os dias.

4.2 ANÁLISES DO ESTUDO DE CASO

Esta subseção inicia-se com o perfil das 35 pessoas entrevistadas quanto a gênero, faixa etária, renda salarial, cargo e tempo de serviço no setor público. Em relação ao gênero dos participantes, 54% deles são do sexo feminino. A faixa etária predominante foi entre 36 e 49 anos, representando 43% dos entrevistados. No que diz respeito à renda salarial dos entrevistados, o Gráfico 1 ilustra que a maioria (68%) estão na faixa de 10 a 20 salários mínimos.

Gráfico 1 – Renda Salarial



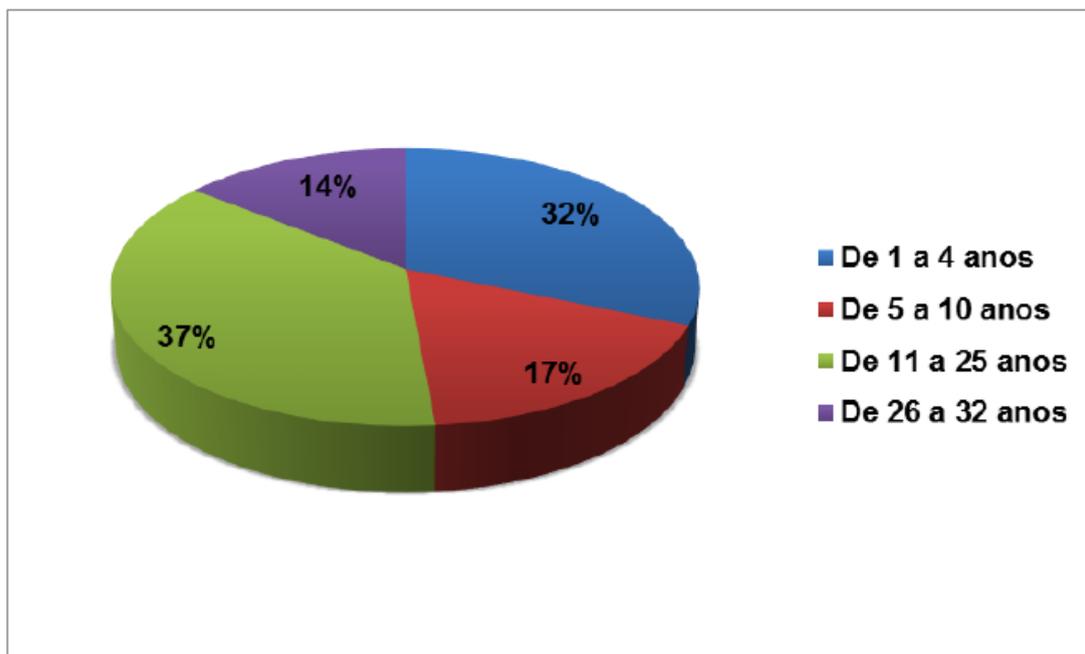
Chega a 71% o percentual dos colaboradores que participaram da pesquisa com cargo de Técnico, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1 – Divisão do número de servidores por cargo

Cargo	Quantidade	%
Técnico	25	71%
Analista	10	29%
Total	35	100%

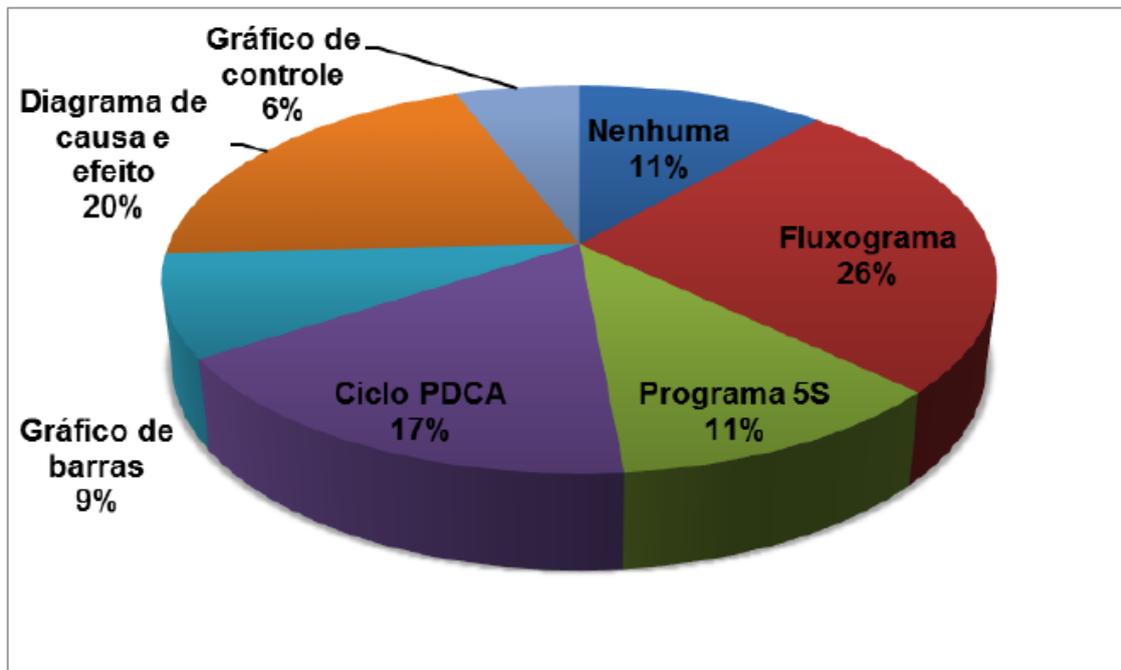
O tempo de serviço de 37% dos colaboradores entrevistados está na faixa de 11 a 25 anos como ilustra o Gráfico 2. Muito tempo desempenhando os mesmos papéis pode causar comodismo, muitas pessoas não estão dispostas a mudar porque não querem sair de uma situação normal para outra diferente ou de um estado rotineiro para outro diferente e desconhecido (CHIAVENATO, 2003, p. 374). Situação também defendida por Souza e Teixeira (2016), que afirmaram que pessoas com mais tempo de serviço costumam resistir mais as mudanças.

Gráfico 2 – Tempo de serviço



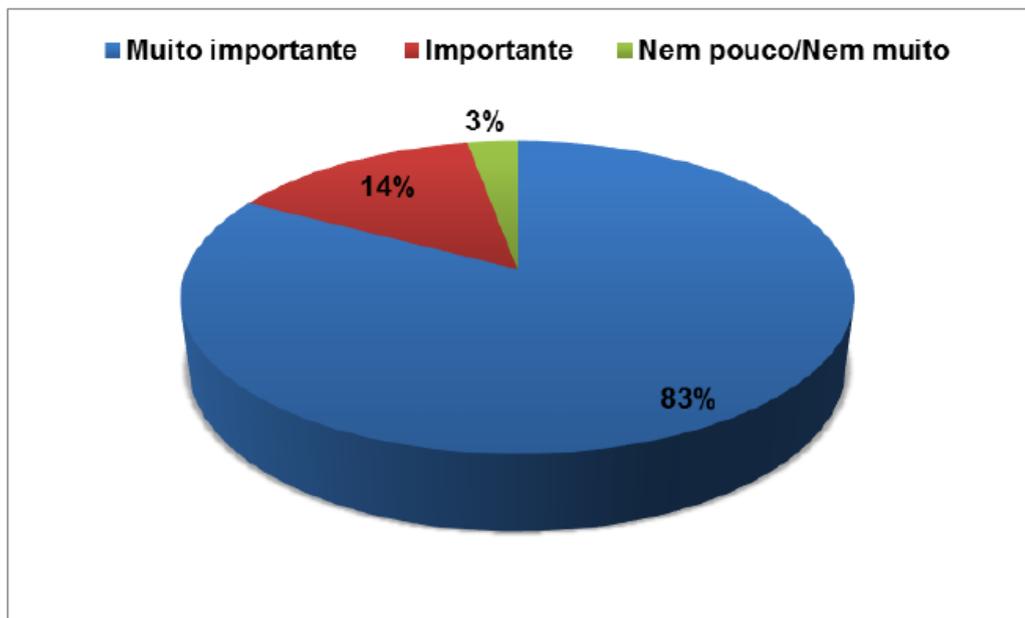
Durante a pesquisa foi apresentado aos entrevistados uma lista de ferramentas e programas de qualidade na “questão 6” do questionário, a fim de observar o grau de conhecimento dos servidores em relação aos mesmos. Entre as ferramentas mencionadas estavam: Fluxograma, Programa 5S, Ciclo PDCA, Gráfico de barras, Diagrama de causa e efeito e Gráfico de controle. Ao perguntar quais dos programas os entrevistados conheciam tendo como opção as alternativas citadas, pôde-se observar que os colaboradores não possuem conhecimento acerca do programa implementado no setor, apenas 11% dos servidores afirmaram que conhecem o programa 5S como mostra o Gráfico 3. Segundo Robbins (2005), a comunicação com os colaboradores ajuda a compreender a lógica da mudança. Na pesquisa de Souza e Teixeira (2016), verificou-se que mais da metade dos colaboradores pesquisados (64%) afirma que as mudanças pretendidas pela organização não são comunicadas a todos os membros da equipe, já 18% concordaram plenamente e os outros 18% concordaram parcialmente. Para minimizar o efeito da resistência à mudança, por causa da falta de conhecimento do programa é importante que haja educação e comunicação. O fato de não conhecer o programa, qual sua finalidade e quais as vantagens e desvantagens de sua implementação criou a resistência dos servidores, neste contexto, faz-se necessário uma campanha educativa mostrando os benefícios que o programa pode trazer para a vida pessoal e profissional das pessoas.

Gráfico 3 –Grau de conhecimento em relação às ferramentas



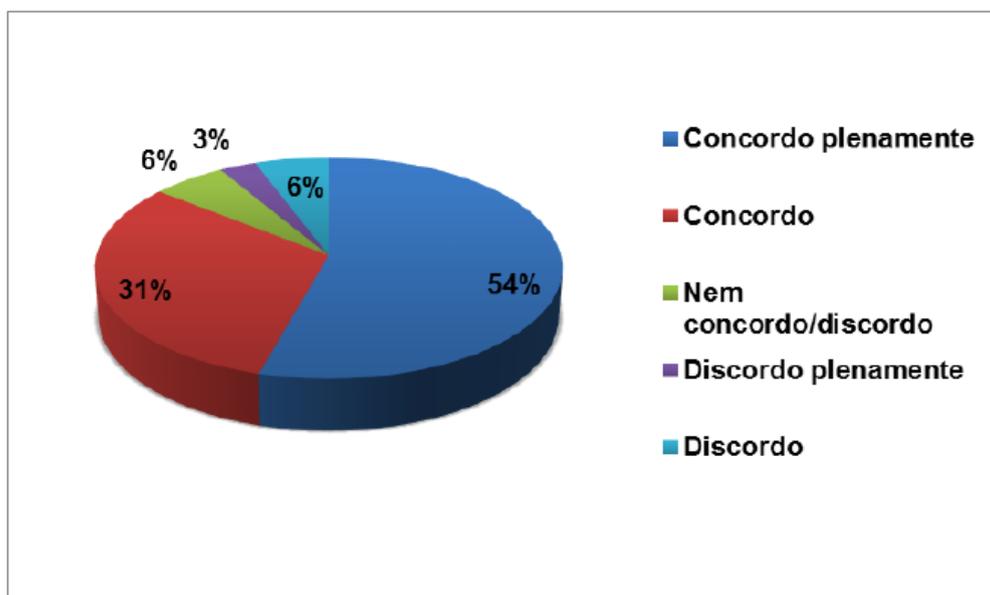
Para a implantação de um programa de qualidade em qualquer tipo de organização, seja pública ou privada, é preciso que os colaboradores tenham consciência da importância dessa implementação. Durante o questionário foi perguntado aos servidores “qual a opinião deles em relação à importância de se implementar um programa de qualidade na gestão pública”. No Gráfico 4, observa-se que a maioria (83%) dos entrevistados tem consciência e acredita que a implementação de um programa de qualidade é muito importante para a melhoria do processo produtivo e para a prestação de serviço.

Gráfico 4 – Importância de se implementar um programa de qualidade



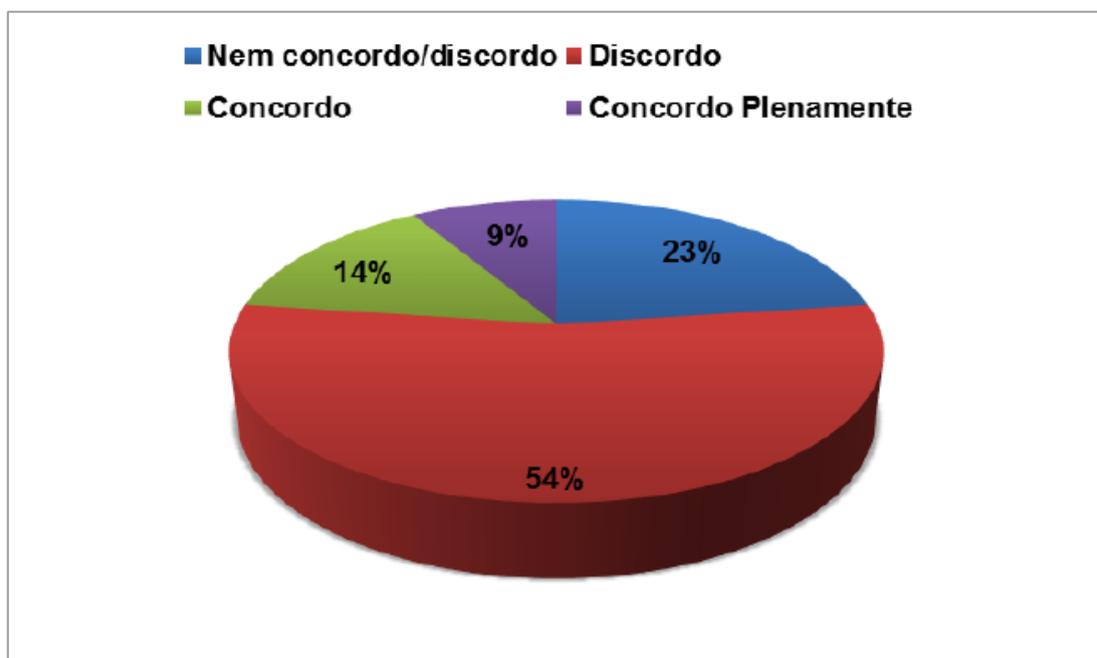
De acordo com os dados levantados na pesquisa, 85% das pessoas entrevistadas, como ilustra o Gráfico 5, concordam plenamente que a resistência é natural do ser humano, ou seja, muitas vezes as pessoas não procuram saber se o processo de mudança trará benefícios à organização, elas simplesmente se opõem e se fecham para as mudanças, segundo Oliveira (2010), a resistência à mudança não é causada pelos efeitos desse processo, mas sim pela expectativa desse efeito.

Gráfico 5 – Resistência como tendência natural do ser humano



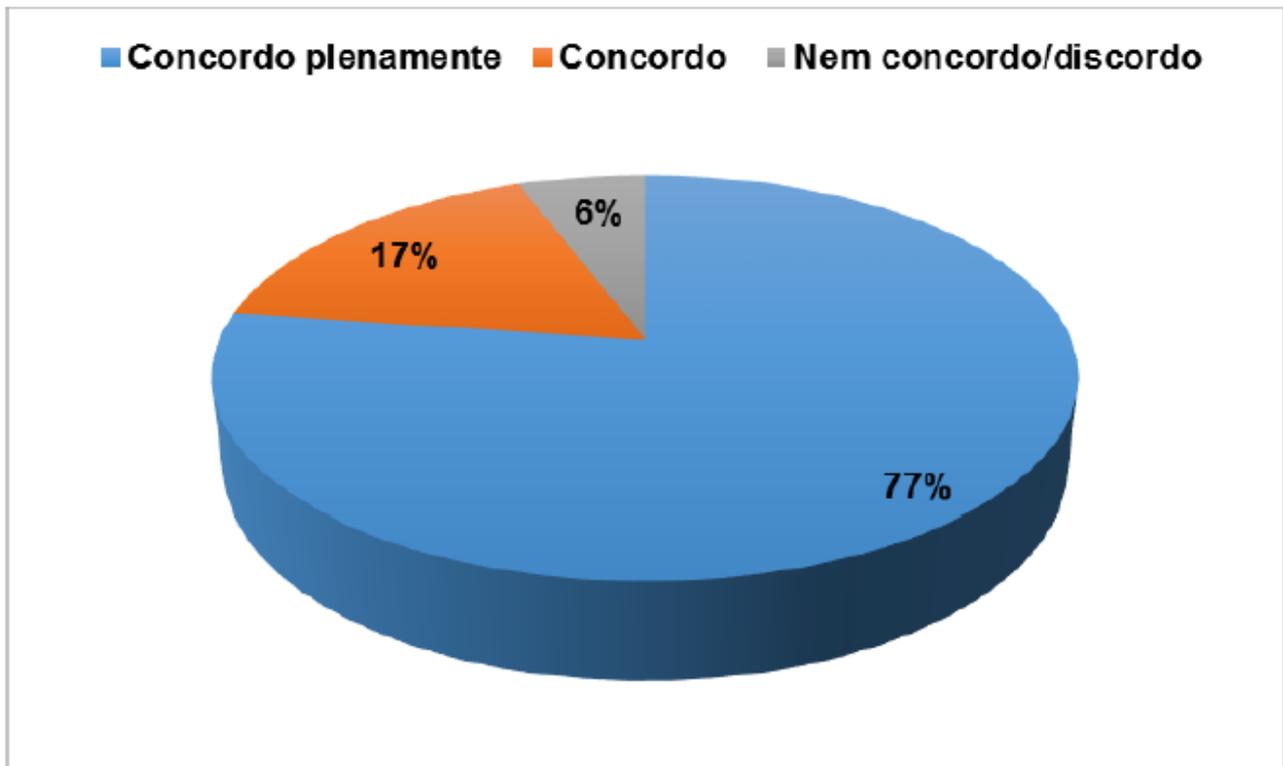
Os entrevistados foram questionados se “Com as mudanças as pessoas mudam seu comportamento”, 54% responderem que discordam dessa afirmação, como mostra o Gráfico 6, nota-se uma resistência dos colaboradores, pois de acordo com Campos (1999), o programa 5S visa mudar a maneira de pensar das pessoas afim de melhorar seu comportamento. Paladini (2011) reforça ainda que o programa investe em mudança de hábito e pensamento, definindo a necessidade de mudar atitudes e concepções. Existe ainda no processo de mudança a etapa de descongelamento onde o padrão atual de comportamento é substituído por um novo padrão (CHIAVENATO, 2014).

Gráfico 6 – Mudança de comportamento



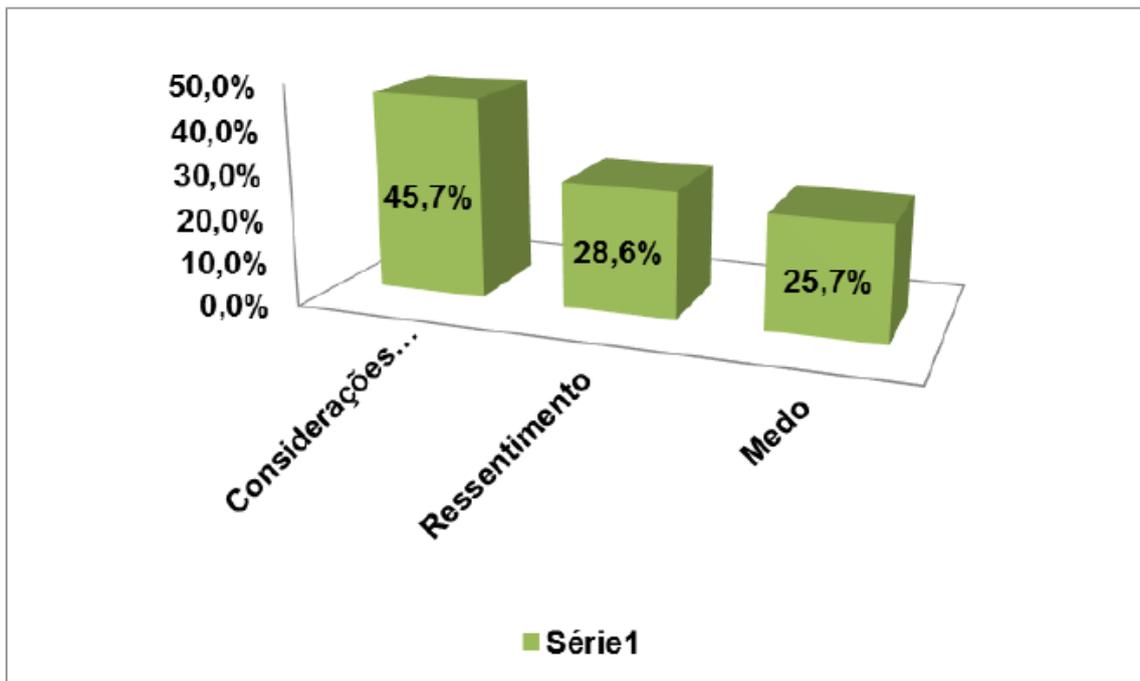
A organização deve preparar os servidores de maneira adequada para aceitar a mudança de forma positiva, de acordo com o Gráfico 7, mais de 90% dos servidores concordam que a preparação adequada ajuda a minimizar a resistência a mudança, a forma como a gestão introduziu a implementação do programa 5S, fez com que os servidores vissem o programa apenas como uma faxina, sem se comprometerem com a continuidade do mesmo. Por se tratar de um programa que envolve a mudança de hábito das pessoas é preciso antes de tudo preparar as pessoas, mudar a cabeça dos colaboradores para a mudança, preparar o ambiente psicológico fazendo com que as pessoas aprendam a aprender e a inovar. (CHIAVENATO, 1998, p. 245).

Gráfico 7 – Preparação para aceitar a mudança



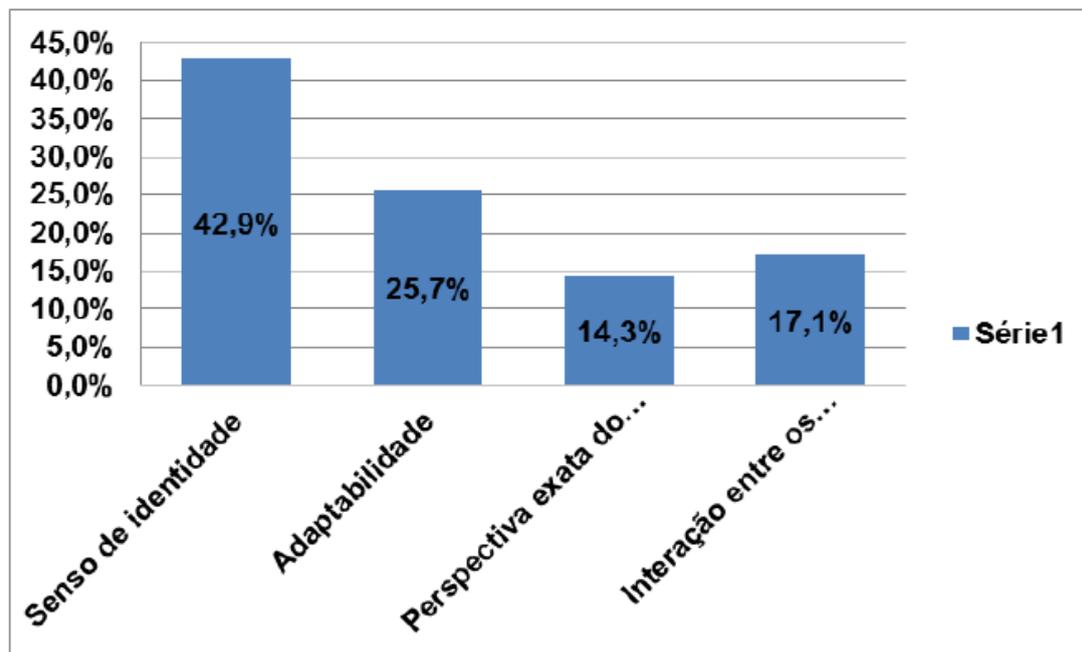
As razões para a resistência podem variar de acordo como a mudança afetara a pessoa ou da influência de um grupo, diante do exposto ao perguntar aos servidores sobre as possíveis causas dessa resistência obteve-se que mais de 45% dos participantes como mostra o Gráfico 8, acreditam que a maior causa seria as considerações técnicas que é a percepção da avaliação que a pessoa realiza se essa inovação será útil ao seu trabalho. (CAR, 1992, apud FELICIO, 2008). Tendo em vista que os servidores não foram bem informados sobre a utilidade e as vantagens do programa 5S, entende-se mais uma vez que o conhecimento acerca do programa é o fator minimizador da resistência.

Gráfico 8 – Causas da resistência



Saber como está o cenário atual da organização é fundamental para a implementação de um programa de qualidade, na pesquisa perguntou-se aos colaboradores “quais das capacidades de inovação não está presente na organização em estudo”, 42,9% das pessoas como representa o Gráfico 9 responderam que o senso de identidade é uma delas. Segundo Chiavenato (2003), uma das capacidades inovadoras para se mudar a cultura da organização é o senso de identidade onde é preciso que tenha comprometimento dos participantes.

Gráfico 9 – Capacidades inovadoras para a mudança



Para que haja sucesso em qualquer implementação de programas de qualidade ou para qualquer outra mudança que ocorra na organização é preciso antes de tudo que se inicie um processo de aprendizagem acerca do que a gestão quer implementar. No caso da organização em estudo, as etapas do programa 5S não foram todas cumpridas pelo fato dos colaboradores não conhecerem realmente todo o processo tendo como entendimento uma simples arrumação ou até mesmo a percepção de que seria só uma faxina, essa é uma das causas da resistência. As pessoas envolvidas no processo de implementação e mudança precisam acreditar que todo esse esforço de abandonar velhos hábitos e comportamentos realmente será útil e trará benefícios para elas evitando assim a resistência. O não abandono dos velhos hábitos mostra outra causa da resistência.

De acordo com Robbins (2005), existem algumas táticas que podem ser usadas para minimizar essa resistência, como a educação, comunicação e participação, quando as pessoas participam das decisões elas dificilmente se opõem as mudanças. Voltando para a organização em estudo, se os servidores tivessem tido uma preparação antes da implementação do programa com palestras e reuniões explicando que o programa é um processo contínuo onde a padronização e arrumação precisam ser mantidas, os dois últimos sentidos teriam sido alcançados. Falta de preparação antes da implementação do programa com palestras e reuniões explicando o que é o programa é outra causa da resistência à mudança. Robbins (2005) reforça ainda que não existem táticas infalíveis contra a resistência, mas sim

táticas minimizadoras da resistência. Verificou-se durante a pesquisa que apenas 11% das pessoas têm conhecimento do programa 5S essa falta de conhecimento gerou a resistência nas pessoas, 45% dos servidores afirmaram que resistem a uma mudança quando não sabem se a inovação será útil ao seu trabalho, e por fim uma das principais causas da resistência que é a falta de preparação antes da implantação dos programas de qualidade, 90% dos colaboradores pesquisados afirma que as organizações devem preparar seus funcionários para a implantação do programa, através da educação, comunicação, treinamento e participação de todos da organização esse tipo de resistência pode ser minimizada.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo identificar e analisar as atitudes e o comportamento do corpo funcional de uma organização pública sobre a resistência a mudança na implantação de um programa de qualidade total e como superar essa resistência. Durante o desenvolvimento da pesquisa foi usado o método pesquisa diagnóstica com o delineamento descritivo, para os procedimentos de coleta de dados foram usados a pesquisa bibliográfica e pesquisa de campo na modalidade estudo de caso. De acordo com os dados obtidos na pesquisa, pôde-se identificar como principal fator que ocasionou a resistência em relação à implantação do programa 5S na organização em estudo a falta de preparação dos servidores antes da implantação (90%), bem como algumas táticas que segundo Robbins (2005) ajuda a minimizar essa resistência, uma delas é a comunicação.

A implantação do programa 5S na organização como toda mudança gerou certa resistência não só pelo fato do desconhecido, mas pela forma como foi passada aos colaboradores, 45% das pessoas afirma que resistem à mudança porque não sabem se a inovação será útil ao seu trabalho. Mesmo tendo um entendimento do quão importante seja um programa de qualidade para a organização (83%), ficou bem claro que o principal fator minimizador da resistência a essa mudança é a educação e comunicação, que é essencial para o bom desenvolvimento e aceitação de qualquer mudança. As pessoas precisam se sentir participantes do processo, diante do exposto é preciso que seja feita campanhas educativas, abordando todos os 5S e suas vantagens não só para a vida profissional como pessoal apenas 11% dos entrevistados afirmaram conhecer o programa 5S. Ao conhecer melhor o programa as pessoas saberão identificá-lo como um processo contínuo tendo assim mais comprometimento, como foi mostrado anteriormente às três primeiras fases do programa foram atingidas, porém para que as duas últimas sejam alcançadas os servidores precisam entender sobre a

padronização e a disciplina de manter as coisas no seu devido lugar. Ambientes de trabalho organizados aumenta a produtividade das pessoas e desperta à criatividade sem desperdício e tempo. Neste contexto, tornam-se relevantes pesquisas futuras quanto ao aprofundamento em relação às causas da resistência a mudança na implantação de um programa de qualidade total na gestão pública, bem como estudos sobre como superar essa resistência através da comunicação e participação de todos da organização.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Maria Margarida de. Introdução à Metodologia do Trabalho Científico: elaboração de trabalhos na graduação. 10. Ed. São Paulo: Atlas, 2010.

ARAUJO, Luís César G. de. Organização, sistemas e métodos e as modernas ferramentas de gestão organizacional: arquitetura, benchmarking, empowerment, gestão pela qualidade total, reengenharia. São Pulo: Atlas, 2001.

ARAUJO, Luís César G. de. Gestão de pessoas: Estratégias e integração organizacional / Garcia, Adriana Amadeu 3 ed. São Paulo: Atlas, 2014.

BARROS, Aidil Jesus da Silveira; LEHFELD, Neide Aparecida de Souza. Fundamentos de Metodologia. 2. Ed. São Paulo, Makron Books, 2000.

BEZERRA, Filipe. Ciclo PDCA – Conceito e aplicação. Portal Administração. Disponível em <<http://www.portal-administracao.com/2014/08/ciclo-pdca-conceito-e-aplicacao.html>> Acesso em 26/09/2016.

CAMPOS, Vicente Falconi. Gerenciamento da Rotina do Trabalho do dia-a-dia. Belo Horizonte, Editora de Desenvolvimento Gerencial. Belo Horizonte, 1998.

_____. TQC – Controle da Qualidade Total (no estilo japonês) Belo Horizonte, MG: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1999.

CARPINETTE, Luís C. R; MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick; GEROLAMO Mateus Cecílio. Gestão da Qualidade ISO 9001:2008: Princípios e requisitos. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2011.

CERVO, Amado Luiz; BERVIAN, Pedro Alcino. Metodologia Científica. 5.ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

CHIAVENATO, Idalberto. Os novos paradigmas: como as mudanças estão mexendo com as empresas – São Paulo: Atlas, 1998.

_____. Introdução à teoria geral da administração: uma visão abrangente da moderna administração das organizações. 7. Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

_____. Administração nos novos tempos. 2.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

_____. Recursos humanos: o capital humano das organizações / 9 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

_____. Gestão de pessoas: o novo papel dos recursos humanos nas organizações. 4.ed. Barueri, SP: Manole, 2014.

CURY, Antônio. Organizações e métodos: uma visão holística. 8.ed. São Paulo: Atlas, 2009.

FACHIN, Odília. Fundamentos de Metodologia. 4. Ed. São Paulo: Saraiva, 2003.

FELICIO, Delma. Implantação de um sistema de gestão da qualidade: estudo de caso em uma organização pública de pesquisa e desenvolvimento. Universidade de Taubaté – SP, 2008.

GIL, Antônio Carlos. Métodos e técnicas de pesquisa social. 5. Ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GIL, Antônio de Loureiro. Auditoria da Qualidade. 3. Ed. São Paulo: Atlas, 1999.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI Maria de Andrade. Fundamento de Metodologia Científica. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

LIMA, Cícero Adriano de; SAMPAIO, Renata Lima; SIMÕES, Tatiana de Jesus. Gestão da mudança organizacional – Universidade Federal da Bahia 2005.

MARTINS, Gilberto de Andrade; LINTZ, Alexandre. Guia para elaboração de monografias e trabalhos de conclusão de curso. São Paulo: Atlas, 2000.

OLIVEIRA, Djalma de Pinho Rebouças de. Sistemas, organização e métodos: uma abordagem gerencial. 19.ed. São Paulo: Atlas, 2010.

PALADINI, Edson Pacheco. Gestão da qualidade: teoria e prática. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2011.

REBELLO, Maria Alice de França. Implantação do programa 5S para a conquista de um ambiente de qualidade na biblioteca do hospital Universitário da Universidade de São Paulo, 2005.

ROBBINS, Stephen P. Comportamento organizacional. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

_____. Fundamentos do Comportamento Organizacional. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

SILVA, Reinaldo Oliveira da. Teorias da Administração – São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2005.

SILVA, Veronice Schreiner. Programa 5S. Universidade do Estado de Santa Catarina. Florianópolis, 1998.

SILVEIRA, Ângelo Antônio. Comunidade ADM: Importância da implantação de uma estrutura de gerenciamento de projetos. Disponível

em<<http://www.administradores.com.br/artigos/carreira/importancia-da-implantacao-de-uma-estrutura-de-gerenciamento-de-projetos/47533/>>. 25/08/2010. Acesso em 05/10/2016.

SIMCSIK, Tibor. OSM: Organização sistemas e métodos. São Paulo: Futura, 2001.

SOUZA, Pâmela Thariele Silva de; TEIXEIRA, Márcia Cristina. Resistência à mudança como fator restritivo ao desenvolvimento organizacional – Estudo de caso em um laboratório de análises clínicas. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*, Ano 1. Vol. 8, 2016.

VERGARA, Sylvia Constant. *Projetos e relatórios de pesquisa em administração*. 12. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

Capítulo 5

A INFLUÊNCIA DAS FERRAMENTAS DA QUALIDADE NA PRODUÇÃO DE EMBALAGENS SECUNDÁRIAS

[DOI: 10.37423/200400630](https://doi.org/10.37423/200400630)

Erika Aline Polisel Fonseca - erika_polisel@hotmail.com

Joyce Aparecida de Freitas Pedro - joyce.ap.freitas@hotmail.com

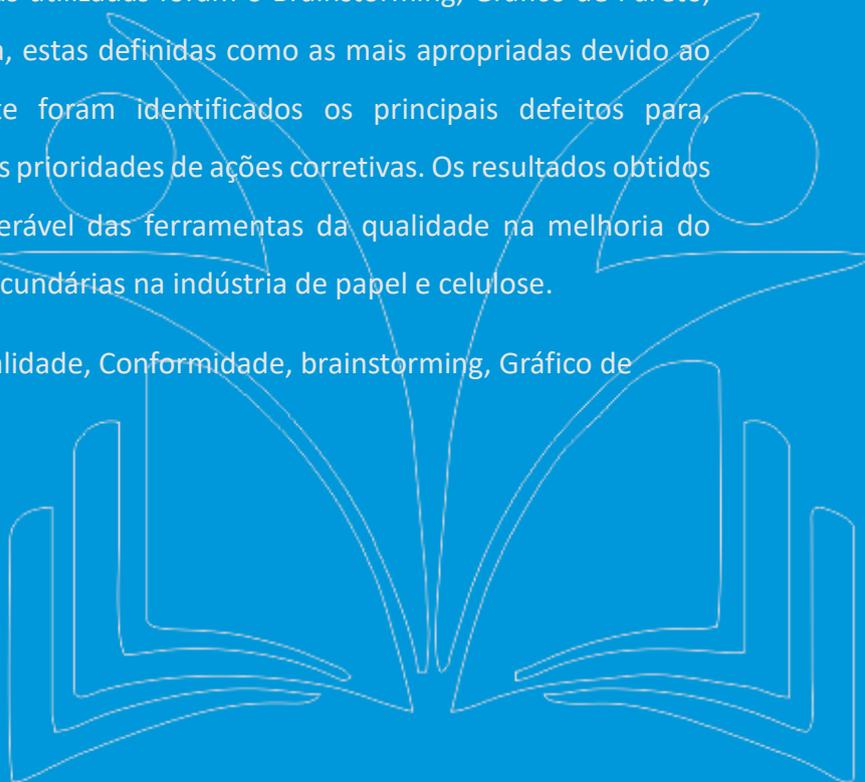
Roger Bezerra Dias da Silva - roger.estudante@outlook.com

Paulo César Pontara - pcperes@hotmail.com

Adriana Nasciutti - adriananasciutti@yahoo.com.br

Resumo: Este trabalho investigou como as ferramentas da qualidade influenciaram na melhoria da produção de embalagens secundárias, auxiliando na redução do índice de ocorrências de defeitos. As ferramentas utilizadas foram o Brainstorming, Gráfico de Pareto, Cinco Porquês e Diagrama de Ishikawa, estas definidas como as mais apropriadas devido ao cenário a aplicabilidade. Inicialmente foram identificados os principais defeitos para, posteriormente, serem estabelecidas as prioridades de ações corretivas. Os resultados obtidos demonstraram uma influência considerável das ferramentas da qualidade na melhoria do processo produtivo das embalagens secundárias na indústria de papel e celulose.

Palavras-chave: Ferramentas da Qualidade, Conformidade, brainstorming, Gráfico de Pareto, diagrama de Ishikawa.



1. INTRODUÇÃO

Nas várias definições para qualidade; os próprios gurus do assunto apresentam-se diferentemente. Para Juran (1999, apud Costa, 2013), qualidade significa adequação ao uso enquanto que, para Deming (2000, apud Costa, 2013), significa atender e, se possível, exceder as expectativas do consumidor.

O conceito de qualidade evoluiu no decorrer do último século. No início dos anos 1900 a qualidade era simplesmente analisada através de inspeção visual, em 1920, a qualidade passou a ser analisada com maior eficiência, com a fiscalização e padronização de produtos e serviços (CARVALHO, 2008). Na década de 1950 surgiu a primeira abordagem sistêmica de Armand Feigenbaum, denominada controle da qualidade total (Total Quality Control) TQC.

Em meados dos anos 80, com o programa seis sigmas da Motorola, surge a era da gestão da qualidade (CARVALHO, 2008). Alguns mestres da qualidade, como Ishikawa (1915-1989), demonstraram que as ferramentas da qualidade, tais como Diagrama Ishikawa e Gráfico de Pareto, são indispensáveis para o controle do processo produtivo das empresas.

Conforme a Associação Brasileira de Papelão Ondulado (2016), a embalagem de papel ondulado tem a função de conter o material para ser transportado, proteger para que o produto chegue intacto ao seu destino e no ramo de vendas, servindo como caixas expositoras. A tecnologia das embalagens está em constante evolução, portanto, a busca no aumento do desempenho da produção de embalagens justifica, efetivamente, como fator motivacional das empresas que buscam nos programas da qualidade, a conformidade, confiabilidade, satisfação do cliente e uniformidade nos produtos.

Na problemática deste trabalho destaca-se a vulnerabilidade no processo produtivo de embalagens, decorrente da ausência da utilização de ferramentas da qualidade, que estimulam variáveis que acarretam prejuízo e desvio de qualidade no processo. A expressão “variabilidade do processo” está relacionada às diferenças existentes das “não conformidades” entre as unidades produzidas. Se a variabilidade do processo é grande, as diferenças são passíveis de serem observadas; ao contrário, se a variabilidade for pequena, tais diferenças serão difíceis de observar (SILVA, 2013). Diante deste cenário, pergunta-se: Existe uma possível relação na melhoria do processo produtivo de embalagens secundárias utilizando-se das ferramentas da Qualidade?

Este trabalho investigou uma possível influência das ferramentas da qualidade, no caso o Diagrama de Ishikawa e Pareto especificamente, na produção de embalagens secundárias, corroborados pelas

ferramentas Brainstorming e Cinco porquês. A eficiência das ferramentas da qualidade foi mensurada através do uso de indicadores associados à produção.

Primeiramente foram coletados dados dos defeitos durante três meses e, posteriormente, foi realizada uma análise utilizando-se do gráfico de Pareto para ordenação. Utilizou-se então o Brainstorming, o Diagrama de Ishikawa e os Cinco Porquês para continuidade da investigação. Em seguida, ocorreu um período para adaptação e aplicação das medidas de melhoria. Após três meses, foram coletados os novos dados dos defeitos e aplicado o Diagrama de Pareto para reordenar os defeitos.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. GESTÃO DA QUALIDADE

Há diversas classificações para os diversos períodos ou eras da qualidade. Uma das classificações bastante aceita pela maioria dos especialistas é a formulada por Garvin (apud Marshall Junior et al, 2010, p.22), no qual as eras são definidas da seguinte forma: inspeção, controle estatístico da qualidade, garantia da qualidade e gestão estratégica da qualidade.

O sistema da qualidade estabelecido pela International Organization for Standardization (ISO), por exemplo, se destina às empresas interessadas em implementar um sistema de gestão da qualidade, seja por exigência de um ou mais clientes para demonstrar a sua capacidade de atender aos requisitos dos clientes de forma sistemática ou livre (CARPINETTI, 2011). Entende-se como gestão da qualidade, todas as atividades da função gerencial que determinam a política da Qualidade, os objetivos e as responsabilidades, que os implementam por meios tais como: planejamento da qualidade, garantia da qualidade e melhoria da qualidade dentro do sistema da qualidade (ISO 9000:2000).

2.2. FERRAMENTAS DA QUALIDADE

As ferramentas da qualidade, segundo Paladini e Carvalho (2012, p.353), “são ferramentas simples para selecionar, implantar ou avaliar alterações no processo produtivo por meio de análises objetivas [...] o objetivo das alterações é gerar melhorias”, com destaque às ferramentas: Brainstorming, Diagrama de Ishikawa, Cinco porquês e Diagrama de Pareto.

O Brainstorming (tempestade de ideias) é um processo onde um grupo de pessoas emitem ideias sobre determinado assunto de forma livre e criativa em um curto espaço de tempo. (MARSHALL JUNIOR et al, 2010).

O Diagrama de Ishikawa, também conhecido como Diagrama de causa e efeito, Diagrama espinha de peixe ou 6M, é utilizado para representar as possíveis causas que levam a determinado efeito (MARSHALL JUNIOR et al, 2010). Determinado o efeito (problema), as causas são agrupadas por categorias através de um brainstorming (tempestade de ideias).

Finalizado, analisa-se o diagrama e coletam-se dados para determinar a frequência com que as causas citadas ocorrem (PALADINI e CARVALHO, 2012).

A ferramenta Cinco porquês é uma técnica desenvolvida por Taiichi Ohno, pai do sistema Toyota de produção, e consiste em identificar a causa raiz de um problema questionando cinco vezes “por que”. Os porquês são questionados para garantir que a causa real seja tratada. Se o porquê fosse questionado apenas uma vez a causa real não seria identificada e o problema seria recorrente. (OHNO, 1997).

Desenvolvido por Vilfredo Pareto no século XIX, o Diagrama de Pareto é uma ferramenta representada a partir de um gráfico de barras (80% - 20%) utilizado para priorizar as causas ou problemas mais relevantes de um processo (MARSHALL JUNIOR et al, 2010).

2.3. PRODUTIVIDADE E QUALIDADE

Empresas eficientes no fornecimento de produtos e na prestação de serviços de alta qualidade aos seus clientes prosperam. Geralmente, estas empresas oferecem qualidade de nível mundial aos seus clientes com entregas e serviços imediatos. (TOYOTA, 2013). Existem fatos que indicam que as organizações têm dificuldades para assegurar a satisfação dos clientes e de outras partes interessadas, evidenciando a necessidade da implementação de um Sistema da Gestão da Qualidade (SGQ). (CERQUEIRA, 2010).

Os termos “valor produzido” e “valor consumido” podem ser substituídos por “qualidade” e “custos” respectivamente. Esta definição de produtividade torna clara a afirmação do Prof.

Deming de que a produtividade é aumentada pela melhoria da qualidade e que este fato era de domínio de uma seleta minoria (CAMPOS, 2014). A qualidade aumenta junto com a produtividade

quando as pessoas aprendem a identificar e eliminar perdas. Isso porque uma grande parte da eliminação das perdas consiste na prevenção dos defeitos. Produtos defeituosos implicam em uma perda grave de recursos humanos, equipamentos e materiais (TOYOTA, 2013).

3. TIPO DE PESQUISA E COLETA DE DADOS

O estudo foi do tipo descritivo explicativo juntando dados mensais dos maiores problemas que gerou retrabalho e refugo. O processo de fabricação foi analisado através de procedimentos e relatos de funcionários da empresa, em seguida aplicou-se o Diagrama de Pareto para conhecer os defeitos mais frequentes e aplicou-se o Brainstorming, Diagrama de Ishikawa e Cinco Porquês para encontrar a causa raiz do defeito de maior assiduidade. O estudo ocorreu em uma empresa multinacional do segmento de papel e celulose, em Paulínia, estado de São Paulo. Nesse processo, foram observadas as etapas de Onduladeira e Conversão (Impressoras), principais responsáveis pela geração de retrabalho e refugo em seus processos, nos quais serão apresentados a título de conhecimento.

Uma visita de campo permitiu conhecer a fábrica e compreender seus processos. Em seguida, reuniu-se três operadores das máquinas Onduladeira e Impressora para um brainstorming das possíveis causas dos principais problemas encontrados no período de monitoramento. Na sequência, aplicou-se os Diagramas de Pareto e Ishikawa e os Cinco Porquês, no mês de abril de 2016, seguido da proposta de um plano de ação conduzido pelo supervisor responsável da área, o que resultou no monitoramento posterior nos meses de maio, junho e julho de 2016.

A coleta dos dados foi feita por análise documental, através de planilhas no Excel, dos produtos retidos, controladas pela área de Controle de Qualidade (alimentada diariamente com fechamento mensal). Os dados foram obtidos nas inspeções realizadas pelo profissional da qualidade, nas pilhas de chapas identificadas com etiqueta próprias de identificação de produtos retidos, respeitando a norma interna da fábrica, separadas pelos operadores após o processo e/ou quando o cliente rejeitou e devolveu para a fábrica por constatar defeito.

4. RESULTADOS E ANÁLISES DA PESQUISA

4.1. COLETA DE DADOS DA 1ª FASE

Os dados coletados no período de janeiro a março de 2016 identificados como dados da 1ª Fase foram convertidos em tabelas e gráficos para facilitar a interpretação do grupo para o início do estudo de modo quantitativo. Os defeitos identificados no processo estão na 1ª coluna das tabelas.

As tabelas 1, 2 e 3 ilustram os valores coletados nos monitoramentos efetuados e organizados de forma alfabética dos defeitos com maior frequência e impacto na qualidade gerado pela área da Impressora e Onduladeira, referente às unidades de embalagens produzidas. O percentual de retrabalho e refugo é em função a quantidade do pedido.

Tabela 1 - Monitoramento Janeiro – 2016

JANEIRO							
Defeitos	Qtde Pedida (unidade)	Frequência	Qtde Retida (unidade)	Qde Refugada (unidade)	Qtde Retrabalho (unidade)	% Retrabalho	% Refugo
ABAULAMENTO	2.107.599	90	204.006	44.409	159.597	7,57%	2,11%
AMASSAMENTO DE ONDA	78.000	02	5.400	1.067	4.333	5,56%	1,37%
BOLHAS	146.560	06	13.300	1.560	11.740	8,01%	1,06%
CLICHÊ	10.000	01	510	510	00	0,00%	5,10%
DESCOLAMENTO DE CAPA	346.600	13	17.162	6.837	10.325	2,98%	1,97%
FORA DE ESQUADRO	247.000	06	17.556	3.854	13.702	5,55%	1,56%
IMPRESSÃO	212.550	11	11.448	11.448	00	0,00%	5,39%
VINCO	95.050	09	41.410	2.567	38.843	40,87%	2,70%
Total Geral	3.243.359	138	310.792	72.252	238.540	-	-

Fonte: Elaborada pelos autores

Na tabela 1, o abaulamento é o defeito com maior incidência. Nota-se que no mês de janeiro de 2016 obteve-se um pedido total de 3.243.359 unidades de chapas para embalagens, onde registrou-se 90 ocorrências de defeitos por abaulamento, referindo-se a 2.107.599 unidades de chapas, onde 204.006 unidades foram retidas para avaliação, resultando em 44.409 unidades refugadas e 159.597 unidades retrabalhadas. O volume dos defeitos restantes, presentes na tabela, ficaram praticamente insignificantes.

Tabela 2 – Monitoramento Fevereiro – 2016

FEVEREIRO							
Defeitos	Qtde Pedida (unidade)	Frequência	Qtde Retida (unidade)	Qtde Refugada (unidade)	Qtde Retrabalho (unidade)	% Retrabalho	% Refugo
ABAULAMENTO	1.998.288	89	184.344	59.099	125.245	6,27%	2,96%
AMASSAMENTO DE ONDA	24.000	02	1.200	400	800	3,33%	1,67%
BOLHAS	492.300	18	29.258	8.880	20.378	4,14%	1,80%
CLICHÊ	9.600	01	103	103	00	0,00%	1,07%
DESCOLAMENTO DE CAPA	198.140	15	22.957	6.797	16.160	8,16%	3,43%
FORA DE ESQUADRO	102.000	03	5.975	1.392	4.583	4,49%	1,36%
IMPRESSÃO	223.100	12	6.529	5.033	1.496	0,67%	2,26%
VINCO	204.300	06	23.750	3.230	20.520	10,04%	1,58%
Total Geral	3.251.728	146	274.116	84.934	189.182	-	-

Fonte: Elaborada pelos autores

Na tabela 2 (fevereiro de 2016), nota-se que o abaulamento continua com um número elevado de falhas. Com um pedido total de 3.251.728 unidades de chapas, obteve-se 89 ocorrências, referindo-se a 1.998.288 unidades, sendo 184.344 unidades retidas para avaliação, resultando em 59.099 unidades refugadas e 125.245 unidades retrabalhadas.

Tabela 3 - Monitoramento Março – 2016

MARÇO							
Defeitos	Qtde Pedida (unidade)	Frequência	Qtde Retida (unidade)	Qtde Refugada (unidade)	Qtde Retrabalho (unidade)	% Retrabalho	% Refugo
ABAULAMENTO	2.743.000	123	288.170	50.838	237.332	8,65%	1,85%
AMASSAMENTO DE ONDA	101.100	04	2.170	1.090	1.080	1,07%	1,08%
BOLHAS	535.250	22	63.000	12.994	50.006	9,34%	2,43%
CLICHÊ	00	00	00	00	00	0,00%	0,00%
DESCOLAMENTO DE CAPA	553.636	29	43.660	13.009	30.651	5,54%	2,35%
FORA DE ESQUADRO	116.800	03	6.400	1.126	5.274	4,52%	0,96%
IMPRESSÃO	261.300	13	124.000	6.602	117.398	44,93%	2,53%
VINCO	240.600	10	22.020	6.888	15.132	6,29%	2,86%
Total Geral	4.551.686	204	549.420	92.547	456.873	-	-

Fonte: Elaborada pelos autores

Na tabela 3 (março de 2016), novamente o abaulamento é identificado como o defeito de maior frequência, com um registro de 123 ocorrências referentes a 2.743.000 unidades de chapas, em um total de 4.551.686 unidades, onde 288.170 unidades foram retidas para avaliação, resultando em

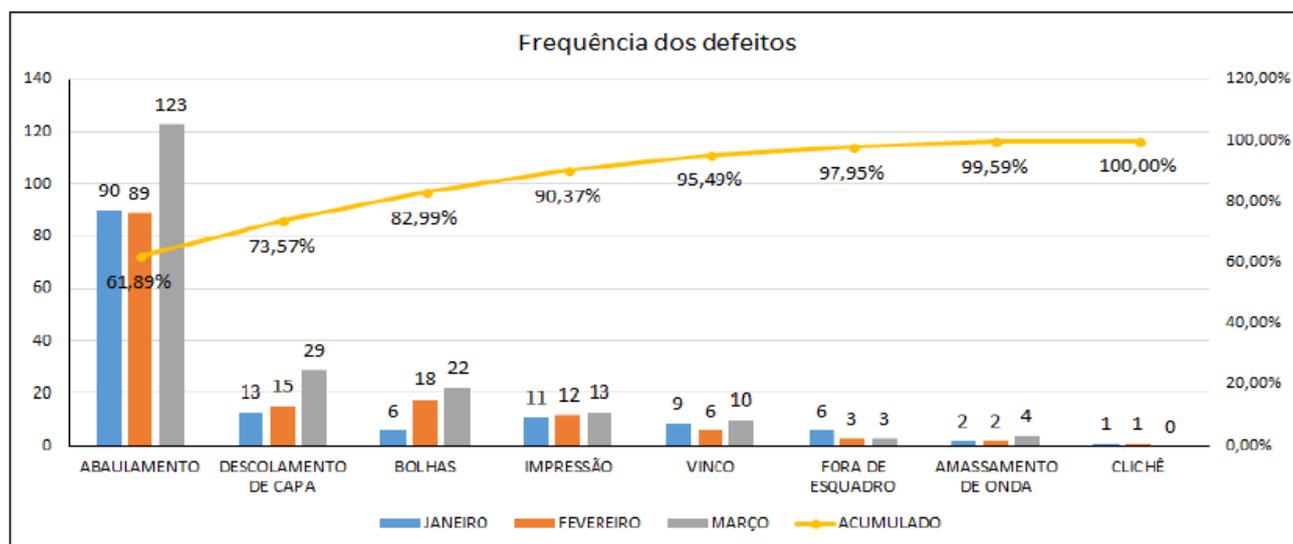
50.838 unidades refugadas e 237.332 unidades retrabalhadas, deixando os outros defeitos em standby para uma solução de melhoria.

4.2. DIAGRAMA DE PARETO DA 1ª FASE

Os dados foram analisados sob a técnica Diagrama de Pareto (Gráfico 1), usando como indicador a frequência da ocorrência dos defeitos gerados nos três meses de monitoramento.

O defeito com maior frequência foi o abaulamento, com 61,89% das ocorrências, seguido pelo descolamento de capa com 11,68% (acumulado em 73,57%). Os outros indicadores possuem um percentual baixo, tornando-os menos importantes nesse momento.

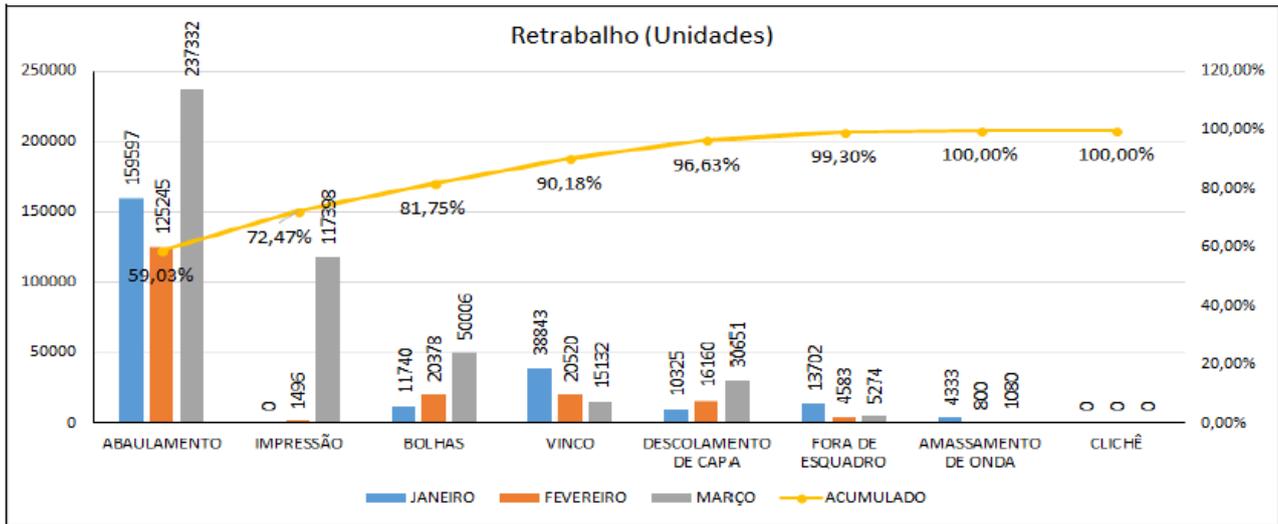
Gráfico 1 - Diagrama de Pareto primeira fase - Frequência.



Fonte: Elaborado pelos autores

Com os dados das tabelas 1, 2 e 3, aplicou-se também o gráfico de Pareto para os indicadores retrabalho (gráfico 2) e refugo (gráfico 3), gerados. Entende-se por “quantidade retida” o material separado para ser inspecionado e direcionado para retrabalho ou refugo. Foram somadas as unidades de embalagens retrabalhadas e refugadas dos três meses, 1ª Fase, destacando o defeito de maior impacto negativo referente ao indicador observado.

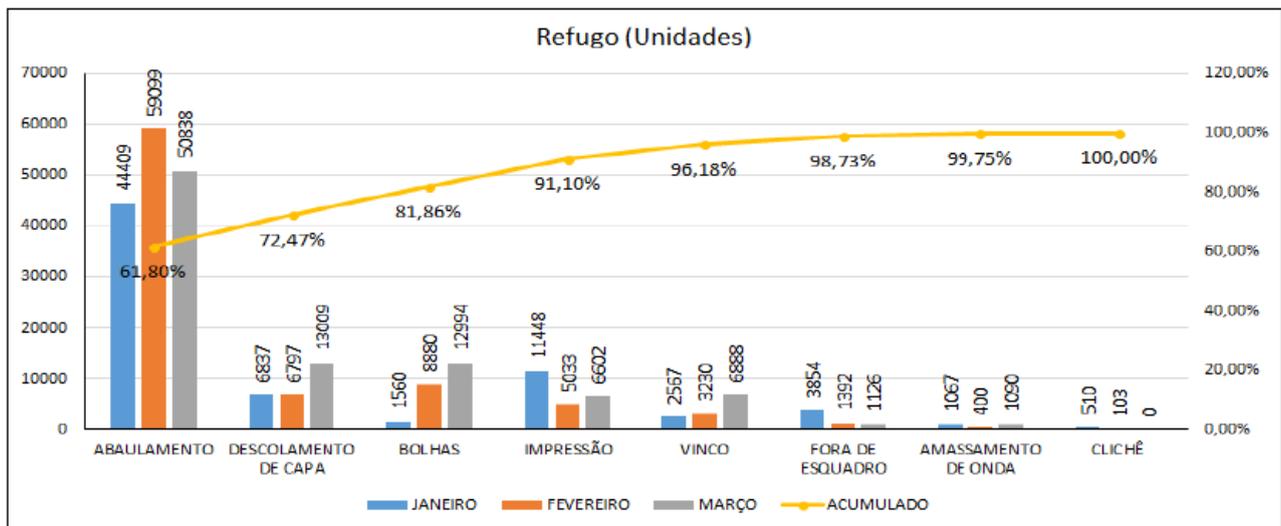
Gráfico 2 - Gráfico de Pareto primeira fase – Retrabalho



Fonte: Elaborado pelos autores

Nota-se no gráfico 2, o defeito abaulamento com 59,03% do retrabalho, já o restante dos defeitos, teve um percentual muito baixo, sendo que para o defeito por motivo de clichê foi zero, valores pequenos que podem ser desprezados temporariamente.

Gráfico 3 - Gráfico de Pareto – primeira fase – Refugo



Fonte: Elaborado pelos autores

Para o indicador refugo, conforme gráfico 3, percebe-se que 61,80% da causa foi decorrente ao abaulamento. Os outros defeitos obtiveram percentuais baixos para o quesito refugo, também insignificantes para usar tempo em estudo de melhorias, já que não apontam os maiores valores de deficiências no momento.

4.3. DIAGRAMA DE ISHIKAWA NA 1ª FASE

Baseado nos gráficos de Pareto 1ª Fase, o “Abaulamento” foi escolhido para o estudo devido a sua relevância. Aplicou-se o Brainstorming para iniciar o estudo com os funcionários da área geradora do defeito, sendo possível ter uma direção inicial para melhoria do processo. Na figura 1, pode-se observar hipóteses de causas que a falha ocorreria.

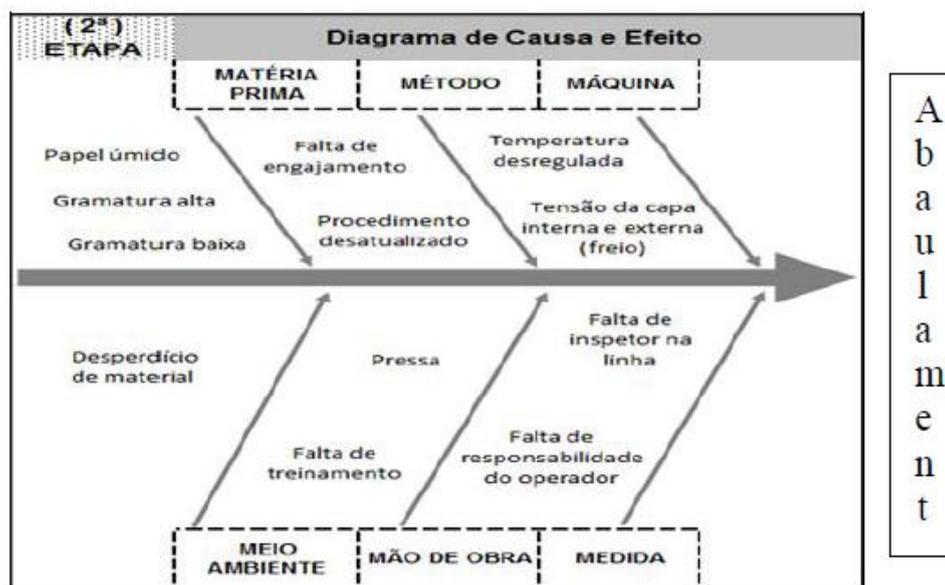
Figura 1 - Brainstorming Abaulamento

(1ª) ETAPA	Brainstorming (Abaulamento)
1-	Umidade do papel
2-	Temperatura desregulada
3-	Gramatura alta
4-	Gramatura baixa
5-	Tensão da capa externa
6-	Tensão da capa interna (freio)
7-	Falta de engajamento
8-	Procedimento desatualizado
9-	Desperdício de material
10-	Falta de treinamento
11-	Pressa
12-	Falha operacional
13-	Falta de controle de qualidade

Fonte: Elaborado pelos autores

Em seguida, com a ferramenta de Ishikawa identificou a causa do problema em questão, o abaulamento das chapas. Nota-se que muitas variáveis podem causar a não conformidade, pois tanto o homem quanto a máquina estão sujeitos a falhas. Na figura 2, observa-se as causas prováveis que resultaram a falha, mas ainda não com a certeza da causa raiz, logo, fez-se necessário a aplicação dos Cinco Porquês para chegar a uma resposta concreta.

Figura 2 - Diagrama de Ishikawa – Abaulamento



Fonte: Elaborado pelos autores

Na figura 3, a ferramenta dos Cinco Porquês evidenciou o motivo do problema (terceiro porquê), houve variações de temperatura e tensionamento, ou seja, se não estiver na temperatura e não possuir pressão nas escalas corretas, conforme o procedimento de produção de chapas, provavelmente ocorrerá o abaulamento (curvatura da chapa).

Figura 3 - Cinco Porquês – Abaulamento

5 Porquês				
1	→	Porque durante a fabricação das chapas na ondulateira as mesmas abaularam		
2	→	Houve variações de processo durante a fabricação		
3	→	Houve variações de temperatura e tensionamento		
4	→			
5	→			
Sempre perguntar-se do porque até o 5º Porquê.				
PLANEJAMENTO - PLANO DE AÇÃO DA ÁREA				GESTÃO QMA
	Ação		Prazo de Implantação	Data de Avaliação
	O que Fazer...?	Como Fazer		
05/04/2016	Reformulação dos SPI's	Revisão dos SPI's pela área Ondulateira, melhorando pontos de controle. Medição de temperatura dos papéis. Acompanhamento periódico, que interfere diretamente na planicidade das chapas através de medição de temperatura dos corrugados e pré aquecedores após paradas superiores a 5 horas.	15/04/2016	
Custo Implantação	Responsável	Cristiano	Responsável	Ronaldo

Fonte: Elaborado pelos autores

4.4. PLANO DE AÇÃO DECORRENTE DA 1ª FASE

A não conformidade foi gerada pela área Onduladeira, que planejou um plano de ação e aplicou-se no processo, autorizado pelo responsável da área. As mudanças ocorreram no mês de abril de 2016, documentou-se o plano proposto e assim alterou-se o cenário de não conformidades causadas por abaulamento. Decidiu-se em reunião com os profissionais influentes no processo e os líderes da área da Onduladeira, a reformulação dos procedimentos e um rápido treinamento de reciclagem para os colaboradores do setor, para padronização do trabalho. A máquina de chapas também foi um tópico discutido, no qual foi decidido que a área da Manutenção deveria fazer um monitoramento periódico melhorando pontos de controle, com medição de temperatura dos papéis e fazer a verificação de temperatura dos corrugados e pré aquecedores quando houver parada de máquina mais de 5 horas.

4.5. COLETA DOS DADOS DA 2ª FASE

Aplicado o plano de ação para o maior desvio do processo de embalagens, monitorou-se o desempenho dos meses de maio, junho e julho de 2016 (Tabelas 4, 5, e 6), identificado como 2ª Fase, com relação à frequência, retrabalho e refugo. Avaliou-se os principais defeitos através dos gráficos 1, 2 e 3, onde se obtiveram os seguintes valores no monitoramento nessa 2ª Fase:

Tabela 4 - Monitoramento Maio – 2016

MAIO							
Defeitos	Qtde Pedida (unidade)	Frequência	Qtde Retida (unidade)	Qtde Refugada (unidade)	Qtde Retrabalho (unidade)	% Retrabalho	% Refugo
ABAULAMENTO	6.748.350	40	53.164	29.192	23.972	0,36%	0,43%
AMASSAMENTO DE ONDA	72.000	01	800	60	740	1,03%	0,08%
BOLHAS	10.000	01	100	100	00	0,00%	1,00%
CLICHÊ	80.200	01	13.200	55	13.145	16,39%	0,07%
DESCOLAMENTO DE CAPA	94.000	05	11.260	6.900	4.360	4,64%	7,34%
FORA DE ESQUADRO	123.300	08	6.001	3.501	2.500	2,03%	2,84%
IMPRESSÃO	393.650	15	40.638	40.638	00	0,00%	10,32%
VINCO	157.900	05	30.120	1.831	28.289	17,92%	1,16%
Total Geral	7.679.400	76	155.283	82.277	73.006	-	-

Fonte: Elaborada pelos autores

Na tabela 4, monitoramento realizado em maio de 2016, o abaulamento é o defeito com a maior frequência de não conformidade, registrou-se 40 ocorrências em um pedido de 6.748.350 unidades

de chapas de um total de 7.679.400 unidades, onde foram retidas 53.164 unidades, sendo 29.192 unidades refugadas e 23.972 unidades retrabalhadas.

Tabela 5 - Monitoramento Junho – 2016

JUNHO							
Defeitos	Qtde Pedida (unidade)	Frequência	Qtde Retida (unidade)	Qtde Refugada (unidade)	Qtde Retrabalho (unidade)	% Retrabalho	% Refugo
ABAUAMENTO	325.680	20	35.495	10.020	25.475	7,82%	3,08%
AMASSAMENTO DE ONDA	00	00	00	00	00	0,00%	0,00%
BOLHAS	00	00	00	00	00	0,00%	0,00%
CLICHÊ	00	00	00	00	00	0,00%	0,00%
DESCOLAMENTO DE CAPA	50.400	04	2.250	1.890	360	0,71%	3,75%
FORA DE ESQUADRO	38.000	04	4.680	300	4.380	11,53%	0,79%
IMPRESSÃO	131.150	07	38.050	38.050	00	0,00%	29,01%
VINCO	21.800	02	600	300	300	1,38%	1,38%
Total Geral	567.030	37	81.075	50.560	30.515	-	-

Fonte: Elaborada pelos autores

Na tabela 5 (junho de 2016), nota-se que em um pedido totalizando 567.030 unidades de chapas para embalagens, registrou-se 20 ocorrências de desvios interferindo em um pedido de 325.680 unidades, onde 35.495 unidades foram retidas para avaliação, sendo 10.020 unidades refugadas e 25.475 unidades retrabalhadas.

Tabela 6 - Monitoramento Julho – 2016

JULHO							
Defeitos	Qtde Pedida (unidade)	Frequência	Qtde Retida (unidade)	Qtde Refugada (unidade)	Qtde Retrabalho (unidade)	% Retrabalho	% Refugo
ABAUAMENTO	2.106.160	09	18.051	7.651	10.400	0,49%	0,36%
AMASSAMENTO DE ONDA	44.200	01	6.900	00	6.900	15,61%	0,00%
BOLHAS	00	00	00	00	00	0,00%	0,00%
CLICHÊ	00	00	00	00	00	0,00%	0,00%
DESCOLAMENTO DE CAPA	796.050	04	11.580	2.700	8.880	1,12%	0,34%
FORA DE ESQUADRO	00	00	00	00	00	0,00%	0,00%
IMPRESSÃO	150.600	05	16.030	16.030	00	0,00%	10,64%
VINCO	00	00	00	00	00	0,00%	0,00%
Total Geral	3.097.010	19	52.561	26.381	26.180	-	-

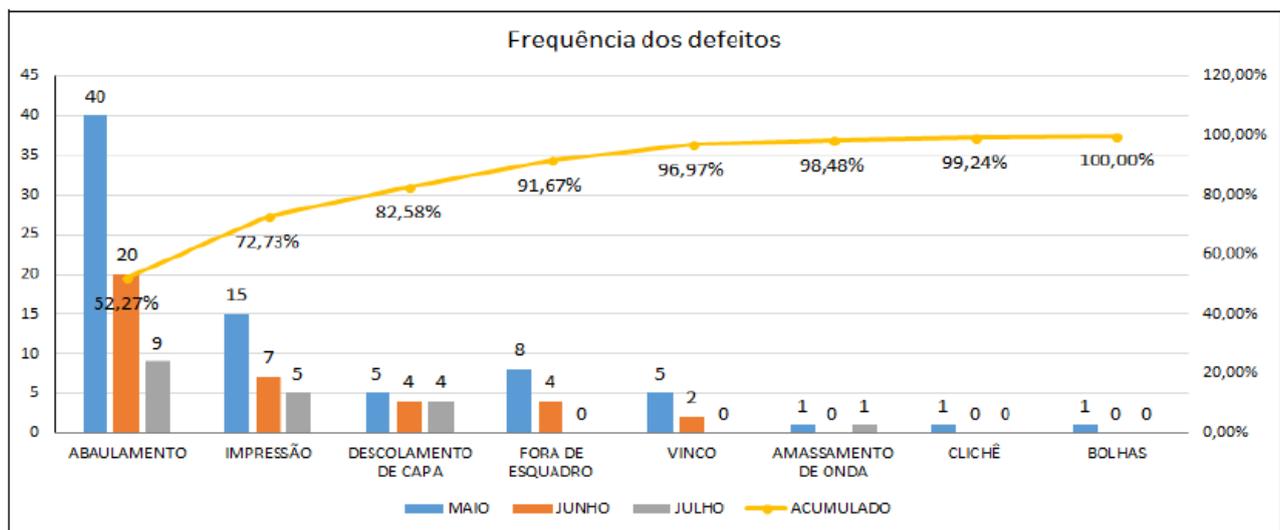
Fonte: Elaborada pelos autores

Na tabela 6 (julho de 2016), o pedido de 3.097.010 unidades apresentou 9 ocorrências de abaulamento referente a somatória de pedidos totalizando 2.106.160 unidades, onde 18.051 unidades foram retidas, sendo 7.651 unidades refugadas e 10.400 unidades retrabalhadas. Os demais defeitos continuaram com valores baixos de não conformidade.

4.6. DIAGRAMA DE PARETO DA 2ª FASE

Com os dados dos monitoramentos posteriores a aplicação das ferramentas de qualidade (2ª fase), aplicou-se o Gráfico de Pareto para análise dos resultados. O indicador “frequência” continuou sinalizando o “abaulamento” como principal defeito, no entanto, houve melhora significativa em relação à quantidade das frequências dos meses anteriores a aplicação das ferramentas. Onde anteriormente apresentava um índice de 61,89% (gráfico 1), passou para o índice de 52,27% (gráfico 4). Consequentemente, outros defeitos tiveram ocorrência quase nula, porém surgiu como a segunda maior não conformidade a “impressão”, como pode ser observado no gráfico 4.

Gráfico 4 – Gráfico de Pareto segunda fase – Frequência

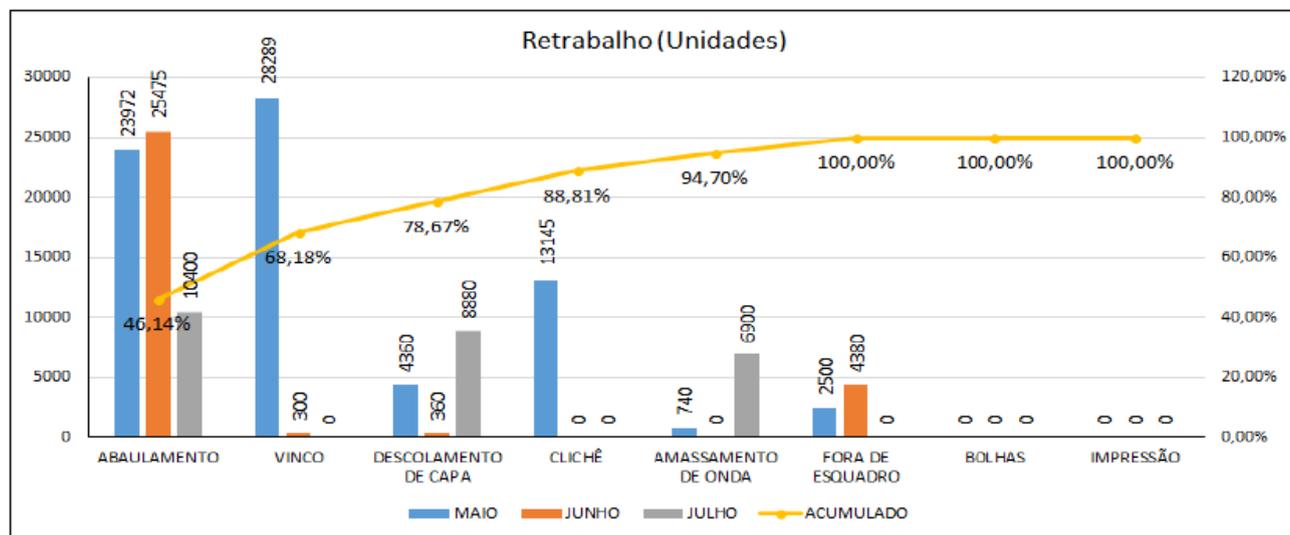


Fonte: Elaborado pelos autores

O gráfico de Pareto (gráfico 5) aplicado ao “retrabalho”, constatou que o abaulamento continuou sendo o defeito mais evidente com o percentual de 46,14% (gráfico 5), seguido pelo vinco, que apesar de apresentar um grande percentual de falhas, há grande possibilidade de ser retrabalhado, ao contrário de bolhas e impressão, que se houver danos, o material não pode ser recuperado, pois não

se consegue apagar a tinta do papel para fazer nova impressão e não se pode descolar a capa da chapa para tirar a bolha sem rasgar o material, certamente seria refugado.

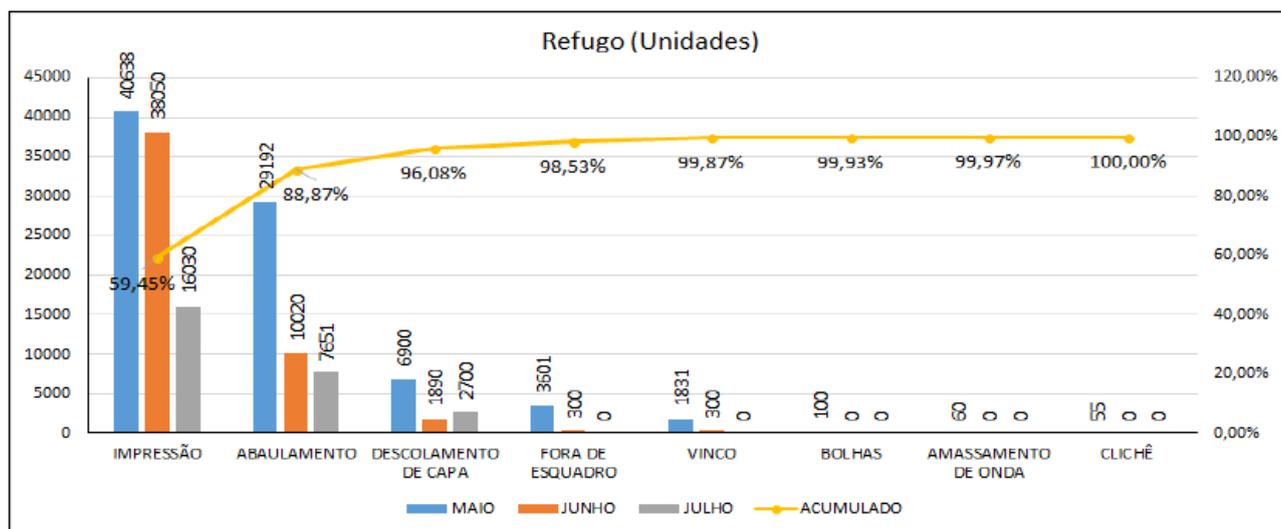
Gráfico 5 - Gráfico de Pareto segunda fase – Retrabalho



Fonte: Elaborado pelos autores

No gráfico de Pareto para a análise de refugo (gráfico 6) o defeito com maior volume de problemas é a “impressão” com 59,45%, diferente do gráfico 5, no qual os defeitos por impressão são raramente retrabalhados. Em seguida, o “abaulamento” é o segundo maior volume de defeito, seguido pelo descolamento de capa e fora de esquadro. Por fim, os problemas de “clichê”, “amassamento de onda” e “bolhas” tem os menores volumes, mas não isentos de serem refugados caso haja ocorrência.

Gráfico 6 - Gráfico de Pareto segunda fase – Refugo



Fonte: Elaborado pelos autores

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os gráficos de Pareto da 1ª fase indicaram que o defeito com maior assiduidade foi o “abaulamento”, mesmo desvio apontado no gráfico de retrabalho e refugo, embora este defeito possua uma quantidade superior de chapas retrabalhadas do que refugadas. Observe também que as demais não conformidades variaram no gráfico de Pareto dependendo do indicador a ser utilizado, pois possuem situações que as embalagens são possíveis de serem retrabalhadas, outras não.

Analisando os dados representados nos gráficos dos meses de monitoramento da 2ª fase, observou-se que para o defeito “abaulamento” houve queda significativa da frequência em relação aos meses sem tratativas de qualidade na produção, logo, diminuição de retrabalho e refugo para esse item estudado (tabela 7).

Visto que nos meses de janeiro, fevereiro e março totalizou-se um pedido de 11.046.773 unidades de chapas, cuja quantidade de unidades que ocorreu abaulamento representa 62,00% do pedido total, com uma frequência de 302 ocorrências, gerando 7,62% de retrabalho e 2,25% de refugo, conforme a análise horizontal da tabela 7. Baseando-se no pedido total, o abaulamento representou 4,73% de retrabalho e 1,40% de refugo, em contrapartida, com base no total de retrabalho e refugos, o abaulamento se destaca dos outros defeitos com 59,03% e 61,80% respectivamente.

Com a aplicação das ferramentas em abril/2016, os três meses seguintes monitorados resultou em uma quantidade de frequência inversamente proporcional aos meses iniciais do estudo, pois com um aumento do pedido para 11.343.440 unidades de chapas produzidas, a somatória dos pedidos com índice de abaulamento, representa 80,93% no qual gerou 69 ocorrências de “abaulamento”, com diminuição de retrabalho e refugo para 0,65% e 0,51% respectivamente, conforme revelado na análise horizontal da tabela 7.

Em consideração ao pedido total de maio, junho e julho, obteve-se uma redução significativa para os indicadores reduzindo a 0,53% de retrabalho e 0,41% de refugo. Com relação ao total de retrabalho e refugo, o abaulamento passou de 59,03% para 46,14% de retrabalho e de 61,89% para 29,43% de refugo.

Tabela 7 - Análise vertical e horizontal

Dados								
Defeito	Jan/Fev/Mar				Mai/Jun/Jul			
	Pedido	Frequência	Retrabalho	Refugo	Pedido	Frequência	Retrabalho	Refugo
Abaulamento	6.848.887	302	522.174	154.346	9.180.190	69	59.847	46.863
Total	11.046.773	488	884.595	249.733	11.343.440	132	129.701	159.218
Análise Vertical								
Defeito	Jan/Fev/Mar				Mai/Jun/Jul			
	Pedido	Frequência	Retrabalho	Refugo	Pedido	Frequência	Retrabalho	Refugo
Pedido	62,00%	-	4,73%	1,40%	80,93%	-	0,53%	0,41%
Frequência	-	61,89%	-	-	-	52,27%	-	-
Retrabalho	-	-	59,03%	-	-	-	46,14%	-
Refugo	-	-	-	61,80%	-	-	-	29,43%
Análise Horizontal								
Defeito	Jan/Fev/Mar				Mai/Jun/Jul			
	Pedido	Frequência	Retrabalho	Refugo	Pedido	Frequência	Retrabalho	Refugo
Pedido	-	-	7,62%	2,25%	-	-	0,65%	0,51%

Fonte: Elaborado pelos autores

Seguindo o objetivo de investigar uma possível influência das ferramentas da qualidade na produção de embalagens secundárias, com intuito na melhoria da conformidade do “abaulamento”, percebeu-se nestas ferramentas, um conjunto de fatores que influencia a melhoria da produção.

Com a aplicação do “Brainstorming”, gerou-se a possibilidade de identificar os problemas evidenciados, tendo sido o passo inicial para que todas as outras ferramentas pudessem contribuir com a mesma eficiência. O “diagrama Ishikawa” em seu desdobramento foi fundamental para que fosse feito um plano de ação através da avaliação dos “5 Porquês”. O “gráfico de Pareto” foi a ferramenta na qual foi possível visualizar o defeito mais evidente e estabelecer uma prioridade de ação.

Supondo que nos meses de maio, junho e julho as ferramentas da qualidade não tivessem sido aplicadas, o pedido de 9.180.190 unidades de chapa teria tido uma frequência de 405 ocorrências, os retrabalhos representariam 699.918 unidades e os refugos 206.884 unidades.

Comparados os resultados obtidos com a aplicação e não aplicação das ferramentas, sugere-se que houve uma redução de 83,00% em relação a frequência, 91,00% em retrabalho e 77,00% em refugo.

As ferramentas da qualidade propiciaram o conhecimento do processo em sua totalidade e dos seus principais defeitos durante o processo produtivo. A partir do momento em que se descobrem quais são as vulnerabilidades do produto, torna-se possível um plano de melhoria contínua com resultados relevantes. O uso correto das ferramentas auxiliou na otimização dos processos de produção da empresa e aumentou a sua qualidade e produtividade.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Deus, por nos proporcionar sabedoria e entusiasmo para realização desse artigo. À nossa família pelo apoio e paciência por nossa dedicação ao conhecimento. À Faculdade de Paulínia (FACP), pelo estímulo e reconhecimento do profissional da Engenharia de Produção!!

REFERÊNCIAS

ABPO – Associação Brasileira de Papelão Ondulado, 2016. Função do Papelão Ondulado. Disponível em:<http://www.abpo.org.br/?page_id=1158>. Acesso em: 05 abr. 2016.

CAMPOS, Vicente Falconi. TQC – Controle da Qualidade Total (no estilo japonês). Nova Lima – MG: Falconi, 2014.

CARPINETTI, Luiz César Ribeiro. Gestão da qualidade ISO 9001:2008: princípios e requisitos. São Paulo: Atlas, 2011.

CARVALHO, Marly Monteiro de. Qualidade. In: BATALHA, Mário Otávio. (org) Introdução à Engenharia de Produção. Coleção CAMPUS-ABEPRO. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

CERQUEIRA, Jorge Pedreira de. Sistemas de Gestão Integrados: ISSO 9001, NBR 16001, OHSAS 18001, AS 8000: Conceitos e aplicações. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2010

COSTA, Antônio Fernando Branco; EPPRECHT, Eugenio Kahn; CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. Controle estatístico de qualidade. São Paulo: Atlas, 2013.

MARSHALL JUNIOR, Isnard; CIERCO, Agliberto Alves; ROCHA, Alexandre Varanda; MOTA, Edmarson Bacelar; LEUSIN, Sérgio. Gestão da qualidade - Gestão empresarial (FGV Management) – 10 ed. – Rio de Janeiro: Editora FGV, 2010. 204 p.

OHNO, Taiichi. O Sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala, 1 ed. – Porto Alegre: Bookman, 1997.

PALADINI, Edson Pacheco; CARVALHO, Marly Monteiro de (coordenadores). Gestão da qualidade, 2. ed. – Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2012. (Série ABEPRO). p. 353.

SILVA, Orlando Roque da; VENANZI, Délvio. Gerenciamento da produção e operações. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

TOYOTA, Toyota Motor Corporation. Sistema Toyota de Produção. São Paulo: IMAM, 2013.

Capítulo 6

METODOLOGIA DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA, NA ANÁLISE DOS IMPACTOS AMBIENTAIS NO PROCESSO INDUSTRIAL DO PORCELANATO

[DOI: 10.37423/200400656](https://doi.org/10.37423/200400656)

Antonio Augusto Rodrigues Fiório - fiorioantonio.ar@gmail.com

Rayrra Borges Firme - rayrraborges@hotmail.com

Poline Fernandes Fialho - polinefialho@gmail.com

Resumo: Nesse estudo foi abordado a ferramenta da avaliação do ciclo de vida (ACV) na indústria do revestimento cerâmico porcelanato. Para tal entendimento, o artigo apresenta os conceitos necessários que engloba a ACV, explicando a metodologia baseada, conforme a NBR ISSO 14040, que consiste em quatro etapas. Para analisar os impactos causados pela produção do porcelanato foi importante conhecer as principais etapas do processo produtivo e seus insumos utilizados na produção, para assim conseguir quantificar os impactos ambientais causados pelo mesmo. Para realizar a avaliação dos impactos foi utilizado o software SimaPro faculty 8.4.0.0, mas também, o Ecoinvent, que é o banco de dados usado no programa, além do método de avaliação, IMPACT 2002+, que é um método que abrange categorias de impacto (midpoints) ligados a categorias de danos (endpoints). O estudo demonstrou as etapas que geram maiores prejuízos ambientais dentro do processo industrial do porcelanato, sendo elas as etapas da queima e atomização. Resultando a categoria de danos à saúde humana como a mais afetada, pelo processo, com 12,01 mPt.

Palavras-chave: análise de ciclo de vida, ACV, revestimento cerâmico, Porcelanatos, processo industrial.

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA

A indústria da construção civil tem uma grande influência sobre a economia de um país, e também exerce grandes impactos ambientais, portanto, qualquer alteração nas diversas fases do seu processo, poderá promover mudanças na eficiência ambiental, redução de gastos e aumento de incentivos em investimentos no setor (SOARES et al., 2006). Além disso, as escolhas dos materiais de construção representam um fator importante nesse mercado competitivo e que apresenta melhorias contínuas. Segundo Pereira (2004), dentre os vários produtos manufaturados, os que fazem parte dessa indústria, têm grande parte na responsabilidade na exploração dos recursos naturais e no lançamento de poluentes, onde, a análise das etapas da produção desses materiais adquire gradualmente mais relevância no contexto ambiental.

Segundo Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimentos, Louças Sanitárias e Congêneres - ANFACER (2016), o Brasil ocupa a segunda posição no mercado mundial de revestimento cerâmico em relação a produção e consumo. O total de vendas alcançaram 893,1 milhões de metros quadrados, sendo 816,3 milhões vendidos no mercado interno e 76,8 milhões exportados. Acrescenta-se ainda, que a produção brasileira faz a utilização de dois processos produtivos, 73,4% via seca e 26,6% via úmida, aderindo a melhor tecnologia disponível no mundo, conforme as normas internacionais de qualidade.

No entanto, é necessário conhecer os processos da produção para analisar possíveis melhorias ambientais para o setor da cerâmica de revestimento (OLIVEIRA; MAGANHA, 2006).

Conforme Becker Junior et al. (2013), com essa circunstância as empresas usufruem de ferramentas que possam avaliar os impactos ambientais das atividades produtivas, além de verificar alternativas mais adequadas ambientalmente. Entre as possibilidades, regulamentada pela série da NBR ISO 14040 (ABNT, 2006), a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), vem se tornando uma possibilidade efetiva.

1.2. OBJETIVO GERAL

Realizar uma análise dos impactos ambientais ocasionado pelo processo industrial do porcelanato, além de especificar e quantificar os efeitos que o mesmo causa ao meio ambiente, utilizando a metodologia ACV.

1.3. JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

O setor da construção civil é responsável por um alto consumo energético e vários danos ao meio ambiente. Entre eles, estão o consumo de matérias-primas, acumulação ou deposição inadequada de resíduos e gases de efeito estufa. Diante desse cenário, a melhoria dos indicadores do desenvolvimento sustentável vem chamando atenção (FEIZ et al., 2014). No entanto, para que haja implementações de ações, para preservar e melhorar a qualidade do meio ambiente natural e construído, é necessário que toda a cadeia produtiva associada na indústria da construção civil tenha uma conscientização da dimensão dos impactos possíveis, para então, tomar decisões de estratégias a fim de reduzi-los gradativamente (PEREIRA; SATTLER, 2006).

Para solucionar, ou melhorar a situação prejudicial relacionada aos materiais, é necessário analisar e posteriormente fazer uma avaliação dos materiais do setor da construção civil que prejudicam o meio ambiente. Nesse contexto, o material que será realizada a avaliação é o porcelanato, utilizado na construção civil para cobrir e dar acabamentos às superfícies lisas, em ambientes residenciais, comerciais e industriais, e em locais públicos. Segundo Evangelista et al. (2014), esse segmento contribui 56,8% no impacto ambiental promovido pela edificação. Conforme cita Benveniste et al. (2012), a fabricação é a fase que mais influência os parâmetros ambientais e que deveria ocorrer mais esforços para que pudesse ter uma diminuição nos impactos ambientais, pois é de alcance do produtor cerâmico.

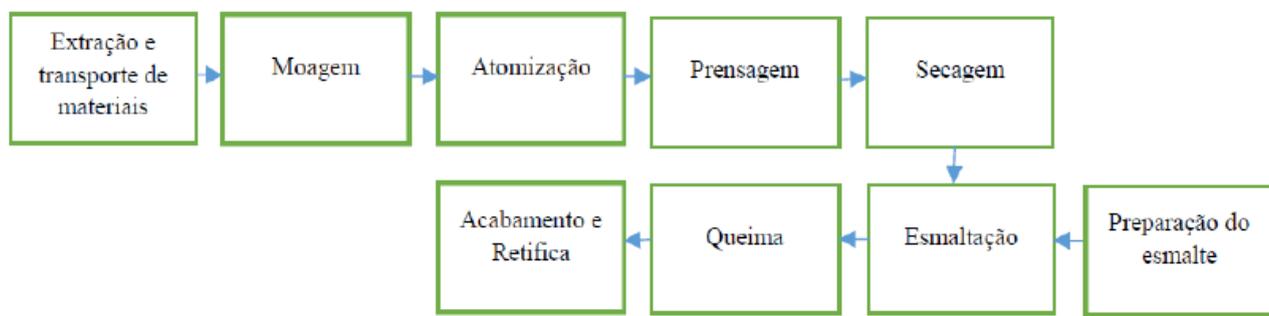
Para que haja mudanças nas indústrias, visando a sustentabilidade, vem sendo muito utilizado as ferramentas que possam ajudar a diagnosticar os impactos ambientais causados pelas atividades de cada fase dos processos produtivos, assim também trazendo alternativas ambientalmente adequadas. Com isso, a metodologia ACV foi a alternativa escolhida para o estudo, pois ela permite realizar o objetivo em questão. De acordo com Benveniste et al. (2012) esse recurso irá permitir uma análise dos impactos ambientais causados pelo processo de fabricação do porcelanato, além de especificar e quantificar os efeitos que o mesmo causa ao meio ambiente. A ACV segundo o Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia - IBICT (2006), ajuda no gerenciamento ambiental da indústria, coordenando os pontos relacionados ao sistema de fabricação, fazendo com que haja a melhora da percepção do processo de produção e facilitando o reconhecimento de prioridades para várias tomadas de decisões. A NBR ISO 14040 (ABNT, 2006) comenta que a ferramenta ACV ainda está em

processo inicial de desenvolvimento, pois é um método recente, além de algumas etapas como a avaliação de impacto, ainda estão em evolução.

2. PROCESSO INDUSTRIAL DO PORCELANATO

De acordo com a Associação Brasileira de Cerâmica - ABCERAM (2016), o Porcelanato são denominados como cerâmicas de revestimento compreendidos como materiais em formas de placas, utilizados na construção civil para revestir. Para o material em estudo as principais etapas avaliadas serão conforme a Figura 01.

Figura 01 - Fluxograma do processo produtivo do porcelanato



Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

3. AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA (ACV)

A ACV é definida como uma ferramenta que permite analisar os impactos ambientais causados por um determinado produto ou atividade. Além de possibilitar, especificar e quantificar os efeitos que o mesmo causa ao meio ambiente. Para que esse estudo seja feito é preciso realizar uma coleta de dados dos materiais, avaliar o consumo energético do esquema analisado e constatar as entradas e saídas até chegar nos aspectos ambientais, e assim conhecer sucessivamente os inúmeros impactos que podem acarretar (BENVENISTE et al., 2012). No entanto, a análise pode ser considerada em todas as etapas ou etapas isoladas, como citado por Soares et al. (2006). Além disso, o mesmo acrescenta, que essa ferramenta, facilita a localização de eventuais mudanças associadas às diferentes etapas do ciclo que resultem em melhorias no seu perfil ambiental, podendo realizar então, uma produção mais limpa.

Contudo, Coelho (2016) destaca, a necessidade de haver uma padronização metodológica e também a criação de critérios rigorosos que orientam as atuações dos estudos antes de serem publicados, devido as variedades das pesquisas e dos resultados apresentados pela execução da ACV. Para isso, iniciou a criação de instituições para sistematizar e padronizar os termos de critérios do estudo, a partir da elaboração de normas, como representadas na Tabela 01.

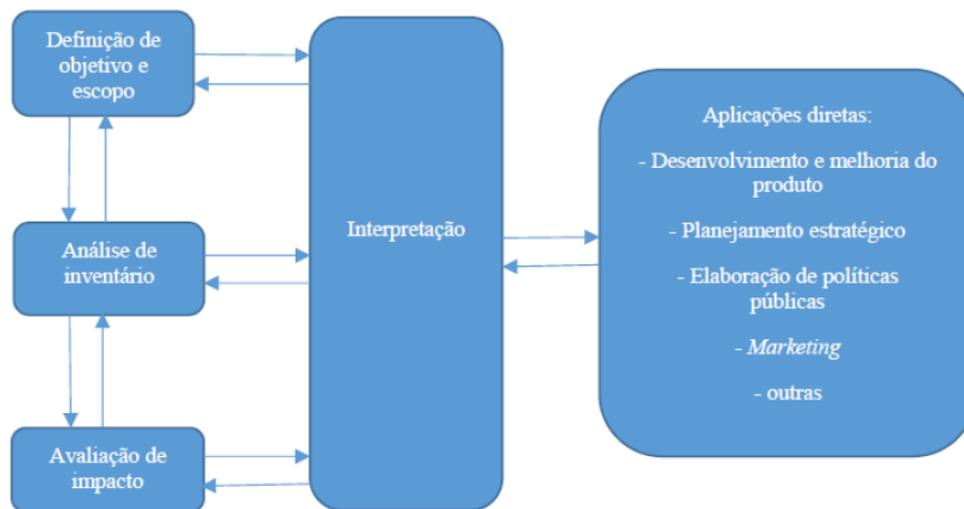
Tabela 01 - Série da norma ISO 14.040 e ISO 14.044

Nº da norma	Ano da publicação	Última atualização	Título da norma
ISO 14.040	1997	2006	Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura
ISO 14.041	1998	2006	Avaliação do ciclo de vida – Objetivos e escopo, definição e análise de inventários
ISO 14.042	2000	2006	Avaliação do ciclo de vida – Avaliação de impacto do ciclo de vida
ISO 14.043	2000	2006	Avaliação do ciclo de vida – Interpretação do ciclo de vida
ISO 14.044	2006	2006	Avaliação do ciclo de vida – Requerimento e diretrizes

Fonte: Adaptado de Coelho (2016)

A metodologia de ACV deve ser baseado conforme a NBR ISO 14040 (ABNT, 2006), consistindo em quatro etapas de análise, como representado na Figura 02.

Figura 02 - Fases de uma ACV



Fonte: Adaptado da NBR ISO 14040 (ABNT, 2006)

A definição do objetivo e escopo, como descreve a NBR ISO 14040 (ABNT, 2006), é a primeira etapa da metodologia apresentada na Figura 02, definindo o que será estudado, até aonde se pretende chegar com esse estudo, além de determinar a unidade funcional. A norma acrescenta ainda que, a segunda fase, é a criação e análise do inventário do ciclo de vida (ICV), onde é realizado a coleta de dados, averiguando todo o processo ocorrido em todo o seu ciclo de vida de acordo com o escopo, quantificando os fluxos de entradas (inputs) e saídas (outputs).

Entretanto, Coelho (2016) afirma, que a utilização de bancos de dados de inventários de ciclo de vida se tornam uma opção mais modelada, onde os dados de inventário de vários processos produtivos particulares de um país ficam armazenados, como mencionado na Tabela 02, onde fornece 5 bancos de dados internacionais.

Tabela 02 - 5 bancos de dados utilizados internacionalmente

Banco de dados	País de Origem	Desenvolvedor
GaBi	Alemanha	PE internacional
Ecoinvent	Suíça	Centro de inventário de ciclo de vida da Suíça
IBO	Áustria	Instituto Austríaco de Construção Ecológica
CFP	Japão	Associação das Indústria do Japão
Synergia	Finlândia	Instituto Finlandês do Meio Ambiente

Fonte: Adaptado de Coelho (2016)

Já na avaliação de impacto do ciclo de vida (AICV), a NBR ISO 14042 (ABNT, 2006) descreve que o objetivo dessa fase é compreender e avaliar os impactos ambientais com base na análise do inventário, no escopo e nas razões para conduzir o estudo, caracterizando os impactos de acordo com a sua natureza.

Desse modo, essa avaliação é dividida em duas abordagens, sendo a primeira chamada de categoria de impacto (midpoint), onde o procedimento se limita a modelagem quantitativa, no que se refere a causa e efeito. Já a segunda categoria, a de danos (endpoint), o procedimento se refere propriamente dito ao dano, sendo esse o resultado final (SAADE et al., 2014).

Contudo, Saade et al. (2014) também comenta, que a frequência da utilização de métodos de avaliação de impacto é bem elevada, pois o mesmo realiza a interpretação dos dados numéricos do inventário em resultados ambientalmente relevantes. Esses dados contemplam informações ambientais sobre inúmeras substâncias e recursos, e realizam as etapas da avaliação de impactos utilizando fatores previamente definidos. Com isso, os principais métodos de AICV são citadas na Tabela 03.

Tabela 03 - Principais métodos de AICV

Métodos	Abordagem	País de origem
CML 2002	<i>Endpoint</i>	Holanda
Eco-indicator 99	<i>Endpoint</i>	Holanda
EDIP97 – EDIP2003	<i>Midpoint</i>	Dinamarca
EPS 2000	<i>Endpoint</i>	Suécia
Impact 2002+	<i>Midpoint / Endpoint</i>	Suíça
LIME	<i>Midpoint / Endpoint</i>	Japão
LUCAS	<i>Midpoint</i>	Canadá
ReCiPe	<i>Midpoint / Endpoint</i>	Países Baixos
Swiss Ecoscarcity 07	<i>Midpoint</i>	Suíça
TRACI	<i>Midpoint</i>	Estados Unidos
MEEuP	<i>Midpoint</i>	Holanda

Fonte: Adaptado de Coelho (2016)

Na última etapa, a NBR ISO 14043 (ABNT, 2006) comenta que a interpretação dos resultados, trata-se da análise do que foi definido nas etapas anteriores, identificando, qualificando e avaliando os resultados obtidos da Avaliação de Impacto do Ciclo de vida (AICV), para que assim possa apontar melhorias com as conclusões tiradas, a fim de alcançar o objetivo em estudo.

4. USO DE SOFTWARES PARA ACV

É essencial a utilização de software, justamente pela grande quantidade de dados fundamentais para proceder com o estudo de ACV, pois o software faz com que o estudo seja mais eficiente, sabendo-se que o banco de dados de inventários e metodologias de análise de impacto é integrado com o programa (BRIBIÁN et al., 2009). Recentemente a uma grande quantidade de software de ACV, como demonstrado na Tabela 04.

Tabela 04 - Exemplos de Software de ACV

<i>Softwares de ACV</i>	<i>País de origem</i>
Boustead	Reino Unido
Eco-it	Holanda
Ecopro	Holanda
Ecoscan	Holanda
KCL Eco	Finlândia
Gabi	Alemanha
LCAit	Suécia
Miet	Holanda
Pems	Estados Unidos
SimaPro	Holanda
Team	França
Wisard	França
Umberto	Alemanha
LCA PIX	Estados Unidos

Fonte: Adaptado de Bribián et al. (2009)

5. METODOLOGIA

A pesquisa em questão apresenta-se como uma pesquisa quantitativa. Dessa forma o primeiro passo dado para esse estudo, foi a definição do objetivo e escopo da ACV, para posteriormente definir a unidade funcional. O mesmo delimita-se na avaliação dos impactos ambientais causado pelo processo industrial, ou seja, da extração e transporte da matéria-prima até o polimento e retífica do revestimento cerâmico porcelanato, sendo a unidade funcional adotada de 1m².

A partir disso, foi realizada visita técnica em uma empresa da Grande Vitória – ES, relacionada à produção de cerâmica de revestimento, para vincular o conhecimento teórico ao prático e proporcionar uma formação mais ampla associada ao processo de produção.

Posteriormente, foi realizada uma coleta e seleção dos artigos em estudo, como mostrado na Tabela 05, onde o critério para essa seleção foi a disponibilidade e a qualidade dos dados.

Com base nisso, foi realizada uma média dos valores dos insumos encontrados na literatura referente a cada etapa do processo industrial do porcelanato, definindo os dados de input (entradas) e outputs (saídas), e assim iniciar a elaboração do ICV (Inventário do Ciclo de Vida). Após a coleta dos dados, os mesmos foram empregados no software.

Foi adotado o software SimaPro faculty 8.4.0.0, pois conforme Campos (2012) o SimaPro é uma ferramenta que proporciona uma análise e monitoramento de performance ambiental de produtos e serviços. Podendo analisar de acordo com as recomendações da NBR ISO 14040 (ABNT, 2006) de forma organizada e clara, os ciclos de vida complexos. Com auxílio desse programa e com a suas bases de dados, foi possível determinar alguns dados de outputs (saídas), não encontrados na literatura, e também os dados de impactos e danos, pois possuem variados processos e principais métodos de avaliação de impacto.

Tabela 05 - Artigos para obtenção dos dados para o inventário

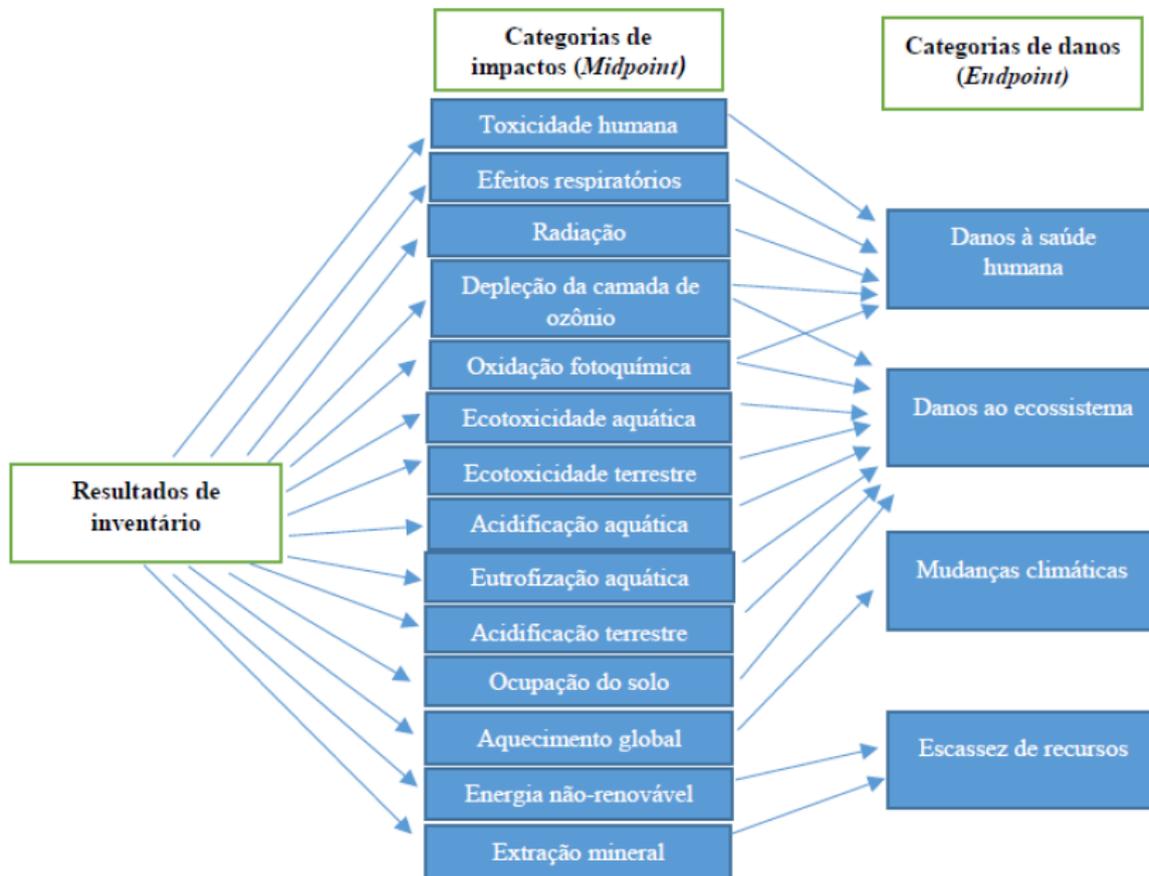
Artigos	Autores
A avaliação do ciclo de vida no contexto da construção civil	SOUZA et al. (2004)
Análise ambiental do processo produtivo de pisos cerâmicos. Aplicação de avaliação do ciclo de vida	PEREIRA (2004)
Identificação de oportunidade de melhoria de desempenho ambiental em processo de produção de materiais cerâmicos via aplicação da técnica de avaliação de ciclo de vida (ACV)	HANSEN et al. (2010)
Inventário da produção de pisos e tijolos cerâmicos no contexto da análise do ciclo de vida	SOARES e PEREIRA (2004)

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

O banco de dados que foi utilizado no programa é o Ecoinvent, conforme diz Coelho (2016), contém uma base de dados mais aplicada para ACV, e também possibilita ajustes para casos excepcionais. Já o método de avaliação dos impactos, foi utilizado o IMPACT 2002+, que é um método que abrange categorias de impacto (midpoints) ligados a categorias de danos (endpoints) (JOLLIET et al., 2013),

como representado na Figura 03. Vale ressaltar que a categoria toxicidade humana se divide em duas etapas: efeitos cancerígenos e não cancerígenos.

Figura 03 - Esquema geral do IMPACT 2002+



Fonte: Adaptado de Jolliet et al. (2013)

Após realizar as três primeiras fases da ACV descritas pela NBR ISO 14040 (ABNT, 2006), foi realizado a interpretação que consiste na avaliação dos resultados obtidos em relação a análise dos impactos causados pelo processo industrial do porcelanato.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 06 apresenta o ICV, abordando os dados de entrada e saída do processo industrial do revestimento cerâmico porcelanato, montado conforme abordado na metodologia. A partir desse inventário, assim como o auxílio do software, alcançou-se os resultados apresentados na Tabela 07 e Tabela 08, permitindo a elaboração dos gráficos retratados na Figura 04 e Figura 05. Além disso,

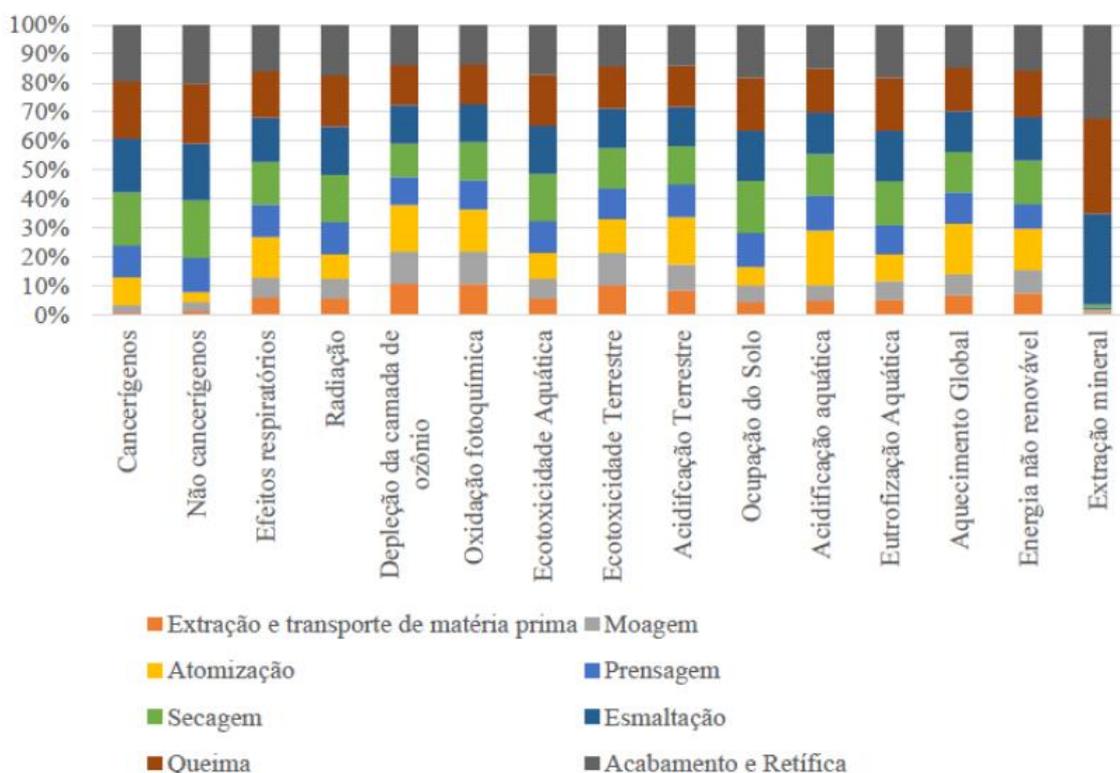
apresenta-se os resultados em pontuação única (mPt), ou seja, o impacto de uma pessoa no leste europeu, como mostrado na Tabela 09 e reproduzido na Figura 06.

Tabela 06 - Dados de entrada e saída do processo

	Insumo	Quantidade / m ²
ENTRADA	Óleo diesel	0,492 L
	Argila	32,258 Kg
	Defloculante	0,160 Kg
	Água	18,27 L
	Carvão mineral	3 kg = 96,7 MJ
	Energia Elétrica	5,5 KWh
	Gás de combustão	1,96 Kg
	Esmalte	27,52 Kg
SAIDA	Substâncias	Quantidade / m ²
	Resíduos	1,5 Kg
	Gases para a atmosfera	5,314 Kg
	Perda	0,8526 Kg
	Vapor D'água	1,75 L

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Figura 04 - Gráfico comparativo em porcentagem que cada etapa do processo contribui em cada categoria de impactos



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Tabela 07 - Dados da categoria de impactos

Categorias de impactos	Unidade	Total	Extração e transporte de matéria prima	Moagem	Atomização	Prensagem	Secagem	Esmaltação	Queima	Acabamento e Retífica
Cancerígenos	kg C2H3Cl eq	1.8860434	0,01117926	0,049871947	0,17991862	0,20759961	0,34783577	0,3506218	0,37308048	0,3659359
Não cancerígenos	kg C2H3Cl eq	7,476626	0,073592988	0,23714481	0,26046184	0,89320258	1,4860176	1,4562179	1,5498146	1,5201736
Efeitos respiratórios	kg PM2.5 eq	0,084013166	0,004924194	0,005698764	0,011801942	0,009485638	0,012308089	0,01285391	0,013604908	0,013335722
Radiação	Bq C-14 eq	535,96081	28,949817	36,963762	45,222749	59,221911	88,313384	89,365938	94,882549	93,040704
Depleção da camada de ozônio	kg CFC-11 eq	7,37E-06	7,78E-07	8,21E-07	1,20E-06	6,98E-07	8,57E-07	9,76E-07	1,03E-06	1,01E-06
Oxidação fotoquímica	kg C2H4 eq	0,019369841	0,002024869	0,002169248	0,002839938	0,001977715	0,002504411	0,002537436	0,002684729	0,002631494
Ecotoxicidade Aquática	kg TEG water	5298,2953	286,65066	365,13815	475,78446	581,1511	866,07229	877,75789	931,91699	913,82372
Ecotoxicidade Terrestre	kg TEG soil	3284,2279	334,24309	362,7124	383,92811	350,44553	454,18981	451,6973	478,22848	468,78315
Acidificação Terrestre	kg SO2 eq	1,5326146	0,12747862	0,1360607	0,25264251	0,17235831	0,20382147	0,20710322	0,21876544	0,21438432
Ocupação do Solo	m2org.arable	4,065996	0,170735	0,24217674	0,25715089	0,47420802	0,73339656	0,70463622	0,74906105	0,73463149
Acidificação aquática	kg SO2 eq	0,4328999	0,020638188	0,023123983	0,081881937	0,052575663	0,061696478	0,062432333	0,065936587	0,064614732
Eutrofização Aquática	kg PO4 P-lim	0,006619048	0,000336202	0,000426162	0,000611591	0,000671587	0,000998171	0,001153298	0,001222979	0,001199058
Aquecimento Global	kg CO2 eq	60,84813	3,9867011	4,4946159	10,614024	6,6094204	8,461314	8,6193624	9,1216643	8,9410282
Energia não renovável	MJ primary	891,76811	65,085336	72,041539	127,65555	75,633195	133,89077	134,93255	142,68409	139,84508
Extração mineral	MJ surplus	1,0527477	0,004864958	0,005743762	0,007129118	0,007601084	0,01079438	0,32982138	0,34695721	0,33983581

Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

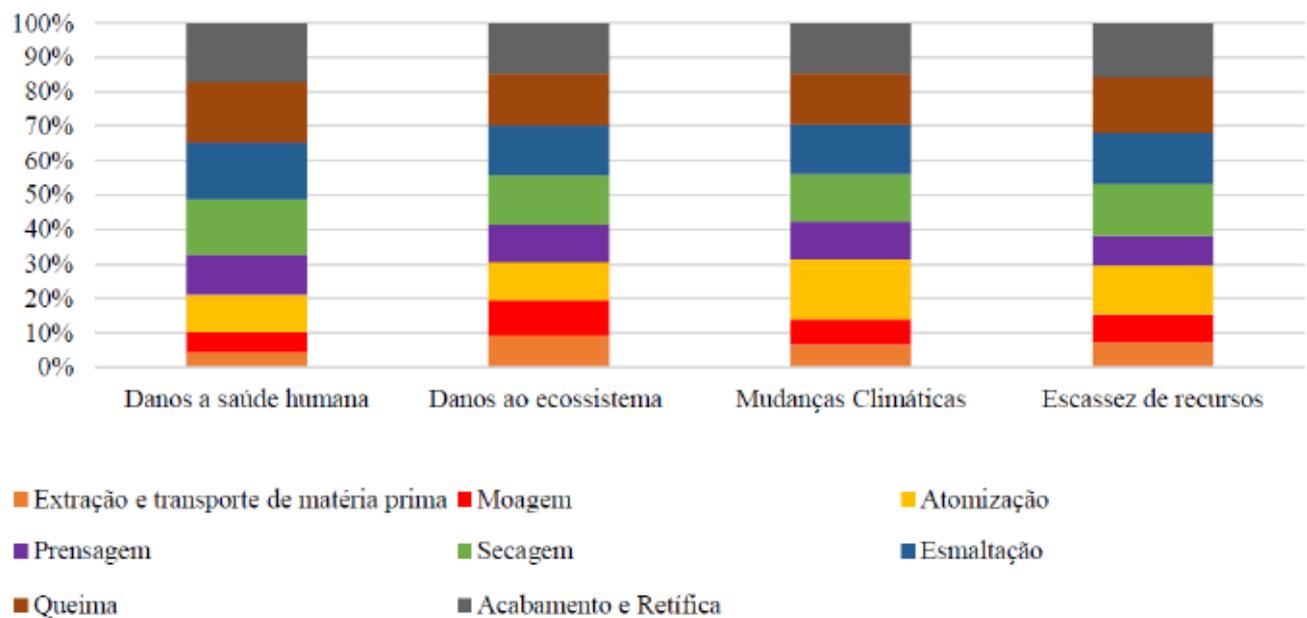
Tabela 08 - Dados da categoria de danos

Categorias de danos	Unidade	Total	Extração e transporte de matéria prima	Moagem	Atomização	Prensagem	Secagem	Esmaltação	Queima	Acabamento e Retífica
Danos à saúde humana	DALY	8,52E-05	3,70E-06	4,81E-06	9,51E-06	9,74E-06	1,38E-05	1,41E-05	1,49E-05	1,46E-05
Danos ao ecossistema	PDF*m2*yr	32,270072	2,9769317	3,2928608	3,6037984	3,4973373	4,6474948	4,6004299	4,8735621	4,7776567
Mudanças Climáticas	kg CO2 eq	60,84813	3,9867011	4,4946159	10,614024	6,6094204	8,461314	8,6193624	9,1216643	8,9410282
Escassez de recursos	MJ primary	892,82086	65,090201	72,047283	127,66268	75,640796	133,90156	135,26237	143,03104	140,18492

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Ao realizar a análise da Tabela 07, pode-se constatar que nas categorias de impacto toxicidade humana, efeitos respiratórios, radiação, ecotoxicidade aquática e terrestre, ocupação do solo, eutrofização aquática, energia não renovável e extração mineral, são mais significativos na etapa da queima. Sendo que na extração mineral, observa-se pelo gráfico da Figura 04, que a porcentagem dessa etapa é a mais relevante, variando de 34% - 65%. Além disso, nas categorias de depleção da camada de ozônio, oxidação fotoquímica, acidificação aquática e aquecimento global, são mais intensos na etapa de atomização. Sendo que na acidificação aquática é a mais expressiva, variando de 9% - 29%.

Figura 05 - Gráfico comparativo em porcentagem que cada etapa do processo contribui em cada categoria de danos



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Analisando o gráfico da Figura 05 é possível observar que a etapa da queima é a mais prejudicial às categorias de danos à saúde humana, ecossistema, e a escassez de recursos humanos. A saúde humana é a mais prejudicada, variando de 65% - 83%, como mostrado na Tabela 08, onde ela representa 1,49E-05 DALY (anos de vida ajustados por deficiência).

Inclusive, Lora apud Pereira (2004) diz que há poluentes que quando entram em contato diretamente, principalmente contínuo, causam graves prejuízos à saúde humana, com isso gases como SO₂ e NO₂ em particular no sistema respiratório apresentam um grande potencial de impacto.

É possível verificar pelo gráfico da Figura 05 que o maior impacto referente a mudanças climáticas é decorrente pela fase de atomização, como descrito na Tabela 08, com 10,614024 kg CO₂ eq. Essa categoria de danos é diretamente relacionada a categoria do impacto aquecimento global. Assim como diz Pereira (2006), a mesma está ligada a emissão de gases na atmosfera, principalmente ao CO₂, com isso, acarretam elevações de temperaturas, causando derretimento das calotas polares e aumento do nível do mar, e também problemas de saúde de cunho respiratório. Acrescenta-se ainda que a indústria cerâmica, consome elevada energia térmica, e a parte causadora pela grande parcela de CO₂ disposto na atmosfera é devido a queima de combustíveis.

Analisando as 15 categorias de impacto e as 4 categorias de danos, dentro das etapas do processo de fabricação do porcelanato, as duas etapas que mais causam prejuízos ambientais são as etapas da queima e da atomização, sendo que na fase da queima o principal insumo utilizado é o gás natural e na fase da atomização é o carvão mineral. Algumas formas de reduzir esses impactos podem ser aplicadas, em relação a etapa da queima, conforme Oliveira e Maganha (2006) podendo ser apontado a instalação de algum detector para verificar o vazamento de gás, para uma redução do combustível e energia, realizar o monitoramento da pressão na câmara de queima (excesso de ar), citando também o controle de gases poluentes, com a introdução de filtros adsorventes nas chaminés, além de melhorar o processo de queima e diminuir o consumo de energia, realizando a redução ou até mesmo a eliminação de lugares com infiltração.

Para a etapa de atomização Oliveira e Maganha (2006) apresenta como sugestão para a redução do consumo de energia o isolamento térmico dos dutos e corpo do atomizador, assim como instalar ciclones ligados ao atomizador para absorção e recuperação de material particulado para o processo. Além disso alguns controles podem ser feitos como controle de temperatura e depressão no corpo do atomizador e da pulverização da barbotina.

Realizando esses procedimentos nas duas fases citadas acima, como comenta Darós (2013) vai ocorrer benefícios como a redução de desperdício de vários insumos utilizados na produção como a energia elétrica, matéria prima, gás natural e o carvão mineral utilizado para a atomização da barbotina.

Tabela 09 - Dados em pontuação única da categoria de dano, para cada parte do processo

Categoria de danos	Unidade	Extração e transporte de matéria prima	Moagem	Atomização	Prensagem
Danos à saúde humana	mPt	0,5210665	0,67764975	1,3410831	1,3732801
Danos ao ecossistema	mPt	0,21731601	0,24037884	0,26307729	0,25530563
Mudanças Climáticas	mPt	0,40265681	0,4539562	1,0720164	0,66755146
Escassez de recursos	mPt	0,42829352	0,47407112	0,84002046	0,49771644
Categoria de danos	Unidade	Secagem	Esmaltação	Queima	Acabamento e Retifica
Danos à saúde humana	mPt	1,9423076	1,9855739	2,1057319	2,0645667
Danos ao ecossistema	mPt	0,33926712	0,33583138	0,35577004	0,34876894
Mudanças Climáticas	mPt	0,85459271	0,8705556	0,92128809	0,90304385
Escassez de recursos	mPt	0,88107228	0,89002639	0,94114428	0,92241675

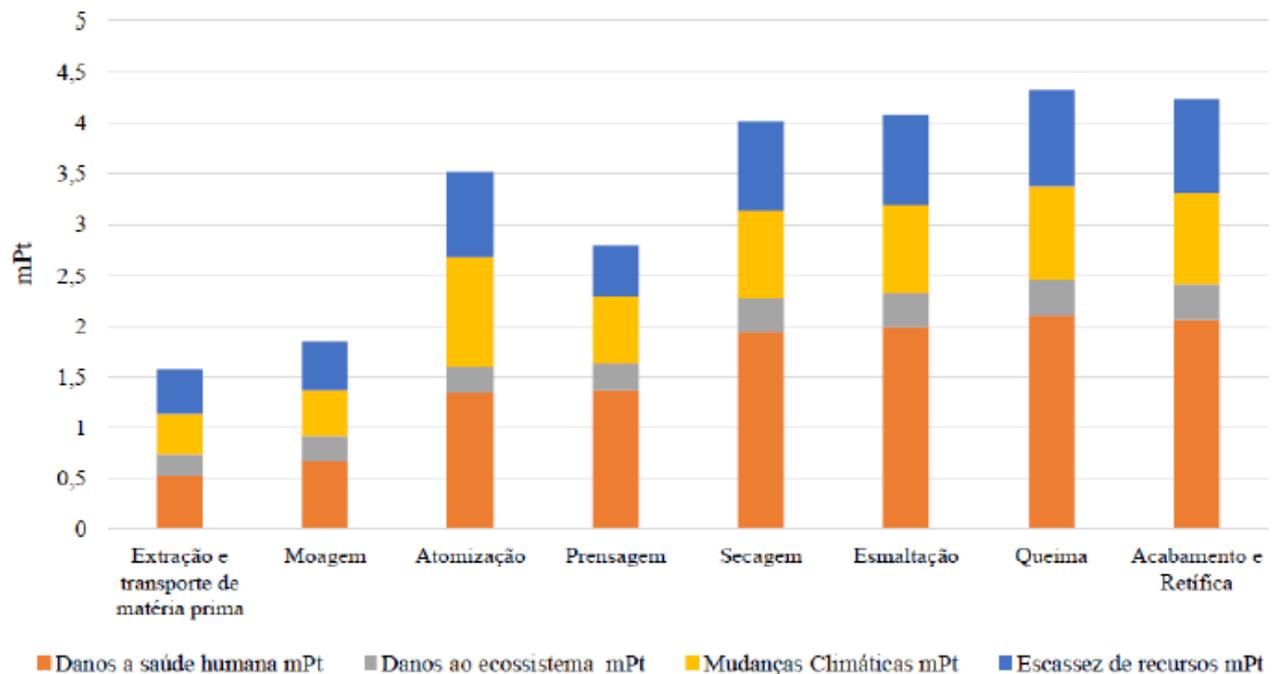
Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Tabela 10 - Total dos dados em pontuação única da categoria de dano

Categoria de danos	Unidade	Total
Danos à saúde humana	mPt	12,011259
Danos ao ecossistema	mPt	2,3557152
Mudanças Climáticas	mPt	6,1456612
Escassez de recursos	mPt	5,8747612
Total	mPt	26,387397

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Figura 06 - Gráfico comparativo em pontuação única em que o processo contribui em cada categoria de danos



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Conforme analisado e discutido anteriormente, e como representado pelo gráfico da Figura 06, a queima é a etapa que mais causa danos, alcançando o ponto de 4,3 mPt. A partir disso, os danos à saúde humana como apresentado pela Tabela 09 são de 2,11 mPt, ao ecossistema com 0,36 mPt e escassez de recursos com 0,94 mPt. Já em mudanças climáticas a etapa que mais causa prejuízo é a atomização com 1,07 mPt.

Finalmente, analisando todo o processo de fabricação, a categoria danos à saúde humana é a mais afetada com 12,01 mPt total de acordo com a Tabela 10. Contudo, Pereira (2006) comenta que a saúde humana pode ser atingida de forma indireta pela maioria dos impactos provocados aos ecossistemas ou impactos globais.

7. CONCLUSÃO

A indústria da construção civil é o agente responsável por vários prejuízos ambientais e um alto uso energético. Por isso é necessário analisar e posteriormente fazer uma avaliação dos materiais do setor da construção civil que prejudicam o meio ambiente. Nesse contexto o porcelanato, que é classificado com um material de revestimento cerâmico, contribui 56,8%

no impacto ambiental promovido pela edificação. Sendo a fabricação a fase que mais influência nos parâmetros ambientais, onde deve ocorrer mais esforços para que pudesse ter uma diminuição nos impactos ambientais, pois é de alcance do produtor cerâmico. Por isso, propôs-se a metodologia ACV para o estudo, permitindo realizar uma análise dos impactos ambientais causados pelo porcelanato, além de especificar e quantificar os efeitos que o mesmo causa ao meio ambiente.

A partir disso realizou-se uma coleta e seleção dos artigos em estudo, para a criação do ICV, com o auxílio do software, proporcionando o alcance dos resultados apresentados e a análise e interpretação dos mesmos. Observou-se que dentro das etapas do processo do porcelanato, a etapa da queima e da atomização são as que mais geram impacto, onde a extração mineral, varia de 34% - 65%, e a acidificação aquática varia de 9% - 29%, sendo as porcentagens de impacto mais relevante respectivamente. Além disso, nessas mesmas etapas do processo industrial constatou-se que a categoria de danos à saúde humana e mudança climática são os que mais causam danos relativamente. Isso é devido que no processo da queima, o principal insumo utilizado é o gás natural e na fase da atomização é o carvão mineral.

Com isso, é necessário realizar formas de reduzir esses impactos, para gerar benefícios como a redução de desperdício de vários insumos utilizados na produção como a energia elétrica, matéria prima, gás natural e do carvão mineral utilizado para a atomização da barbotina.

Conseqüentemente, tais ações poderão minimizar os danos à saúde humana, que se apresentou como a mais afetada pelo processo, com 12,01 mPt. Contudo, não foi avaliado o processo que deixa o portão da fábrica até a disposição final do porcelanato, sendo esse um tema relevante para pesquisas posteriores.

8. REFERÊNCIA

Associação Brasileira de Cerâmica (ABCERAM). Informações técnicas – Processos de fabricação. Disponível

em:< <http://abceram.org.br/processo-de-fabricacao/>>. Acesso em: 22 de mai. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14040: Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2006.

_____. NBR ISO 14041: Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Objetivos e escopo, definição e análise de inventários. Rio de Janeiro, 2006.

_____. NBR ISO 14042: Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Avaliação de impacto do ciclo de vida. Rio de Janeiro, 2006.

_____. NBR ISO 14043: Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Interpretação do ciclo de vida. Rio de Janeiro, 2006.

_____. NBR ISO 14044: Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Requerimento e diretrizes. Rio de Janeiro, 2006.

Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimentos, Louças Sanitárias e Congêneres (ANFACER). Disponível em: <<http://www.anfacer.org.br/>>. Acesso em: 12 de jul. 2017.

BECKER JUNIOR, A. M.; et al. Estudo para análise de ciclo de vida de produtos cerâmicos. Revista Jovens Pesquisadores, Santa Cruz do Sul, 2013. v.3, n.2, p. 122-133, 2013.

BENVENISTE, G.; et al. Análise do ciclo de vida setorial de placas cerâmicas. Revista Cerâmica Industrial, Jan. 2012.

BRIBIÁN, I. Z. et al. Life cycle assessment in buildings: State-of-the-art and simplified LCA methodology as a complement for building certification. Building and Environment, nº 44, p. 2510–2520, 2009.

CAMPOS, F. H. A. Análise do ciclo de vida na construção civil: Um estudo comparativo entre vedações estruturais em painéis pré-moldados e alvenaria em blocos de concreto. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) – Escola de engenharia, Universidade federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

COELHO, F. Z. Avaliação do ciclo de vida Cradle-to-gate de traços de concretos autoadensáveis com incorporação de resíduos e subprodutos industriais. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil) – Universidade federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2016.

DARÓS, P. H. D. Produção mais limpa: Melhoria da eficiência de uma empresa no setor cerâmico. Criciúma, 2013. Dissertação (graduação) – Faculdade de Engenharia Civil, UNESC, Criciúma, 2013.

EVANGELISTA, P. et al. Desempenho ambiental de de edificações: Avaliação de ciclo de vida em empreendimento residencial. XV encontro nacional de tecnologia do ambiente construído. Maceió, p. 3101- 3110, 2014.

FEIZ, R. et al. Improving the CO₂ performance of cement, part I: utilizing life-cycle assessment and key performance indicators to assess development within the cement industry. Journal of Cleaner Production, p. 1- 10, 2014.

HANSEN, A. P.; SEO, E. S. M.; KULAY, L. A. Identificação de oportunidade de melhoria de desempenho ambiental em processo de produção de materiais cerâmicos via aplicação da técnica de avaliação de ciclo de vida (ACV). Revista produção online. v.10, n. 4, Dez. 2010.

Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT). Disponível em

<<http://www.ibict.br/>>. Acesso em: 10 de ago. 2017.

JOLLIET, O. et al. IMPACT 2002+: A New Life Cycle Impact Assessment Methodology. *International Journal of LCA*, v. 8, n. 6, p. 324-330, 2003.

OLIVEIRA, M. C.; MAGANHA, M. F. B. Guia técnico ambiental da indústria de cerâmicas branca e de revestimentos. São Paulo. CETESB, 2006.

PEREIRA, F.O.R.; SATTLER, M.A. Construção e Meio Ambiente. *Coletânea Habitat*, Porto Alegre: v.7, 2006.

PEREIRA, S. W. Análise ambiental do processo produtivo de pisos cerâmicos. Aplicação de avaliação do ciclo de vida. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2004.

SAADE, Marcella; SILVA, Maristela; GOMES, Vanessa. A Avaliação do Ciclo de Vida – ACV, e a etapa de avaliação de impacto ambientais: considerações sobre o uso de diferentes métodos e seus reflexos nos resultados finais. *Natureza on line*. ISSN 1806–7409, 2014, jul, 2014.

SimaPro. Disponível em: < <http://support.simapro.com/articles/Article/SimaPro-Installation/>>. Acesso em: 19 de jul. de 2017.

SOARES, R. S.; PEREIRA, S. W. Inventário da produção de pisos e tijolos cerâmicos no contexto da análise do ciclo de vida. *Ambiente construído*, Porto Alegre, v. 4, n. 2, p. 83-94, Jun. 2004.

SOARES, S.; SOUZA, D.; PEREIRA, S. A avaliação do ciclo de vida no contexto da construção civil. *Coletânea habitare - Construção e meio ambiente*, v. 7, p. 97-127. 2006.

Capítulo 7

ANÁLISE DO MAPEAMENTO DA COLETA SELETIVA REALIZADA POR UMA COOPERATIVA DO MUNICÍPIO DE SERRA TALHADA-PE

[DOI: 10.37423/200400657](https://doi.org/10.37423/200400657)

Luanda R. R. Lima - luandar.lima@gmail.com

Emanuelly L. G. Trindade - emanuely.trindade@gmail.com

Elaine C. S. Oliveira -elaoliveira.2015@gmail.com

Resumo: O Brasil vem sendo afetado por graves problemas ambientais causados principalmente pelo acúmulo de resíduos. Sendo assim, é fundamental procurar meios alternativos que possam ajudar a amenizar os danos causados ao ambiente. Nesse contexto, a reciclagem torna-se uma importante aliada para a redução dos resíduos sólidos. Trata-se de uma cadeia reversa que tem como finalidade reaproveitar materiais que normalmente já chegaram ao final da sua vida útil e os reinseri-los na cadeia produtiva novamente. As prefeituras vêm adotando projetos de logística reversa nas políticas ambientais através de cooperativas de materiais recicláveis. O objetivo do trabalho consiste em mapear o processo produtivo em uma cooperativa na cidade de Serra Talhada, através das atividades desenvolvidas no local, para que assim facilite o entendimento de todo fluxo. Para isso, foram realizadas visitas em campo, entrevistas e observações diretas que resultaram no mapeamento da cadeia, verificação de gargalos e proposições de melhoria. Nesse processo, onde participam os cooperados, os fornecedores e os clientes finais, foram encontrados alguns gargalos como a necessidade de criação de cultura organizacional dentro da cooperativa, necessidade de melhoria de equipamentos e instalações. Para isso, foram sugeridas ações como: maior incentivo da prefeitura, treinamentos voltados a psicologia organizacional e aquisições de equipamentos.

Palavras-chave: Logística reversa, Reciclagem, Cooperativa, Mapeamento

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a preocupação com o meio ambiente é notável, fazendo com que empresas e consumidores tenham que se adequar ao mundo globalizado ao qual estão inseridos, onde a busca por novos produtos em espaços curtos de tempo, levam a um alto consumo, uma alta produção, descarte e obsolescência de produtos e materiais. Por esse motivo, há uma ampla preocupação das organizações com o meio ambiente, idealizando ações ao longo de todo o ciclo de vida dos produtos, desde sua composição, a embalagens que causem um menor impacto ambiental e seu descarte (CAMPOS E SOARES, 2011).

Segundo Vieira et al (2009), comparada a década de 80, onde a proteção ambiental era vista como algo honrosos para a organização, já houve grande evolução desse pensamento. Foram necessários inúmeros desastres ambientais para modificar esse pensamento, e atualmente, é possível ver um crescimento da consciência ambiental da população, o que tem gerado preocupações e protestos, e sem dúvida favorece a vantagem competitiva das empresas. Hoje a preservação deve ser considerada prioridade por parte das empresas e da população, para que se alcance o desenvolvimento sustentável, diminuindo os danos causados pelo consumo irresponsável e prezando pela destinação inadequada dos resíduos sólidos.

Para Lacerda (2006), tornar as empresas mais responsáveis por todo o ciclo de vida de seus produtos, e assim, responsáveis pela forma como o mesmo é descartado após seu consumo, é uma tendência a legislação ambiental. Com essa preocupação, em agosto de 2010, foi desenvolvida a Política Nacional de Resíduos Sólidos (RNRS). Essa política, tem seu conceito baseado na responsabilidade compartilhada, entre a sociedade como um todo, cidadãos, governos, setor privado e sociedade civil organizada, onde todos passaram a serem responsáveis pela gestão ambientalmente correta dos resíduos sólidos (MMA, 2011).

Em virtude da temática apresentada, nota-se a importância da coleta seletiva no contexto ambiental e econômico dentro de um município. Nesse sentido, o presente trabalho realizou um levantamento de como ocorre o processo de coleta seletiva dentro da cidade de Serra Talhada, através da Cooperativa de Catadores de Materiais Recicláveis de Serra Talhada – COOPECAMAREST, aplicando princípios da logística reversa, identificando gargalos no sistema e sugerindo melhorias no processo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O Council of Logistics Management (1993), definiu a Logística Reversa (LR) como parte da Logística que se relaciona à reciclagem, ao controle de desperdício e a gestão de materiais que já foram utilizados. Em uma ampla perspectiva, inclui todas as atividades relacionadas com a redução, reciclagem, substituição e reutilização de materiais. Para Leite (2005), a LR busca criar meios para que bens ou seus materiais constituintes, possam retornar ao ciclo produtivo ou de negócios, possibilitando a agregação de valor econômico, ecológico, legal, de serviço e de localização, com o planejamento das redes reversas e de suas respectivas informações, como também ao operacionalizar o fluxo, desde a coleta dos bens de pós-consumo ou de pós-venda, por meio dos processos logísticos de consolidação, separação e seleção, até a reintegração ao ciclo.

Para Campos e Soares (2011), a logística reversa de pós-consumo se caracteriza pelo planejamento, controle e disposição final dos bens que chegaram ao final de sua vida útil devido ao uso. Seu destino ao final da cadeia de consumo, em sua maioria é o lixo urbano, podendo ser reciclado ou simplesmente depositado em aterros sanitários. Devido ao aumento no número de produtos disponíveis, que possuem uma vida útil cada vez menor, o número de resíduos gerados é automaticamente aumentado, e com isto chega-se ao esgotamento da capacidade dos sistemas tradicionais de disposição de resíduos, sendo necessário que surja uma alternativa para a destinação final dos bens de pós-consumo, a fim de minimizar o impacto ambiental gerado pelos mesmos. Esses produtos de pós-consumo poderão se originar de bens duráveis ou descartáveis e fluir por canais reversos de reuso, remanufatura ou reciclagem até destinação final (LEITE, 2009).

A coleta de lixo urbano domiciliar é a principal fonte de captação de bens descartados em comunidades em que a coleta seletiva ainda não atinge níveis adequados. Já a coleta seletiva é aquela realizada de porta em porta, tanto em domicílios como no comércio. A rigor, qualquer coleta que contenha uma prévia seleção do material a ser capturado ou que seja dirigida a determinado material por ser considerada “seletiva”. (LEITE, 2009).

Cerca de 90% do montante de Resíduos Sólidos Urbanos (RSC) coletados no Brasil, tem como disposição final os aterros sanitários, aterros controlados e lixões. Apenas 10% restantes dos RSC são distribuídos entre unidades de reciclagem, unidades de incineração, vazadouros em áreas alagadas, unidades de compostagem e outros destinos. Do total dos RSU coletados no

Brasil, apenas 1,4% são separados na fonte e encaminhados para centrais de triagem e reciclagem. (MMA 2011). A coleta seletiva no Brasil é predominantemente informal. Ela é em grande parte realizada por catadores em situação de vulnerabilidade, como pessoas que moram na rua ou até em lixões.

Este tipo de coleta está baseado em uma melhor seleção dos produtos já utilizados, sendo eles papel, plástico, vidro, alumínio, dentre outros, buscando o descarte adequado destes materiais, reduzindo então o volume destinado para os aterros sanitários, a poluição ambiental e conseqüentemente proporcionando melhor qualidade de vida à população (COUTO et al, 2004). De acordo com Leite (2009), os produtos coletados dessas diversas maneiras são enviados a uma central de seleção ou a centro de triagem, nos quais são separados pela natureza do material constituinte. Então, os produtos são embalados para adensamento de carga visando à economia no transporte, e comercialização diretamente com as indústrias de reciclagem ou com empresas reutilizadoras que realizarão a escolha e a separação final dos materiais. O sistema de coleta seletiva tem sido apresentado não só como uma das melhores soluções para a redução do lixo urbano, mas também como uma excelente alternativa para a captação dos descartáveis em geral.

A alta taxa de aproveitamento de materiais de embalagens e descartáveis em geral, é uma das principais vantagens que o sistema de coleta coletiva pode proporcionar. Nos locais onde as coletas seletivas urbanas são expressas por lei, a qualidade e a quantidade dos materiais coletados são melhores, visto que os resíduos orgânicos não são misturados ao restante, reduzindo então volume enviado para os aterros. Todo esse processo favorece a economia de escalas através da substituição de matérias-primas novas pelo de materiais reciclados (COUTO et al, 2004).

Os catadores de material reciclável exercem um papel significativo nos países em desenvolvimento. Vários são os benefícios da coleta de material reciclável, como a geração de renda para os trabalhadores envolvidos, a contribuição à saúde pública e ao sistema de saneamento, o fornecimento de material reciclável de baixo custo à indústria, a redução nos gastos municipais e a contribuição à sustentabilidade do meio ambiente, tanto pela diminuição de matéria-prima primária utilizada, que conserva recursos e energia, como pela diminuição da necessidade de terrenos a serem utilizados como lixões e aterros sanitários (WIEGO, 2009).

Apesar de representar um importante elo da cadeia de reciclagem, o trabalho como “catador” é tido pela sociedade, e até mesmo pelos próprios catadores, como degradante e de baixa importância. Vários estudos relacionados ao tema dos catadores de materiais recicláveis tratam da problemática da exploração desses por intermediários ou atravessadores. O catador autônomo tem uma relação de dependência com os sucateiros, para quem acabam sendo obrigados a vender sua mercadoria, pois não são capazes de atender a demanda de uma economia de escala, já que o preço da mercadoria está relacionado com seu volume, com isso o lucro obtido é baixo (PAULA et al, 2010).

Os catadores podem aumentar seus ganhos quando conseguem se organizar e não serem dependentes de intermediários. Organizar esses profissionais em cooperativas é uma forma de melhorar a renda e também suas condições de trabalho. O arranjo em cooperativas possibilita também o aumento do poder de barganha dos recicladores com a indústria e com o poder público, criando a possibilidade de venda direta à indústria, onde é possível se obter melhores preços. No mesmo sentido, grupos ou redes de cooperativas podem possibilitar o acúmulo de maior volume de recicláveis, gerando melhores oportunidades de negócios do que cada cooperativa atuando de forma isolada (RODRIGUEZ, 2005).

3. METODOLOGIA

O trabalho desenvolvido foi um estudo de caso. O método do estudo de caso consiste em uma pesquisa empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto na vida real, dado que as fronteiras entre o fenômeno e o contexto não são claramente visíveis e são usadas fontes múltiplas de evidência (YIN, 2004).

A pesquisa desenvolvida tem um caráter exploratório e descritivo. Exploratório, pois se pretendeu-se ampliar o conhecimento acerca do processo da logística reversa durante o processo de coleta seletiva da COOPECAMAREST, e descritivo, pois busca descrever esse processo sem interferir no mesmo. Desta forma, o fenômeno que foi pesquisado diz respeito ao mapeamento da cadeia de coleta seletiva realizada pela COOPECAMAREST.

Por se tratar de um estudo com caráter exploratório, inicialmente foi desenvolvido um estudo teórico aprofundado para o conhecimento geral sobre os temas acerca da pesquisa como: logística reversa, gestão de resíduos sólidos, cooperativa de catadores de resíduos. A pesquisa bibliográfica de fontes secundárias, foi realizada através de artigos científicos, teses,

monografias, publicações a respeito do tema do projeto, para que se possa formular a metodologia que será utilizada na pesquisa de campo.

Após a revisão, foi elaborado roteiro de entrevista para aplicação em campo. Foram selecionados membros da cooperativa. De acordo com Cervo (2007), quando se necessita obter dados que não podem ser encontrados em fontes documentais, mas que podem ser conseguidas por pessoas ou instituições dentro do ambiente de pesquisa recorre-se à entrevista.

A amostra foi não probabilística do tipo por conveniência, onde foram procurados os entrevistados julgados importantes para a amostra, e do tipo bola de neve, onde os entrevistados indicam outras pessoas que eles julgavam importantes como representantes para a pesquisa. Foram também realizadas visitas a Secretaria de Meio Ambiente de Serra Talhada, onde foi estudado um dos atores dessa cadeia. Para o mapeamento do processo, foram realizadas visitas a cooperativa, bem como a aplicação de formulário e observação direta. Com todas as entrevistas feitas, foi realizado o tratamento dos dados obtidos.

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos com as entrevistas foram listados abaixo.

4.1 IDENTIFICAÇÃO DO CENÁRIO

Os dados sobre a identificação do cenário foram resultantes das entrevistas realizadas com os “líderes” da cooperativa. A COOPECAMAREST (Cooperativa de Catadores de Materiais Recicláveis de Serra Talhada) teve sua origem no ano de 2007, como associação. Inicialmente, os catadores tiveram que enfrentar muitas barreiras, pois não contavam com nenhum tipo de estrutura que lhes desse suporte. Trabalhavam em péssimas condições, não tinham equipamentos adequados, tendo assim que executar as atividades manualmente e com baixa remuneração. Esses e vários outros problemas faziam parte da rotina dos catadores.

Tendo em vista todos esses fatores, os catadores começaram a reivindicar melhorias e batalharam para conquistarem seu espaço. Após alguns anos, o prefeito da cidade fez a doação de um terreno para que os associados fizessem suas tarefas, o que contribuiu para que a associação passasse a ser cooperativa.

Até então a cooperativa conseguiu o apoio do Estado, no programa Recicla Pernambuco, que é representada pelo ITEP (Instituto de tecnologia de Pernambuco). Esse apoio garantiu um grande avanço para a cooperativa, que foi a criação do galpão de triagem. Esse galpão proporcionou aos cooperados melhores condições de trabalho, como por exemplo, horário de descanso e almoço, alguns equipamentos para desenvolver o trabalho, como equipamentos de proteção individual (EPI), caminhão e triciclos com reboque para o carregamento dos materiais, paleteira para retirada dos recicláveis coletados, e balança para pesagem. A COOPECAMAREST atualmente vem sendo administrada por uma representante da prefeitura da cidade.

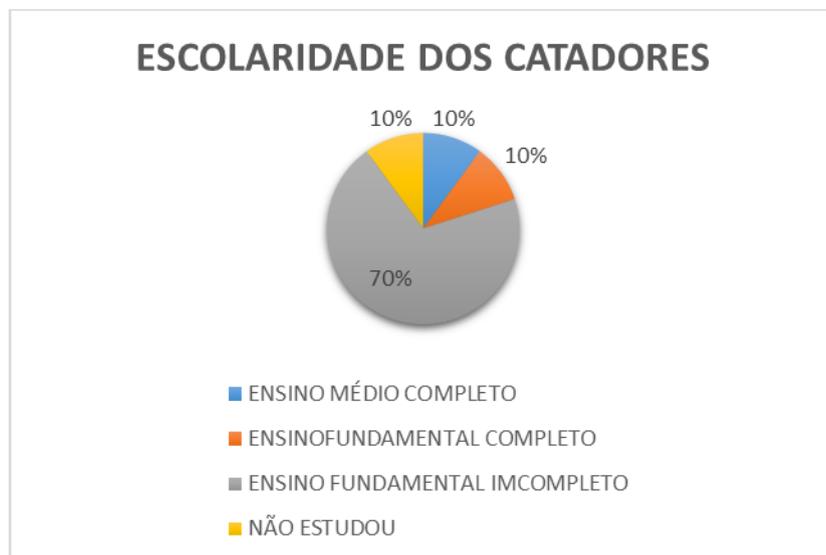
Outro ponto que também melhorou bastante foi a questão da segurança, pois antes era muito comum o roubo dos recicláveis, principalmente no horário noturno. Essa situação foi amenizada com a disponibilização de uma pessoa para fazer a vigilância do local, um membro da cooperativa.

Atualmente, a cooperativa conta com uma política mais organizada comparada a anterior, os catadores dividiram em grupos: os que vão para a rua para coleta e os que trabalham internamente no galpão da cooperativa. Cada catador ganha proporcional ao que produz, e o controle da produção é feito através de planilhas contendo as informações necessárias e assim são gerados cheques no valor a ser pago ao catador.

4.2 PERFIL DOS CATADORES

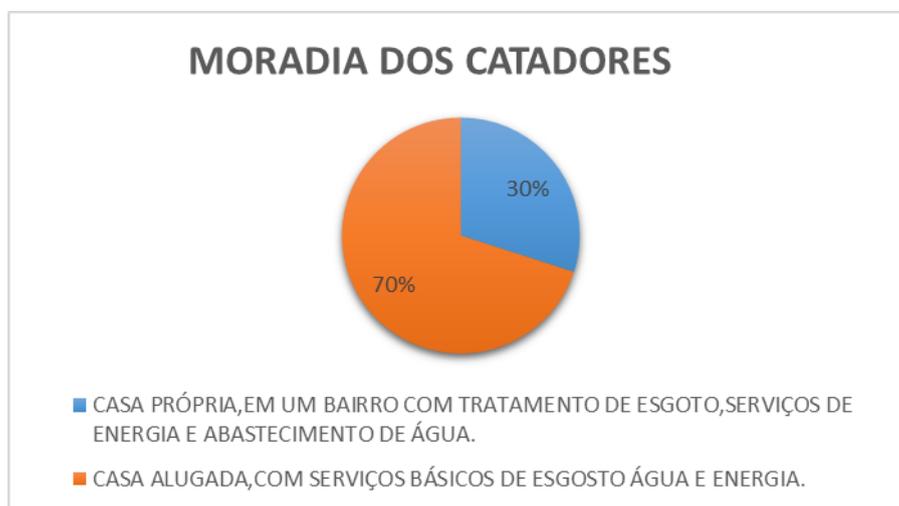
O perfil socioeconômico dos catadores da COOPECAMAREST pode ser visto abaixo. Foram levantados dados quanto a escolaridade, moradia e renda, demonstrados nas figuras 1 a 3, respectivamente.

Figura 1 - Nível de escolaridade entre os catadores de materiais recicláveis.



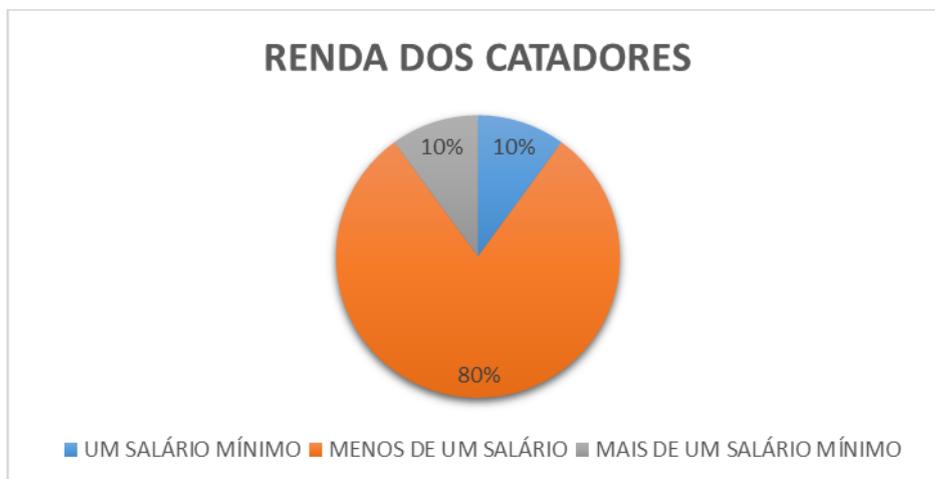
Fonte: Esta pesquisa, 2017.

Figura 2 - Tipo de moradia dos cooperados.



Fonte: Esta pesquisa, 2017.

Figura 3 - Renda média dos catadores.



Fonte: Esta pesquisa, 2017.

De uma maneira geral, os catadores da COOPECAMAREST são pessoas que, na sua maioria, possuem baixa escolaridade e não tiveram chances de entrar para o mercado de trabalho, achando na cooperativa um meio de sobrevivência.

4.3 MAPEAMENTO DO PROCESSO PRODUTIVO

Para melhor entender e poder otimizar qualquer sistema produtivo, inicialmente é necessário mapeá-lo. O mapeamento do sistema propicia identificação das atividades, quais os atores do processo e possíveis gargalos do sistema.

4.3.1 FLUXOGRAMA

Mapear o sistema consiste em descrever passo-a-passo de como as atividades que o compõem acontecem. Uma ferramenta que auxilia visualizar a relação entre as atividades de um sistema é o fluxograma. Para entender como se dá o funcionamento da cooperativa, foi aplicado a ferramenta fluxograma.

Tabela 1 - Fluxograma das atividades de coleta e preparação de materiais recicláveis.

Símbolo	Descrição da atividade
○	Coleta dos materiais recicláveis
→	Transporte para local de apoio
▽	Estocagem
→	Transporte para cooperativa
▽	Estocagem
○	Triagem por tipo de material
→	Transporte para prensa
○	Prensa do material (formação de fardos)
→	Transporte para pesagem
○	Pesagem do material
→	Transporte para estocagem
▽	Estocagem
→	Transporte para o cliente final

Fonte: Esta pesquisa, 2017.

4.3.2 DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES

A jornada de trabalho dos catadores inicia às 7h da manhã, quando todos reúnem-se no galpão, para a separação das atividades, alguns vão para rua, outros ficam na cooperativa. Os catadores que ficam na cooperativa são aqueles que possuem atividades pendentes como, por exemplo, aqueles que faltam prensar e pesar o material. Os que vão para rua por sua vez seguem os seguintes passos:

- Pegam o equipamento de apoio, que no caso são as carroças e saem em busca de fazerem a coleta pelos bairros da cidade. Eles adquirem os materiais principalmente em residências e empresas, sendo este último, segundo os catadores, onde conseguem maiores volumes. Algumas empresas da cidade já são parceiras da COOPECAMAREST, ou seja, fazem a doação dos materiais frequentemente;

- Depois de coletados, os recicláveis são levados para pontos de apoio. Esses pontos servem para que os catadores depositem seus materiais, para que quando em grande volume, serem pegos pelo caminhão da cooperativa;
- Depois de acumular volume suficiente de materiais, o caminhão faz a retirada desses e os leva para a cooperativa. Isso ocorre duas vezes por semana;
- Feito isso, são levados para a triagem. Nessa etapa é feita a separação dos materiais de acordo com sua natureza: papel, vidro, plástico, papelão, cacarecos (utensílios domésticos descartados), alumínio, etc., e também de acordo com seu estado, ou seja, se o material está em condição ou não de ser reaproveitado. Segundo dados coletados, dentre esses materiais o mais lucrativo é o plástico que hoje é vendido a R\$1,60/kg. Para que cada catador identifique seu material o espaço é dividido em formato de baias, onde cada um tem a sua baia;
- Passado pela triagem os materiais são prensados. Nesta atividade os catadores fazem fardos comprimidos com os materiais e os encaminha para a balança. A fim de se obter uma política mais justa, são feitos rodízios para o uso da prensa, sendo assim, dividem-se em grupos de dez pessoas e determinam o dia de uso para cada grupo. Os materiais depois de prensados são pesados e logo em seguida são armazenados no pátio do galpão até que se atinja um total de 12.000 kg, para que assim possam ser vendidos;
- O processo finaliza após a venda para os clientes finais, onde após negociações, esses clientes fazem a compra e retirada dos produtos recicláveis.

4.3.3 ATORES DO PROCESSO

Dentro do processo, foram identificados atores internos e externos. Como ator interno está a COOPECAMAREST e como atores externos ao processo estão os fornecedores, clientes e órgão de apoio.

Na organização interna da cooperativa segue-se o seguinte grau de hierarquização:

- Organização geral: essa função vem sendo executada por uma representante da prefeitura da cidade. Ela é responsável por organizar a política da cooperativa e fazer negociações com os fornecedores;

- Presidente: É um membro da cooperativa que foi eleito através de votação entre os cooperados. Sua tarefa é fazer com que as regras determinadas pela organização geral sejam cumpridas. Além disso, também é responsável pela entrega dos materiais aos compradores, pelo controle das rotas feitas pelo caminhão e pela emissão dos cheques para o pagamento dos catadores;
- Secretário: é um auxiliar da presidência, em caso de ausência do presidente ele assumirá suas funções;
- Tesoureiro: seu papel é fazer o controle financeiro da cooperativa, ou seja, registrar todo dinheiro que entra e sai da cooperativa;
- Fiscal: fiscaliza o andamento das atividades, observando o que está ou não correto;
- Catadores: São os responsáveis pela execução da maior parte do processo produtivo. Eles fazem toda a preparação do material para o cliente final, desde a coleta até a armazenagem.

Já os atores externos são caracterizados por:

- Fornecedores: enquadram-se nesse grupo todas as pessoas que fazem a doação do material reciclável para cooperativa. A cooperativa possui parceria com empresas de pequeno, médio e grande porte da cidade, onde essas realizam doação de materiais com frequência. Outra parte dos materiais é advinda de coletas domiciliares feitas pelos bairros da cidade, sendo o maior volume adquirido no centro;
- Clientes: são os compradores dos materiais recicláveis. A maior parte são donos de sucatas e empresas que fazem reciclagem de matéria-prima de materiais secundários, todos de regiões Próximas. Os principais destinos são: o plástico é vendido para uma empresa do Ceará, o papelão para uma empresa da Bahia, e materiais como latinhas, sacos, papel branco são comprados por um dono de sucata de São José do Egito-PE.

4.3.4 GARGALOS E PROPOSIÇÕES DE MELHORIAS

É notável que a COOPECAMAREST conseguiu muitas melhorias com o passar do tempo. O galpão de triagem, equipamentos de trabalho para os catadores, cozinha dentro do galpão

para o preparo dos alimentos, e muitos outros avanços que tornaram a vida dos cooperados muito mais digna.

No entanto, apesar de todas essas melhorias, ela ainda sofre com muitas deficiências.

A primeira delas é a convivência dos cooperados. São pessoas que dividem opiniões diferentes e acabam por não conviver em um ambiente saudável, como mostra o gráfico a seguir, dentre os principais problemas está a falta de harmonia entre os catadores, que é decorrente da falta de cultura organizacional.

Figura 4 - Principais problemas na visão do cooperado.



Fonte: Esta pesquisa, 2017.

Outro problema observado foi a falta de políticas quanto a reciclagem do vidro, esse tipo de material é simplesmente depositado no pátio da cooperativa sem sofrer nem um tipo de negociação ou encaminhamento para uma destinação final correta. A manutenção dos equipamentos é outro fator que necessita de atenção. Alguns objetos estão sem condições de uso por falta de peças.

Também foi identificado problemas na pesagem dos materiais. O galpão de triagem dispõe de uma balança manual, que, por sua vez é muito fácil de ser desregulada e acaba por afetar o resultado final do peso dos recicláveis.

Portanto, diante da atual situação, sugere-se que cooperativa procure acrescentar no dia a dia dos cooperados atividades como palestras e dinâmicas que façam com que todos entendam a importância da boa convivência. É necessário também um maior apoio do poder público se comprometendo com políticas que possam incentivar a reciclagem do vidro, bem como ajudar na manutenção dos equipamentos de trabalho presentes no galpão. Quanto a questão da pesagem dos materiais, uma balança digital tornaria o trabalho mais eficiente e menos vulnerável a adulterações.

5. CONCLUSÕES

A logística reversa é uma área crescente, tendo em vista o volume de resíduos sólidos gerados por meio domésticos e empresariais, e a necessidade do correto destino desses. A reciclagem é uma das principais vias para o reaproveitamento de materiais secundários para os processos produtivos e o principal meio para aquisição desses é através da coleta seletiva, realizada principalmente por cooperativas. Na cidade de Serra Talhada, esse trabalho é feito pela COOPECAMAREST.

O melhor meio para verificar como se dá o andamento de um sistema, é através do mapeamento dos seus processos, onde é descrito suas atividades e atores. Com o mapeamento do processo produtivo da COOPECAMAREST, foram identificados como atores: fornecedores, os cooperados e os clientes. Como gargalos do sistema podem ser apontados a falta de cultura organizacional entre os membros da cooperativa, falta de equipamentos e melhorias no processo. Para solucioná-los, foi sugerido trabalhos de motivação em grupo através de palestras, a criação de programas de manutenção de equipamentos, melhorias de equipamentos.

REFERÊNCIAS

CAMPOS, J. K. ; SOARES, M. T.C. . Aplicação da logística reversa no processo de coleta seletiva da prefeitura municipal de vitória, ES. In: XXXI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUCAO, 2011. Anais... Rio de Janeiro: Abepro, 2011.

CERVO, A. L.. Metodologia científica. 6. ed. São Paulo: Pearson, 2007. 159 p.

CLM – Council of Logistics Management. Reuse and Recycling Reverse Logistics Opportunities. Illinois, Council of Logistics Management, 1993.

COUTO, A.; LARANJEIRA, C.; SILVA, L. F.; LIMA, L. S.; LONGO, R. M. J.. Logística Reversa do PET: Oportunidades de Negócios para as Empresas Têxteis. Faculdade Associada de Cotia, São Paulo, 2004.

LACERDA, L.. Logística Reversa: Uma visão sobre os conceitos básicos e as práticas Operacionais. In: FIGUEIREDO, Kleber Fossati; FLEURY, Paulo Fernando; WANKE, Peter (Org.). Logística e Gerenciamento da Cadeira de Suprimentos: Planejamento do Fluxo de Produtos e dos Recursos. 1ª Edição. São Paulo: Atlas, 2006.

LEITE, P. R.. Logística reversa: categorias e práticas empresariais em programas implementados no Brasil – um ensaio de categorização. In.: XXIX ENANPAD. Anais... Brasília-DF, 2005.

LEITE, P. R.. Logística Reversa: Meio Ambiente e Competitividade. 2ª Edição. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

[MMA] MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Versão Preliminar Para Consulta Pública do Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, 2011. Disponível

em:http://www.sinir.gov.br/documents/10180/12308/PNRS_Revisao_Decreto_280812.pdf/e183f0e7-5255-4544-b9fd-15fc779a3657. Acessado em: 09/02/2017.

PAULA, M. ; SOUZA-PINTO, H ; SOUZA, M. T. S. . A importância das cooperativas de reciclagem na consolidação dos canais reversos de resíduos sólidos urbanos pós-consumo. In: SIMPOI 2010, 2010, São Paulo. SIMPOI 2010 - XIII Simpósio de administração da Produção, Logística e Operações Internacionais. Anais... São Paulo, 2010.

RODRIGUEZ,C. À procura de alternativas econômicas em tempos de globalização: o caso das cooperativas de recicladores de lixo na Colômbia. In. SANTOS, B.S.(org.) Produzir para viver: os caminhos da produção não-capitalista. 2.ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2005.

VIEIRA, K. N.; SOARES, T. O. R.; SOARES, L. R.. A Logística Reversa do Lixo Tecnológico: Um Estudo sobre o Projeto de Coleta de Lâmpadas, Pilhas e Baterias da Braskem. RGSA – Revista de Gestão Social e Ambiental. Volume 3, 2009.

WIEGO - WOMEN IN INFORMAL EMPLOYMENT: GLOBALIZING AND ORGANIZING. Enfocándonos en las trabajadoras informales: recicladoras de basura. Cambridge, 2009.

YIN, R.K. Estudo de Caso: Planejamento e Métodos. 2. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.

Capítulo 8

ASSÉDIO MORAL NAS CARREIRAS PÚBLICAS BRASILEIRAS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

[DOI: 10.37423/200400660](https://doi.org/10.37423/200400660)

Junio Wallison Miranda - adnarins@yahoo.com.br

Stela Mariana de Moraes - stelamariana@gmail.com

Daniela de Castro Melo - daniela_c_melo@yahoo.com.br

Marina Cardoso de Oliveira - mco.uftm@gmail.com

Resumo: O assédio moral é caracterizado como violência psicológica, sutil, dissimulada, intencional, de caráter repetitivo e prolongado, na qual o agressor tem a intenção de humilhar e excluir socialmente uma pessoa no contexto da atividade laboral. Esta pesquisa teve como objetivo identificar e caracterizar a prevalência de assédio moral nas carreiras públicas brasileiras, bem como descrever os meios empregados para impedir este tipo de violência no trabalho. Para isto, foi realizada uma revisão sistemática da literatura. Verificou-se que o assédio moral ocorre na maioria de forma descendente em que o superior assedia seus subordinados. As principais consequências do assédio são estresse, Burnout, depressão, ansiedade, febre emocional, medo, tristeza, choro, dificuldade de concentração, redução da capacidade laborativa, sentimento de solidão e inadequação, transtorno de pânico, hipertensão arterial, gastrite, esofagite de refluxo e outras diferentes formas de sofrimento no trabalho. Destacaram-se como medidas identificadas para prevenir e impedir o assédio moral: formação de grupos de apoio às vítimas, criação de comissões setoriais de combate ao assédio moral compostas por membros altamente capacitados sobre o tema, ações judiciais e ações de conscientização e informação sobre assédio moral.

Este estudo contribui para a literatura, pois verificou-se a escassez de estudos relacionados às práticas para prevenir e impedir o assédio moral no setor público. Por fim, evidencia a necessidade de implementar medidas preventivas de divulgação e conscientização do assédio moral como forma de educar os servidores públicos à cultura do respeito e consideração da dignidade humana do próximo.

Palavras-chave: Assédio moral, Administração Pública, Carreira pública.

1. INTRODUÇÃO

A Constituição Federal de 1988 garantiu a todos os brasileiros, em seu 5º artigo, a igualdade sem distinção de qualquer natureza, tornando inviolável a honra e a imagem das pessoas, além de assegurar o direito de resposta a um agravo e até o direito de indenização pelo dano. Consoante a isso, são princípios da Administração Pública a legalidade, a impessoalidade, a moralidade, a publicidade e a eficiência, o que corrobora a proibição do assédio moral nos órgãos públicos (BRASIL, 2017).

Lima e Sousa (2015) explicam que violência nada mais é que um ato de abuso físico e ou psíquico contra alguém, levando regularmente às relações de medo, intimidação e opressão, podendo ser representada também por atos que conduzem a desajustes psicológicos, sem a troca de agressões físicas. Logo, o assédio moral é compreendido como comportamento humilhante que desqualifica ou desmoraliza, deve ser repetido e em excesso, objetivando rebaixar um indivíduo ou grupo de trabalhadores durante a jornada de trabalho. É mais comum em relações hierárquicas autoritárias e assimétricas.

Além disso, o assédio moral também pode ser compreendido como o uso intencional de poder contra uma pessoa ou um grupo e considerado uma das formas de violência caracterizada por comportamento antiético e entendido como interpretação do sujeito a uma ameaça potencial (CARAN et al., 2010).

Cahú et al. (2014) definem o assédio moral como sendo uma violência psicológica, sutil, dissimulada, intencional, de caráter repetitivo e prolongado, na qual o agressor tem a intenção de humilhar e excluir socialmente uma pessoa no contexto da atividade laboral, causando na vítima estresse psicossocial bem como prejuízos à sociedade e à organização. O assédio moral pode se apresentar de forma ascendente, ou seja, quando realizada pelo subordinado contra o superior, descendente, do superior para o subordinado, horizontal, praticado entre colegas, ou misto, quando ocorre entre superior e colegas e também aquele praticado por terceiros que são os beneficiários ou usuários do órgão público ou outros.

As principais consequências do assédio moral para as pessoas são o estresse, Burnout, depressão, ansiedade, febre emocional, medo, tristeza, choro, sentimento de solidão e inadequação, transtorno de pânico, hipertensão arterial, gastrite, esofagite de refluxo e outras diferentes formas de sofrimento no trabalho. Para as organizações, as principais consequências manifestam-se por meio de dificuldades de concentração dos colaboradores,

redução da capacidade laborativa, além das ações judiciais que podem levar ao pagamento de indenizações (ANDRADE et. al., 2015; BARBOSA, 2016; CAHÚ et. al., 2014; ROUQUAYROL, 2003; GAFFNEY et. al., 2012; SILVA 2016).

Assédio moral é tema de interesse crescente. A empresa de recrutamento eletrônico Vagas.com, com o intuito de explorar o tema assédio moral, enviou um questionário para 70 mil profissionais de sua base de dados, escolhidos entre os que tinham atualizado seus currículos nos últimos seis meses e que tinham ao menos um emprego em seu histórico. Dos 4.975 profissionais de todas as regiões do país que responderam ao questionário, 52% disseram que foram vítimas de assédio sexual ou moral. E, entre quem não passou por esta situação, 34% já presenciaram algum episódio de abuso. Para os organizadores do estudo, o percentual elevado de profissionais que já sofreram assédio moral mostra a necessidade de explorar o tema e pensar nas alternativas para prevenir e impedir o assédio moral, uma vez que tem repercussões impactantes na vida das pessoas e organizações (BARIFOUSE, 2015).

Diante da atualidade do tema e da necessidade de sintetizar as pesquisas sobre assédio moral na administração pública, o objetivo desta pesquisa foi identificar e caracterizar a prevalência de assédio moral nas carreiras públicas brasileiras, bem como descrever os meios empregados para impedir e prevenir este tipo de violência no trabalho. Para isto, foi realizada uma revisão sistemática da literatura.

Este trabalho está estruturado em três partes. Inicialmente, no método, é exposta a forma como os artigos foram selecionados para a revisão sistemática. Na sequência, são evidenciados os resultados e, por último, as considerações finais.

2. MÉTODO

Neste artigo foi realizada revisão sistemática da literatura, pois este é o método recomendado quando se deseja compreender a produção científica em uma determinada temática (CASTRO, 2001).

Para a condução da pesquisa, o procedimento inicial de coleta de dados foi a busca de produções científicas na base indexadora SciELO e no banco de teses e dissertações CAPES (BTD). A pesquisa nas bases de dados ocorreu em setembro de 2017. Em ambas as bases de dados buscou-se estudos relacionados ao assédio moral no serviço público brasileiro.

Na plataforma SciELO foram utilizados os termos: “Brasil”, “pública” e “assédio moral” e selecionados artigos publicados no intervalo entre 2008 e 2017, ou seja, um período máximo de 10 anos. Com base nestes critérios foram encontrados 23 artigos. Somente os artigos que continham dados sobre o serviço público brasileiro ou que possuíam dados associados às estratégias preventivas, mesmo que realizadas no setor privado, foram coletados. Após a leitura dos resumos restaram 9 artigos que se enquadravam no tema da pesquisa.

Sucessivamente, na plataforma da CAPES BTD foi utilizado o termo “assédio moral”, durante os anos de 2015 a 2017. Esta busca possibilitou identificar 80 teses ou dissertações sobre o tema assédio moral. Destes, após a leitura dos resumos, foram selecionados aqueles que tratavam exclusivamente dos servidores públicos, perfazendo 19 pesquisas.

O Quadro 1 mostra os 28 estudos selecionados nesta pesquisa que abordam o assédio moral no serviço público brasileiro e que descrevem práticas para impedi-lo.

3. RESULTADOS

Neste tópico serão descritos os estudos que identificaram a existência de assédio moral nas carreiras públicas brasileiras e os que apresentaram sugestões e ou aplicações de métodos para impedir esta prática.

3.1 ASSÉDIO MORAL NAS CARREIRAS PÚBLICAS

Ao analisar a produção científica sobre assédio moral na administração pública, observou-se crescimento de pesquisas relacionadas ao assédio moral no serviço público após o ano de 2015 e que 61% apresentaram casos concretos de assédio moral no serviço público, suas implicações, meios utilizados e consequências para os assediados e 29% apresentaram práticas para impedi-lo. Foi possível identificar a presença de assédio moral em determinadas carreiras: 10 (35,7%) estudos na área de educação, 7 (25%) na saúde, 1 (3,6%) na educação e saúde, 5 (17,9%) no judiciário e 5 (17,9%) em locais indefinidos.

O setor educacional foi o que mais apresentou confirmações de assédio moral nas relações de trabalho. Caran et al. (2010) observaram que 40,7% dos professores universitários pesquisados admitiram ser vítimas de assédio moral no trabalho. Além disso, mais de 70% dos entrevistados reconheceram o assédio moral como um problema comum no local laboral. Verificou-se que 25,9% dos entrevistados relataram não haver prática de assédio moral no local pesquisado. Os autores verificaram que 14,8% dos entrevistados optaram por não

responder sobre a existência de assédio moral na instituição de ensino, o que denota possível medo de ter seus dados divulgados pelos pesquisadores e, posteriormente, sofrerem algum tipo de retaliação.

Quadro 1: Estudos selecionados para revisão sistemática

Nº	Base de dados	Título	Ano
1	SciELO	Assédio moral no trabalho no setor saúde no Rio de Janeiro: algumas características	2008
2	SciELO	Assédio moral entre docentes de instituição pública de ensino superior do Brasil	2010
3	SciELO	Prevenção e combate ao assédio moral entre servidores públicos do estado do Ceará	2012
4	SciELO	Factors associated with bullying at nurses' workplaces	2013
5	SciELO	Situações de assédio moral vivenciadas por enfermeiros no ambiente de trabalho	2014
6	Banco de Teses e Dissertações - BTB	A dignidade humana do servidor público e as vítimas do assédio moral de um dos fóruns da capital paraibana	2015
7	Banco de Teses e Dissertações - BTB	Assédio moral na administração pública e a responsabilidade civil do estado	2015
8	SciELO	Assédio moral na atenção básica segundo os profissionais de enfermagem	2015
9	Banco de Teses e Dissertações - BTB	Assédio moral no trabalho do trabalhador de uma instituição de ensino superior	2015
10	Banco de Teses e Dissertações - BTB	Comportamento destrutivo no trabalho em saúde: análise de conceito Fortaleza - Ceará 2015	2015

11	Banco de Teses e Dissertações - BTB	O Assédio Moral em uma Instituição Federal de Ensino: o caso UFOP.	2015
12	Banco de Teses e Dissertações - BTB	O assédio moral no poder judiciário	2015
13	Banco de Teses e Dissertações - BTB	Remoção e vivências de prazer-sofrimento de servidores técnico-administrativos da Universidade Federal de São Carlos	2015
14	Banco de Teses e Dissertações - BTB	Sufrimento, processos de adoecimento e prazer no trabalho: as estratégias desenvolvidas pelos docentes do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco na (re)conquista da sua saúde	2015
15	SciELO	Violência psicológica no trabalho da enfermagem	2015
16	Banco de Teses e Dissertações - BTB	A influência da cultura organizacional na ocorrência do assédio moral no trabalho na Universidade Federal de Santa Catarina	2016
17	Banco de Teses e Dissertações - BTB	Assédio moral no poder judiciário do Estado de Minas Gerais	2016
18	Banco de Teses e Dissertações - BTB	“Dar o sangue pelo trabalho”: Impactos do Assédio Moral na Saúde dos Servidores Públicos de Organização Judiciária	2016
19	Banco de Teses e	O abuso de poder nas relações de trabalho no contexto da administração pública brasileira: um estudo de casos múltiplos	2016

	Dissertações - BTD		
20	Banco de Teses e Dissertações - BTD	O docente e as relações de trabalho na Universidade Federal de Mato Grosso: “sofrimento e violência”	2016
21	Banco de Teses e Dissertações - BTD	Percepções de assédio moral e resiliência humana: um estudo no ensino público Fortaleza - Ceará 2016	2016
22	Banco de Teses e Dissertações - BTD	Prevenção do assédio moral no MPF/RO com base na jurisprudência dos Tribunais Regionais Federais	2016
23	SciELO	Workplace moral harassment and its consequences: A case study in a federal higher education institution	2016
24	Banco de Teses e Dissertações - BTD	Assédio moral e sofrimento no trabalho de professores universitários em Manaus	2016
25	Banco de Teses e Dissertações - BTD	Assédio moral e suas consequências para a saúde do trabalhador: um estudo de caso com servidoras públicas	2017
26	Banco de Teses e Dissertações - BTD	Estudo epidemiológico sobre assédio moral entre os trabalhadores do Ministério da Saúde	2017
27	SciELO	Intervenção em grupo de apoio psicológico a trabalhadores vítimas de assédio moral	2017

28	Banco de Teses e Dissertações - BTB	Manual de combate ao assédio moral no serviço público: uma ferramenta educativa	2017
----	-------------------------------------	---	------

Fonte: Resultados da pesquisa

Cahú et al. (2014) agruparam os casos de assédio moral em quatro categorias: deterioração proposital das condições de trabalho, atentado contra a dignidade, isolamento e recusa de comunicação, violência verbal, física e sexual. Na deterioração proposital das condições de trabalho, foi evidenciado que as agressões mais frequentes eram sobre a forma do agressor impedir o crescimento profissional do agredido, bem como à forma que o agressor manipula pessoas para assumir posicionamentos contrários aos interesses do agredido. Quanto à categoria atentado contra a dignidade, destacam-se as agressões relacionadas ao aspecto que o agressor critica o trabalho de forma injusta e exagerada e faz circular maldades e calúnias sobre o agredido. Na violência verbal, física e sexual, destaca-se as discussões verbais. Na categoria isolamento e recusa de comunicação, verifica-se que a maior incidência foi constatada na maneira como o agressor ignora a presença do agredido na frente dos outros e interrompe-o quando fala.

Ventura (2015) em sua pesquisa realizada em uma universidade pública federal brasileira constatou que 36% dos respondentes sofreram assédio moral. Nunes (2016), também em ambiente público e universitário, constatou que para 67,8% dos pesquisados o assédio moral existe no ambiente institucional. Hirigoyen (2006) afirma que as instituições de ensino são uma das mais afetadas pela violência no trabalho.

Matos (2016) descreveu que no ambiente universitário o assédio se manifesta por meio de ameaças verbais de morte, agressões verbais e físicas, tentativa de atropelamento, altas jornadas de trabalho, crimes contra a dignidade sexual, desacato, negligência, assédio moral, vandalismo.

Nunes (2016) relata que as situações hostis mais encontradas podem ser classificadas em quatro tópicos: deterioração proposital das condições de trabalho, isolamento e recusa de comunicação, atentado contra a dignidade e violência verbal, física e sexual. Dentre as situações mais frequentes, a exposição a uma carga de trabalho excessiva foi uma das mais citadas para aqueles que se sentem assediados diariamente e/ou semanalmente.

A segunda área mais prevalente nas pesquisas sobre assédio moral foi a da saúde. Andrade et al. (2015) identificaram situações de assédio moral em unidades de saúde da família. Os autores constataram que os entrevistados têm conhecimento das práticas de assédio moral, compreendendo que os fatos ocorrem quando o agressor excede os limites de respeito e passa a humilhar o assediado com palavras ofensivas. Observou-se a presença do assédio moral descendente, ou seja, aquele efetuado pelo superior hierárquico.

Alguns distúrbios, em especial os de ordem psicológica, foram encontrados nos relatos dos entrevistados como: febre emocional, medo, tristeza, choro e depressão. Diante disso, é necessária a identificação rápida dos casos de assédio nos locais de trabalho, no sentido de impedir as práticas e melhorar a qualidade do ambiente profissional (ANDRADE et al. 2015).

Em relação ao assédio moral nas carreiras do setor judiciário, Moraes (2015) cita que o poder judiciário é tradicionalmente composto por pessoas com elevado conhecimento jurídico, o que pode favorecer a noção da gravidade e das consequências das práticas de assédio, porém, mesmo assim, são encontradas agressões ao servidor público de nível hierárquico inferior.

Foi possível identificar que as formas de manifestação do assédio mais comuns no poder judiciário podem ser enquadradas em três categorias: deterioração das condições de trabalho; isolamento e recusa de comunicação; e atentado contra a dignidade, ocorrendo, na maioria das situações, de forma simultânea, podendo gerar ao servidor público diversas consequências, como danos à saúde, seja física e ou psicológica, tentativas de suicídio e licenças médicas (MORAES, 2015).

Quanto aos tipos de assédio, os estudos apresentaram formas distintas de agressões. Constatou-se o tipo descendente, a violência do superior para com o subordinado; ascendente, quando realizada pelo subordinado contra o superior; colateral ou horizontal, quando ocorre entre colegas; o misto, quando ocorre entre superior e colegas e aquele praticado por terceiros que são os beneficiários ou usuários do órgão público. Destacou-se o assédio descendente, o qual foi confirmado em 100% dos casos analisados, o assédio moral horizontal também foi citado em 82% das pesquisas e os demais tipos de assédio (ascendente, misto) foram citados em 29% das situações consideradas como assédio.

Ventura (2015) identificou que, em uma instituição de ensino, ocorreu assédio moral descendente, horizontal e misto, sendo que 16% diagnosticaram como agressor o próprio

chefe, 6% citaram um colega, 9% o colega e chefe simultaneamente e 2% afirmam que o assédio foi executado por mais de um colega.

Nunes (2016) também averiguou quem foram os mais frequentes assediadores, sendo que 47,8% responderam que a prática foi executada pela chefia, 23,2% afirmaram que o assédio foi realizado pelos colegas, 17,4% pelos colegas e chefia, 1,4% pelos subordinados e 10,1% por outros, o que confirma a existência do assédio ascendente, descendente e horizontal. Além disso, constatou que os homens assediavam mais que as mulheres.

Xavier et al. (2008) constataram que o principal grupo que sofria assédio moral era os de auxiliar de enfermagem, ou seja, aqueles que estão em nível hierárquico menor, demonstrando que o assédio pode estar ligado aos relacionamentos de poder. Além disso, verificaram que os agressores seriam, em maior parte, os próprios colegas, supervisores ou administradores, mostrando que as relações laborais são as principais vias causadoras de atos assediadores.

Outros vínculos, externos à dinâmica do trabalho, podem também ser considerados como relações de assédio moral, conforme se evidencia no estudo de Lima e Sousa (2015), em que os principais agressores aos trabalhadores do setor de enfermagem eram os pacientes, seus parentes ou acompanhantes, seguidos por colegas de mesmo nível hierárquico, chefias ou superiores e outros em menor proporção.

3.2 ESTRATÉGIAS DE DISSEMINAR INFORMAÇÕES E IMPEDIR O ASSÉDIO MORAL NO SERVIÇO PÚBLICO

A partir da revisão da literatura, constatou-se que as estratégias utilizadas para impedir o assédio moral no serviço público ainda são escassas e, na maioria das vezes, ineficientes.

Ventura (2015) evidenciou que a maioria dos respondentes levou as agressões sofridas ao conhecimento das chefias imediatas, superiores e sindicato da categoria, mas nenhuma das medidas adotadas pelos responsáveis, como processo administrativo disciplinar e a remoção de setor, foram, na prática, eficazes na proteção do servidor assediado.

Da mesma forma Xavier et al. (2015) evidenciaram que algumas providências foram adotadas pelos agredidos, como o aumento da vigilância e a comunicação dos fatos aos superiores, mas as soluções foram menores em relação ao número de comunicações. Quando os entrevistados que não tomaram nenhuma atitude sobre o assédio sofrido foram

questionados porque não comunicaram o assédio, mais da metade relataram que não acreditavam em tomada de providências pelos superiores.

Moraes (2016) realizou avaliação dos principais estatutos dos servidores públicos civis dos estados brasileiros e identificou que o assédio moral está incluso de forma genérica e sem as especificações necessárias. Além disso, a doutrina e a jurisprudência relacionada a este assunto ainda é limitada, o que não possibilita à vítima a possibilidade de prevenir e/ou reprimir as práticas assediadoras. De acordo com o autor, são necessárias quatro medidas para impedir o assédio moral: a reparação do dano moral e/ou material; a criminalização da conduta, legislação específica sobre o assunto (no caso, nos Estatutos dos Servidores Públicos dos Estados e no da União) e medidas de prevenção. A reparação por danos morais e/ou materiais é o principal efeito jurídico do reconhecimento das agressões assediadoras.

Quanto aos programas já existentes para impedir o assédio moral no serviço público brasileiro, foram encontradas algumas sugestões ou práticas. Silva (2016) apresentou o processo da clínica do trabalho em que houve a formação de um grupo com atuação voltada para o assédio moral e o sofrimento no trabalho de professores. Os participantes adentraram em tópicos como organização do trabalho, relações com a chefia, com os pares, o papel da gestão institucional, a relação dessas vivências com sofrimento e o assédio moral, as possíveis estratégias de enfrentamento dessas situações no ambiente de trabalho. Percebeu-se que a clínica do trabalho se tornou um espaço para falar e escutar, bem como para deliberar sobre as alternativas existentes para impedir o assédio moral.

Outra iniciativa foi relatada por Câmara et al. (2012) que analisaram a instalação da primeira Comissão Setorial de Combate ao Assédio Moral no Trabalho, por intermédio do poder executivo do Ceará. Os autores enfatizaram a necessidade de que membros deste tipo de comissão devam passar por uma seleção minuciosa, pois é necessário que os membros tenham responsabilidade, disponibilidade, interesse e capacidade de relacionamento interpessoal. Outro ponto destacado pelos autores é quanto à capacitação dos integrantes da comissão, o que facilita a elaboração de pareceres, característica fundamental para a concretização de processos administrativos e judiciais para a punição dos assediadores. Por fim, os autores identificaram a necessidade do apoio dos gestores na adoção de subsídios para o funcionamento desse tipo de comissão no serviço público, ou seja, a gestão também deve estar comprometida com o projeto, auxiliar com os meios materiais e humanos necessários.

Barbosa (2016) identificou 119 acórdãos judiciais de tribunais federais que se relacionavam a decisões sobre assédio moral no serviço público e apenas 10 caracterizaram o assédio moral, evidenciando apenas 8,04% das ações com êxito. Apesar do número reduzido, o fato de haver decisões judiciais procedentes mostra que o assédio moral é uma realidade na administração pública brasileira. Foram encontrados também, nas ações procedentes, as consequências citadas pelos servidores, como depressão, ansiedade, transtorno de pânico, hipertensão arterial, gastrite e esofagite de refluxo. Já nas improcedentes também foram citadas como consequências: síndrome de Burnout, infartos, desenvolvimento de câncer, pedidos de exoneração e de aposentadoria por invalidez, síndrome do túnel do Carpo, insônia, vitiligo, distúrbios psicológicos e pedidos de aposentadoria voluntária.

Por fim, Resende (2017) sugeriu a criação de um manual com perguntas e respostas sobre assédio moral, com o intuito de disseminar informações ao corpo de profissionais de determinado órgão público. O autor propõe que o manual apresente ao servidor público informações relevantes sobre o tema, pois assim ele terá mais condições de definir, individualmente, o assédio que esteja realizando ou sofrendo, quais as características dos atos, as diferenças entre diversos conceitos, quem são as pessoas que sofrem assédio, qual o gênero dos agredidos, os tipos de assédio, os efeitos à saúde do assediado, a legislação que norteia o tema, as punições, quais providências adotar quando for assediado, dentre outras dúvidas dos servidores públicos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo desta pesquisa foi, por meio de uma revisão sistemática da literatura, identificar e caracterizar a presença do assédio moral nas carreiras públicas brasileiras, bem como apresentar estratégias de disseminar informações e impedir o assédio moral na administração pública.

Este estudo constatou que a prática de assédio moral está presente em várias carreiras no serviço público brasileiro, atingindo até mesmo aquelas dotadas de elevado conhecimento jurídico. Os estudos existentes sobre assédio moral em carreiras públicas estão situados, em maior número, nos ambientes de instituições de ensino, poder judiciário e saúde.

Verificou-se nesta pesquisa que a maioria dos estudos cita a existência de assédio moral descendente ou horizontal no serviço público brasileiro, o que confirma que as relações de poder são as principais causas das agressões no ambiente de trabalho, seguidas daquelas

entre os colegas da mesma hierarquia. As principais consequências identificadas do assédio moral foram estresse, Burnout, depressão, ansiedade, febre emocional, medo, tristeza, choro, dificuldade de concentração, redução da capacidade laborativa, sentimento de solidão e inadequação, transtorno de pânico, hipertensão arterial, gastrite, esofagite de refluxo e outras diferentes formas de sofrimento no trabalho (ANDRADE et. al., 2015; BARBOSA, 2016; CAHÚ et. al., 2014; ROUQUAYROL, 2003; GAFFNEY et. al., 2012; SILVA, 2016).

Por fim, a revisão sistemática permitiu descrever os tipos de ações existentes em órgãos públicos para impedir assédio moral. Observou-se que as ações relacionadas a abertura de processos administrativos disciplinares, remoção de setor e relato aos superiores foram apontadas como pouco efetivas. Juridicamente as pesquisas mostraram reparação do dano moral e ou material, a criminalização da conduta como medidas de prevenção. Porém, os estudos ressaltaram que a doutrina e jurisprudência sobre o assunto ainda é limitada.

Nesta pesquisa, as principais medidas identificadas que geraram resultados efetivos para prevenir e impedir o assédio moral foram: formação de grupos de apoio às vítimas, criação de comissões setoriais de combate ao assédio moral compostas por membros altamente capacitados sobre o tema, ações judiciais e ações de conscientização e informação sobre assédio moral (ALBANAES et. al. 2017; CÂMARA et. al., 2012; SILVA, 2016; BARBOSA, 2016).

Este estudo contribui para a literatura, pois verificou-se a escassez de estudos relacionados às práticas para prevenir e impedir o assédio moral no setor público. Apesar das informações sobre as práticas de assédio moral serem bem disseminadas entre os servidores públicos, verificou-se que os meios de impedi-las e preveni-las não são. Notou-se a crença na impunidade e possivelmente negligência ou corporativismo da gestão, validando a importância da participação dos gestores na prevenção e aplicação das medidas necessárias quanto às práticas para impedir o assédio moral.

Constatou-se que a doutrina e a jurisprudência relacionada ao assédio moral ainda são limitados, o que impossibilita à vítima a prevenir e/ou reprimir as práticas assediadoras. Desta forma, este estudo evidencia a necessidade de implementar medidas preventivas de divulgação e conscientização do assédio moral como forma de educar os servidores públicos à cultura do respeito e consideração da dignidade humana do próximo.

Esta pesquisa se limitou à Revisão Sistemática da Literatura, sugere-se como pesquisa futura o estudo empírico da efetividade das práticas para prevenir e impedir o assédio moral no setor público.

REFERÊNCIAS

ALBANAES, P. et al. Intervenção em grupo de apoio psicológico a trabalhadores vítimas de assédio moral. *Revista de Psicologia*, Lima, v. 35, n. 1, 2017.

ANDRADE, C. G. et al. Assédio moral na atenção básica segundo os profissionais de enfermagem. *Trab. educ. saúde*, Rio de Janeiro, v. 13, supl. 1, p. 77-90, 2015.

BARBOSA, A. C. Prevenção do assédio moral no MPF/RO com base na jurisprudência dos tribunais regionais federais. 2016. 110 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissional em Administração Pública, Universidade Federal de Rondônia, Rondônia, 2016.

BARIFOUSE, R. Metade dos brasileiros já sofreu assédio no trabalho, aponta pesquisa. *BBC Brasil*, São Paulo, Disponível

em:

<http://www.bbc.com/portuguese/noticias/2015/06/150610_assedio_trabalho_pesquisa_r_b>. Acesso em 27 de setembro de 2017.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil; promulgada em 5 de outubro de 1988. *VadeMecum*, 23. Ed, São Paulo: Saraiva, 2017.

CAHÚ, G. R. P. et al. Situações de assédio moral vivenciadas por enfermeiros no ambiente de trabalho. *Acta paul. enferm.*, São Paulo, v. 27, n. 2, p. 151-156, Abril. 2014.

CARAN, V. C. S. et al. Assédio moral entre docentes de instituição pública de ensino superior do Brasil. *Acta paul. enferm.*, São Paulo, v. 23, n. 6, p. 737-744, 2010.

CASTRO, A. A. Revisão Sistemática e Meta-análise. *Elaboração e Apresentação de Comunicação Científica*. Disponível em: <<http://www.usinadepesquisa.com/metodologia/>>. Acesso em set. 2017.

GAFFNEY, D. A. et al. Making things right: nurses' experiences with workplace bullying-a grounded theory. *Nursing Research and Practice*, Nova York, v. 2012, p. 1-10, 2012.

LIMA, G. H. A.; SOUSA, S. M. A. Violência psicológica no trabalho da enfermagem. *Rev. Bras. Enferm.*, Brasília, v. 68, n. 5, p. 817-823. Outubro. 2015.

MATOS, P. A. L. O docente e as relações de trabalho na Universidade Federal de Mato Grosso: "Sofrimento e Violência". 2016. 148 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Política Social, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2016.

MORAES, F. R. P. O assédio moral no poder judiciário. 2015. 152 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Direito, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2015.

MORAES, J. L. Percepções de assédio moral e resiliência humana: um estudo no ensino público Fortaleza - Ceará 2016. 2016. 75 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Administração, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2016.

NUNES, T. S. A influência da cultura organizacional na ocorrência do assédio moral no trabalho na Universidade Federal de Santa Catarina. 2016. 432 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Administração, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

RESENDE, T. E. S. R. Manual de combate ao assédio moral no serviço público: uma ferramenta educativa. 2017. 72 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissional em Sistemas de Gestão, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2017.

ROUQUAYROL, Z. M. Epidemiologia e saúde. 4. ed. Rio de Janeiro: Medsi, 2003 SILVA, K. Assédio moral e sofrimento no trabalho de professores universitários em Manaus. 2016. 66 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Psicologia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2016.

VENTURA, E. F. O assédio moral em uma instituição federal de ensino: o caso UFOP. 2015. 66 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Administração, Universidade Fumec, Belo Horizonte, 2015.

XAVIER, A. C. H. et al. Assédio moral no trabalho no setor saúde no Rio de Janeiro: algumas características. Rev. bras. saúde ocup., São Paulo, v. 33, n. 117, p. 15-22, junho. 2008.

Capítulo 9

PROJETO DE MELHORIA DE PROCESSOS PARA ORGANIZAÇÕES NÃO GOVERNAMENTAIS: O ESTUDO DE CASO DA ONDA CARIOCA

[DOI: 10.37423/200400671](https://doi.org/10.37423/200400671)

Gabriela Príncipe Teixeira Ervilha - gabriela.ervilha@gmail.com

Felipe Campos Peba - felipecp@id.uff.br

Nissia Bergiante - nissiabergiante@id.uff.br

RESUMO: A atuação das Organizações não Governamentais (ONG's) se vê, muitas vezes, inibida por fatores intrínsecos à própria natureza jurídica dessas instituições. Os projetos, que dependem de subsídios públicos ou privados para serem tocados, sobrevivem ameaçados pelo fim dos contratos e pela disponibilidade de voluntários. Problemas decorrentes da rotina de qualquer organização se somam à dinâmica financeira restritiva dessas instituições, impactando diretamente na eficácia dos trabalhos ou resultando no encerramento de suas atividades. O objetivo desse artigo é mostrar a importância de projeto de melhoria de processos para ONG's e como, por meio deste, pode-se manter negócios de alto impacto social. Nesse estudo, foi analisado o caso da Onda Carioca, uma ONG localizada na comunidade do Terreirão, Rio de Janeiro, onde desenvolve projetos socioambientais e na qual foi realizado um diagnóstico e proposto um projeto para a melhoria de suas atividades produtivas. A coletada de dados foi feita através de visitas e entrevistas informais com os responsáveis pela ONG e voluntários.

Com estas informações obteve-se o embasamento necessário para que, através de um PDCA, fosse determinada a causa raiz dos problemas encontrados, como também se propusesse soluções. A proposta objetivou o alcance sustentável mensal do ponto de equilíbrio financeiro (break even point), de forma a garantir a manutenção das atividades básicas da ONG durante períodos onde não houvesse o capital necessário para financiar grandes projetos. A proposição final foi baseada no mapeamento de processos de trabalho, no estudo de layout da produção e na análise da estrutura organizacional. O caso da Onda Carioca se torna ainda mais pertinente por demonstrar que os projetos de melhoria usualmente aplicados a organizações mais estruturadas também ali se aplicam, contribuindo para o estabelecimento de uma organização dinâmica, onde pessoas criativas, mesmo não especialistas em suas funções, tenham condições de empreender e inovar, gerando impacto social no local onde atuam.

Palavras-chave: melhoria de processos, SIPOC, PDCA, Layout, sustentabilidade financeira

1. INTRODUÇÃO

O empreendedorismo social assume um papel importante no combate aos problemas crônicos da sociedade. Carência de acesso a informação, de capacitação profissional, de acesso à educação básica, de infraestrutura, de assistencialismo, são apenas alguns exemplos de adversidades enfrentadas no âmbito nacional e internacional, cuja superação vem exigindo esforços hercúleos dos governos, ainda ineficazes na abrangência de seus projetos. Ademais, o crescimento populacional projetado para economias emergentes nas próximas décadas e eventuais crises político-econômicas sobrecarregarão ainda mais os governos em suas obrigações sociais (MAÑAS e DE MEDEIROS, 2012).

Sob tal perspectiva, o estímulo aos agentes com o potencial de promover mudanças relevantes mostra-se uma opção inteligente, que não apenas ampliaria o alcance das políticas inclusivas, como promoveria o compartilhamento da crescente responsabilidade social. Atualmente, diversas entidades agem nesse sentido, sejam empresas tradicionais cujo negócio gera impacto social, sejam Organizações não Governamentais (ONG's) / Organizações da Sociedade Civil de Interesse Público (OSCIP's). Entretanto, para a maioria dessas instituições, ainda há inúmeros obstáculos burocráticos, políticos e organizacionais que devem ser administrados para despertar todo o seu potencial transformador. Este artigo procura evidenciar que se utilizando de conhecimentos gerenciais relativamente simples é possível manter ou tornar viável um negócio de alto impacto social.

Tendo em vista este objetivo, foi realizado um trabalho de campo junto à Onda Carioca, uma organização sem fins lucrativos situada na comunidade do Terreirão, bairro do Recreio dos Bandeirantes, no Rio de Janeiro. A ONG possui diversas iniciativas tais como biblioteca comunitária e o projeto costurando que utiliza lonas para fabricar peças, embora algumas se encontrem paralisadas devido ao encerramento do contrato com investidores, em função da crise econômica.

Semelhante entrave, como atesta a abordagem empírica deste artigo, é corroborado por dados históricos do terceiro setor, sendo apenas agravado pelo atual cenário econômico. Ademais, desafios como a captação de recursos humanos, a dificuldade de autopromoção e a legitimidade jurídica também estão presentes. Há casos ainda onde a ausência de controle do poder público gera exposição e fragilização do negócio, como no caso apresentado neste estudo.

A Onda Carioca enfrenta impasses políticos com a subprefeitura, se localiza numa área controlada por milicianos e necessita de ajustes jurídicos em seu estatuto. A organização do trabalho dificulta o estabelecimento de prioridades; a situação financeira da produção existe como um fator desgastante para os funcionários, consumindo tempo e energia não empregados na resolução de pendências críticas ou mesmo nos próprios projetos. A proposta final apresentada para a organização, cujos parâmetros serão detalhados a seguir, foram baseadas na aplicação de ferramentas de diagnóstico de problemas, estudo de tempos e de layout, visando à diminuição de homem-hora (HH) necessárias para a gestão da produção, redução de custos operacionais, criação de novas rotinas de trabalho e uma nova ferramenta de precificação dos produtos para permitir o ganho em escala nas vendas.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 TERCEIRO SETOR E ONGS

Por um longo período questionou-se a dicotomia do terceiro setor, que opera internamente como instituição privada, enquanto preenche o papel assistencialista estatal, sem visar ao lucro. Há, entretanto, características chave que o diferencia dos demais setores: o princípio de atender ao social e não possuir fins lucrativos; a prática da ajuda mútua, da solidariedade e do trabalho voluntário; o vínculo com os direitos humanos; a motivação para o trabalho e a aglutinação de pessoas e entidades que visam ao bem comum e se identificam com os princípios mencionados (Ramos, 2007).

As Organizações Não-Governamentais (ONGs) são estruturas que surgem a partir de iniciativas dos próprios cidadãos e visam atender a demanda de problemas ligados a específicas causas sociais. Podem ser vistas apenas como organizações independentes devido ao fato de não estarem vinculadas ao Estado, como também ser tratadas equivocadamente como públicas dado seu envolvimento em problemas sociais, no entanto, tratam-se de sociedades civis privadas. Tal fator pode ser dado por não almejarem o lucro direto, e sim a complementação do atendimento às demandas coletivas de uma determinada comunidade. (TENÓRIO, 2005, p.7).

Da mesma forma podem orientar-se por criar condições para que um grupo que não consegue se expressar por si e agir em sua própria defesa passe a se fortalecer e atuar com autonomia, afirmando seus próprios interesses e tomando decisões (GHANEM, 2012).

2.2 MELHORIA DE PROCESSO

A melhoria de processos consiste na análise crítica de uma operação produtiva almejando o aumento da qualidade de um processo ou produto. Slack (2002, p. 589) argumenta que a melhoria sempre é possível, independente do requinte de uma operação ou de sua gestão atual. Esse aperfeiçoamento é simplificado quando se consegue a identificação de suas deficiências.

A melhoria só tem significado em termos de observação com base em critérios determinados. Em outras palavras, a melhoria é um conceito útil quando é definido por características como mais rápido, mais fácil, mais eficiente, mais eficaz, menos dispendioso, mais seguro, mais rápido e assim por diante (LANGLEY et al., 2009).

Dentre as diversas ferramentas que permitem esta visualização para melhoria de processo, a análise de fluxogramas é abordada neste trabalho. Segundo Slack, (2002, p. 612) os fluxogramas são úteis para registrar todo e qualquer tipo de fluxo de um processo, abordando-os mesmo em qualquer estágio.

2.3 PDCA

Deming (1982), defende que se deve sempre e constantemente melhorar o nível de produção e serviço, objetivando o aumento da produtividade, da qualidade e a redução de custos. Para tanto, o PDCA (abreviação do inglês Plan, Do, Check e Act), instrumento de sua criação, possibilita o aperfeiçoamento contínuo de uma organização.

Segundo Werkema (1995), o ciclo PDCA nada mais é que um método gerencial de tomada de decisões para garantir o alcance das metas necessárias à sobrevivência de uma organização. O PDCA utiliza de diversas ferramentas de análise para obtenção de resultados que facilitem a tomada de decisão, garantindo a manutenção dos resultados almejados.

O ciclo pode ser dividido nas seguintes 4 etapas:

- **Planejar:** Consiste na identificação do problema a ser examinado através do mapeamento do processo objeto de estudo. Após, levanta-se hipóteses sobre as possíveis causas e identifica-se a causa raiz do problema, propondo possíveis soluções para a mesma. Por fim, determina-se os objetivos, metas, indicadores e meios para alcançá-la;

- Executar: Capacitar pessoas para realizar as tarefas, levantar recursos para execução, executar o plano de ação e coletar resultados dos indicadores propostos para futura análise;
- Verificar: Comparar resultados encontrados com os esperados. Buscar compreender as causas dessas diferenças;
- Agir: Através da compreensão dos dados anteriores deve-se identificar quais as mudanças necessárias e observar novas oportunidades de melhoria (Melhoria contínua).

2.4. SIPOC

A SIPOC, (abreviação do inglês para Supplier, Input, Process, Output, Customers) é uma ferramenta de melhoria de processos amplamente utilizada, pois possibilita o entendimento e visualização das relações em fluxogramas com clientes e fornecedores de cada subprocesso, como também a definição dos requisitos de cada entrada e saída.

Na opinião de Yamanaka (2013), a SIPOC é de grande auxílio porque há uma maior facilidade para estabelecer os indicadores qualidade quando identificados os clientes de cada atividade do processo, para definir os responsáveis e a inter-relação entre os subprocessos assim como pontos de interesse em qualidade. Sendo, portanto uma ferramenta de visualização sistêmica do processo que propicia a criação de indicadores proativos e reativos.

3. METODOLOGIA

Para atender aos requisitos desta investigação, a metodologia de pesquisa consistiu em um estudo de caso, com abordagem exploratória. A primeira etapa, o levantamento de dados, foi realizada a partir de duas visitas técnicas, por meio entrevistas com funcionários da organização. Previamente ao primeiro contato com a equipe, foram definidos tópicos para o questionamento e durante a mesma, havia pessoas responsáveis pela anotação das informações recebidas. O objetivo das visitas era identificar e caracterizar o processo produtivo e o local de trabalho, trazendo uma visão geral de sua estrutura. As entrevistas, por sua vez, tinham por alvo a maior compreensão das atividades realizadas, bem como a observação do envolvimento de cada uma das partes nos processos.

Durante as visitas foram entrevistados todos os 6 funcionários da ONG. Cada um possui papel central em suas funções para a empresa. O fundador presidente, advogado, é responsável pelas diretrizes da empresa e pela gestão de parcerias; A produção e a área financeira ficam a cargo de uma funcionária, formada em comunicação social; Uma terceira funcionária era responsável pela loja de produtos reciclados e área comercial; O desenvolvimento de novos produtos e definição dos layouts do setor produtivo são gerenciados pela quarta funcionária, arquiteta; os dois últimos funcionários atuam na produção, uma como costureira, e outro, responsável pelo corte das lonas.

Com os dados coletados, seguiu-se para a segunda etapa: visualizar, compreender e analisar o processo de captação de recursos financeiros. Foi realizado um mapeamento do único processo produtivo da empresa, a reciclagem das lonas vinílicas, em um fluxograma de operação. Em seguida, construiu-se uma matriz SIPOC para entender quais são os requisitos de qualidade para a entrada e saída de cada etapa do processo, assim como para definir cada um dos stakeholders. Utilizou-se o PDCA para definir os problemas do processo atual de captação de recursos e sua causa raiz. A partir daí, foi proposto um novo modelo de captação de recursos, definidos objetivos, metas e indicadores de desempenho para os novos processos. As etapas referentes ao Do, Check e Act serão indicadas para a continuidade do trabalho após a implementação das propostas aqui construídas.

4. ESTUDO DE CASO

4.1. – A ORGANIZAÇÃO ONDA CARIOCA

A Onda Carioca iniciou suas operações em 2005, como um periódico voltado à conscientização sobre o impacto da implantação dos quiosques da orla carioca na vida dos trabalhadores locais. Seu primeiro projeto como ONG, o Grãos de oportunidade, oferecia suporte técnico e político aos autônomos e perdurou mesmo depois de encerrados outros projetos socioeducativos paralelos. Em 2011, a ONG se reinventou, criando iniciativas socioambientais na comunidade do Terreirão. Atualmente, localiza-se na praça Eurico Alencastro Massot, cedida pela prefeitura aos seus cuidados, num edifício de dois andares formado por dois contêineres sobrepostos.

4.2. DIAGNÓSTICO INICIAL

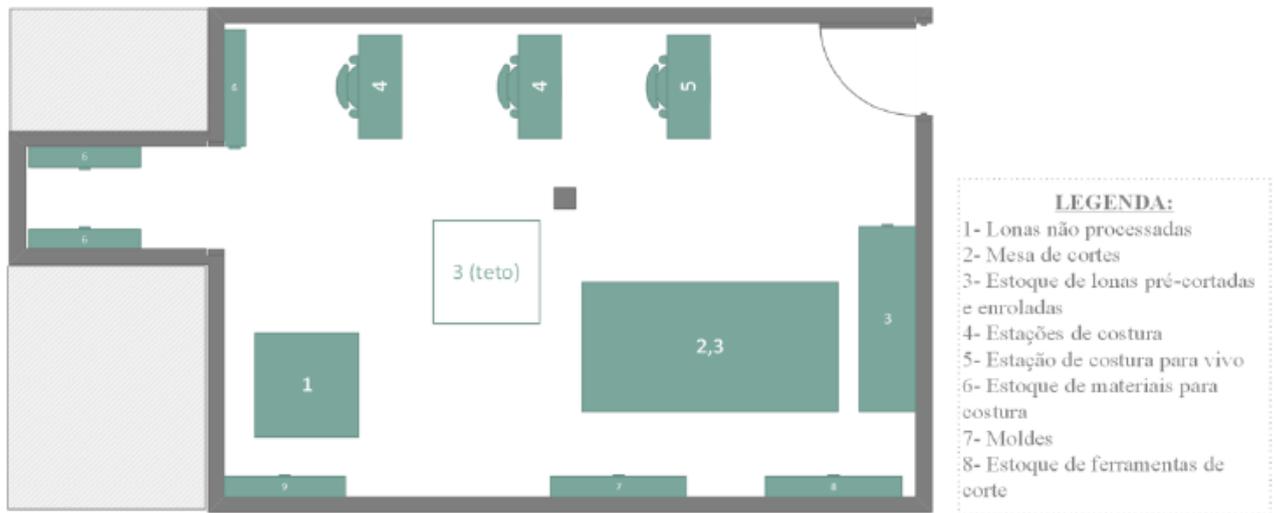
As primeiras observações dizem respeito a organização da empresa e do local de trabalho. Enquanto o andar superior da estrutura formada por contêineres se encontrava adequadamente organizado, no térreo, a produção era caótica. Os estoques de matéria prima e pré-fabricados eram dispostos próximos aos locais de utilização de forma improvisada e acumulativa. Segundo os funcionários, a correta disposição das lonas deve ser na posição horizontal, formando pilhas e nunca em rolos para que não surjam dobras e amassados irreversíveis sobre o tecido. As lonas chegavam dobradas, e possuíam tamanhos variados, chegando até 15 metros de comprimento por 10 de largura, sendo depositadas em uma grande e pesada pilha, que impossibilitava a retirada de lonas em posições inferiores.

Figura 1 – Layout original da ONG (fevereiro de 2016)



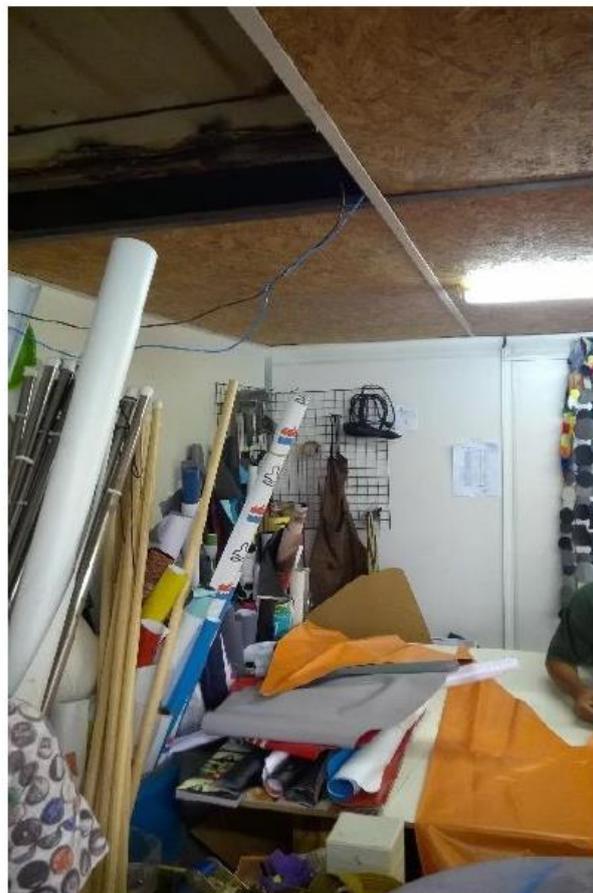
Fonte: Os autores

Figura 2 – Layout original, vista superior (MS Visio)



Fonte: Os autores

Figura 3 - Layout original da ONG (fevereiro de 2016)



Fonte: Os autores

A resistência e a durabilidade do material permitem que sejam trabalhadas de forma multivariada. Havia moldes desenvolvidos para mais de 100 produtos: mochilas, estojos escolares, guarda-sóis, bolsas diversas, porta-moedas, entre outros. Além disso, a variedade de estampas e cortes, imprimia na produção alta variabilidade e customização. O maquinário utilizado permitia o corte limpo de inúmeras camadas de lonas simultaneamente; há autonomia no desenvolvimento dos cortes para obter os destaques desejados das estampas nos produtos finais, assim como para aprimorar este processo, o que não é exigido, mas que resulta do esforço individual empregado pelo cortador.

As lonas eram cortadas de duas formas: em rolos de comprimento menor e a partir destes, em peças para posterior costura e formação do produto final. A armazenagem destes subprodutos, no entanto, era aleatória e muitas vezes a perda de qualidade implicava em seu descarte. Ainda assim, devido à economia de espaço gerada, era uma prática comum. Os rolos eram armazenados em redes presas ao teto, em vários locais. Os funcionários relataram que faltavam recursos financeiros e tempo para pensar em uma solução definitiva de organização. Não havia controle de estoque; os preços finais dos produtos baseavam-se em suposições de custo, o que os tornava excessivamente caros.

Atualmente, os produtos reciclados possuem um papel central na sustentabilidade financeira da ONG. Empresas que publicam em lonas vinílicas são obrigadas por lei a descartá-las apropriadamente, o que permitiu à Onda Carioca firmar parcerias nas quais se responsabiliza pelo reuso das lonas. A mais significativa acontece com a CNSeg, que compra bolsas personalizadas com sua logo para fins publicitários, o que, mesmo com a renda proveniente das vendas, é insuficiente para cobrir todos os custos, obrigando o presidente a contribuir mensalmente com uma parcela de suas finanças pessoais.

Tal situação permite apenas que projetos de custo reduzido sejam tocados, como o projeto Praça do Futuro, que, por meio de investimentos de terceiros no passado, reintegrou a praça Eurico Alencastro Massot à comunidade, que se tornou palco de outras iniciativas. A biblioteca comunitária não exige cadastro, disponibilizando livros em prateleiras dispostas na própria praça protegendo-os adequadamente do clima; a Roda Cultural, um encontro onde já compareceram mais de 3000 moradores, reúne rappers renomados num show onde temas sociais, políticos e histórias de superação são improvisados em músicas. A praça ainda se encontra em boas condições e as reformas realizadas há 5 anos estão plenamente funcionais.

Em recente pesquisa, promovida pela ONG com os moradores da comunidade, foi apontado que 98% deles apoia e usufrui dos trabalhos realizados ali.

Na administração, também foram relatadas adversidades. A presidência divide sua dedicação com seu cargo no BNDES, minimizando o tempo em que atua na ONG. Ali, seu tempo se dedica a múltiplas atividades, desde a manutenção da praça, auxiliando os funcionários, no contato com os agentes sociais locais ou na procura de editais para angariar patrocínios. Toda e qualquer iniciativa tomada pela Onda Carioca é norteada valores da organização, (destaca-se entre eles a transparência) cujo presidente é metódico em seguir. Os projetos já sugeridos por diversas empresas, devem trazer consigo um arcabouço publicitário que permita ao interlocutor imergir nos valores, história e missão da Onda Carioca, convidando-o para conhecer de pessoalmente o trabalho da instituição. Por meio do contato próximo com visitantes, simpatizantes e contatos, obteve-se o apoio necessário para conclusão de diversos projetos.

4.3. DEFINIÇÃO DO PROCESSO CRÍTICO

Na organização em questão, os administradores possuem objetivos claros, mas perde-se o foco constantemente pela ausência de indicadores, metas e estratégias em relação ao que pretendem alcançar. Ademais, por trabalhar de maneira totalmente empírica, sempre agem corretivamente em caso de eventualidades. Por sua vez, a desorganização na gestão orçamentária, o layout do setor operacional e ausência de visão estratégica das atividades culminam no revés financeiro, que, agravado pela falta de patrocínio, limita o prosseguimento dos projetos.

Portanto, a falta de independência financeira, ou seja, a falta de caixa para cobrir despesas revela-se o principal problema da organização. Por este motivo, esta pesquisa objetivou o levantamento de dados para tornar o processo de precificação dos produtos coerente, tendo em vista o ganho em escala.

4.4. ANÁLISE DO PROCESSO CRÍTICO: MATRIZ SIPOC, PDCA E FLUXOGRAMA

4.4.1. MATRIZ SIPOC

Para a análise do processo produtivo, elaborou-se uma matriz SIPOC visando à identificação de inputs, outputs, atributos que impactam na qualidade do serviço e stakeholders.

S	I	KPV	P	O	KPOV	C	CTQ	
EMPRESAS, SETOR DE LIMPEZA	LONA TAMANHO ORIGINAL	LIMPEZA DAS LONAS	1	LEVAR LONA ATÉ A BANCADA	LONA POSICIONADAS NA BANCADA	ESTICAMENTO E POSICIONAMENTO DA LONA NA MESA	SETOR DE CORTE	LIMPEZA
SETOR DE CORTE	LONA NA BANCADA, MÁQUINA DE CORTE	ESTICAMENTO E FUNCIONAMENTO DA MÁQUINA	2	CORTAR LONAS EM TAMANHOS MANIPULÁVEIS	LONAS CORTADAS	DIMENSÃO DOS CORTES	SETOR DE CORTE	DIMENSÃO PADRÃO
SETOR DE CORTE	LONA CORTADA, ESTANTE	DIMENSÕES DA LONA	3	ARMAZENAR LONAS CORTADAS	LONAS CORTADAS ARMAZENADAS		SETOR DE CORTE	
SETOR DE CORTE	MOLDES DIFERENTES		4	SELECIONAR MOLDE ADEQUADO	MOLDE SELECIONADO		SETOR DE CORTE	
SETOR DE CORTE	LONA CORTADA	DIMENSÕES DA LONA	5	EMPILHAR LONAS	LONAS EMPILHADAS	NÚMERO DE LONAS (MÁX. 70)	SETOR DE CORTE	
SETOR DE CORTE	LONA CORTADA, MÁQUINA DE CORTE	DIMENSÕES DA LONA E FUNCIONAMENTO DA MÁQUINA	6	CORTAR CONJUNTO DE LONAS	LONAS INDIVIDUAIS CORTADAS	DIMENSÃO DOS CORTES	SETOR DE CORTE	DIMENSÃO PADRÃO
SETOR DE CORTE	LONA CORTADA, ESTANTE		7	ARMAZENAR LONAS MOLDADAS	LONAS INDIVIDUAIS MOLDADAS E ARMAZENADAS	ESTICAMENTO DAS LONAS	SETOR DE CORTE	
SETOR DE CORTE	LONA CORTADA, FOLHA DE METAS SEMANAIS		8	SELECIONAR TIPO DE PRODUTO E QUANTIDADE	PRODUTOS SELECIONADOS E QUANTIFICADOS		SETOR DE CORTE	
SETOR DE CORTE	LONAS SELECIONADAS		9	TRANSPORTAR LONAS ATÉ ESTAÇÃO DA COSTUREIRA	LONAS NAS ESTAÇÕES DE COSTURA	ESTICAMENTO E POSICIONAMENTO DAS LONAS	SETOR DE COSTURA	
SETOR DE CORTE	LONAS SELECIONADAS, LINHO, MÁQUINA DE COSTURA	ESTICAMENTO	10	COSTURAR LONAS	LONAS COSTURADAS	ACABAMENTO DA COSTURA	SETOR DE COSTURA	COSTURA PADRÃO
SETOR DE COSTURA	LONAS SELECIONADAS, LINHO, MÁQUINA DE COSTURA, ITENS		11	COSTURAR ITENS ADJACENTES ÀS LONAS	PRODUTOS SEMI-ACABADOS	ACABAMENTO DA COSTURA	SETOR DE COSTURA	COSTURA PADRÃO
SETOR DE COSTURA	PRODUTO, SECADOR DE CABELO		12	AQUECER PRODUTO	PRODUTOS AQUECIDOS		SETOR DE COSTURA	MALEABILIDADE
SETOR DE COSTURA	PRODUTO	MALEABILIDADE	13	INVERTER PRODUTO	PRODUTO PRONTO	RESISTÊNCIA DO PRODUTO	SETOR DE COSTURA	
SETOR DE COSTURA	PRODUTO, ESTANTE	ACABAMENTO, QUALIDADE DAS COSTURAS	14	ARMAZENAR PRODUTO	PRODUTO PRONTO E ARMAZENADO		SETOR DE COSTURA	

Tabela 1: Matriz SIPOC

Fonte: Os autores

Observando a SIPOC, podemos identificar o fator movimentação como sendo o gargalo do processo, acarretando a perda de tempo em retrabalhos, impactando negativamente os custos e, conseqüentemente, a precificação dos produtos.

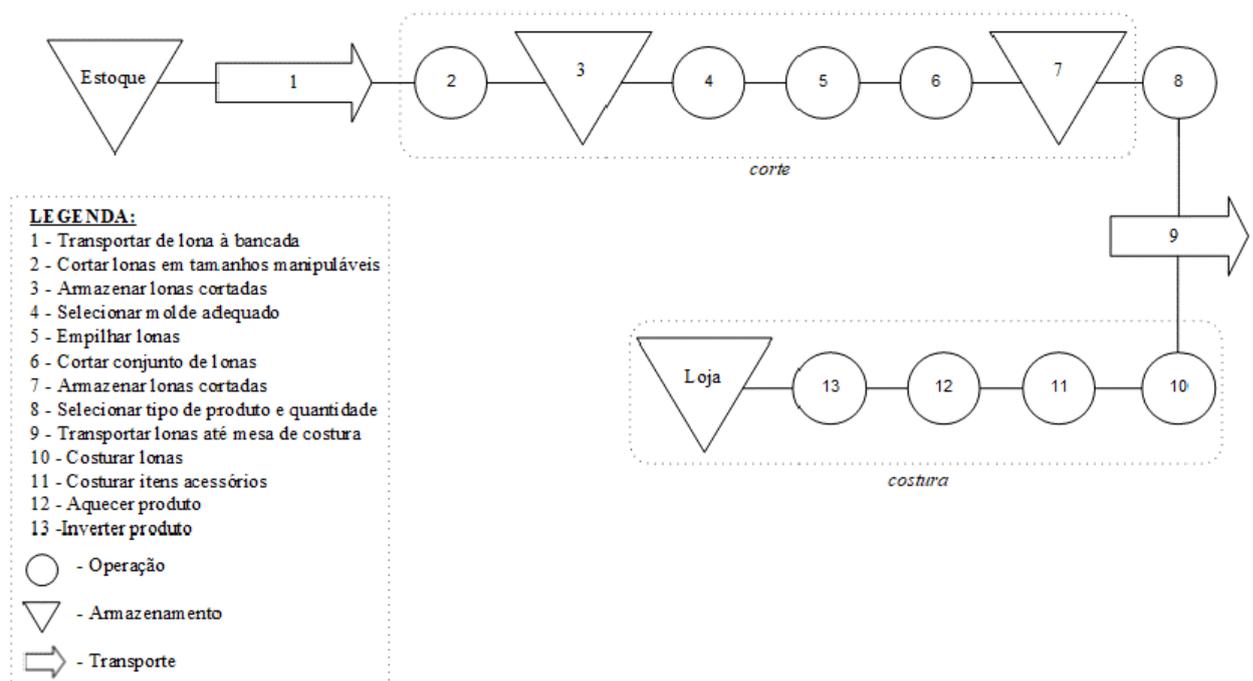
4.4.2. PDCA

Utilizou-se a estrutura do PDCA como método de identificação de problemas, causa raiz e para projeção de soluções e planejamento da implementação das melhorias propostas. Por este motivo, as fases do, check e act não serão contempladas na presente análise.

4.4.2.1. PLANEJAMENTO

Durante a análise, verificou-se que os recursos eram insuficientes para a manutenção das atividades sociais. Tal entrave deve-se à falta de informações sobre o processo produtivo, impossibilitando assim, a correta precificação dos produtos. Nesse sentido, o mapeamento apresentado na Figura 4 foi essencial como ponto de partida, porque forneceu uma visão clara das características do processo.

Figura 4: Mapeamento do processo de produção de bolsa personalizada



Fonte: Os autores

Com o mapeamento e entrevistas, iniciou-se então o levantamento de possíveis causas para o problema. Enumerou-se a alta desorganização no local de trabalho; baixa diversificação dos meios de captação de renda (somente o processo de reciclagem de lona gera renda); desconhecimento dos tempos de produção do portfólio; precificação incoerente aos gastos

produtivos; possíveis entraves políticos que limitem o alcance dos projetos; desconhecimento de ferramentas e práticas de gestão por parte dos membros.

Entre os problemas analisados, identificou-se a causa raiz das complicações organizacionais como o desconhecimento de ferramentas e práticas de gestão. Apesar do fluxo de caixa ter sido valorizado como essencial para a realização de projetos, julgou-se que este reflete a falta de um planejamento estratégico aliado ao objetivo central da empresa, impossibilitando assim feedbacks pragmáticos acerca dos processos decisórios em todos os níveis hierárquicos.

Tendo em vista a natureza estrutural e cultural do problema, propôs-se que a solução não se limitasse à reestruturação pontual do processo produtivo, aliando a mesma à preparação dos funcionários para futuras adversidades. Portanto, a capacitação em ferramentas de gestão e softwares de produtividade básicas, paralelamente à racionalização do ambiente de trabalho, por meio da otimização do layout e estudo de tempos foi a solução escolhida para fornecer as informações adequadas à precificação dos produtos.

Figura 5 - Layout proposto (perspectiva)

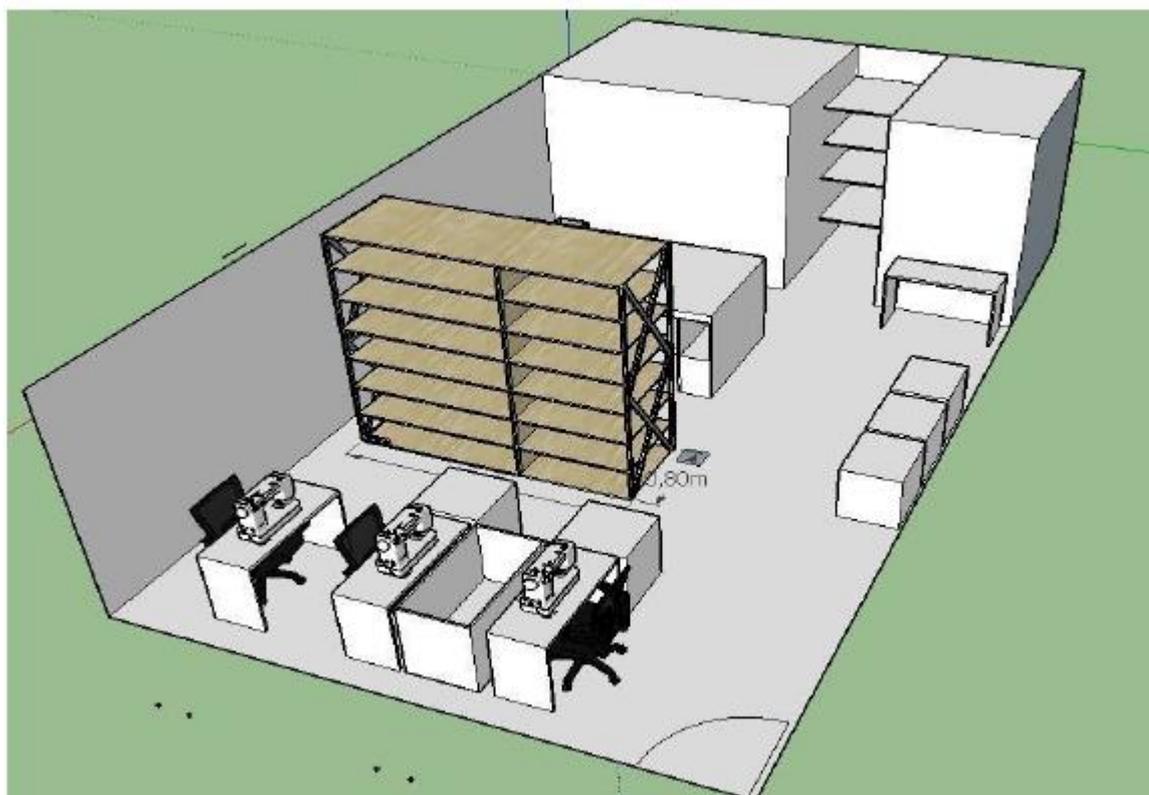
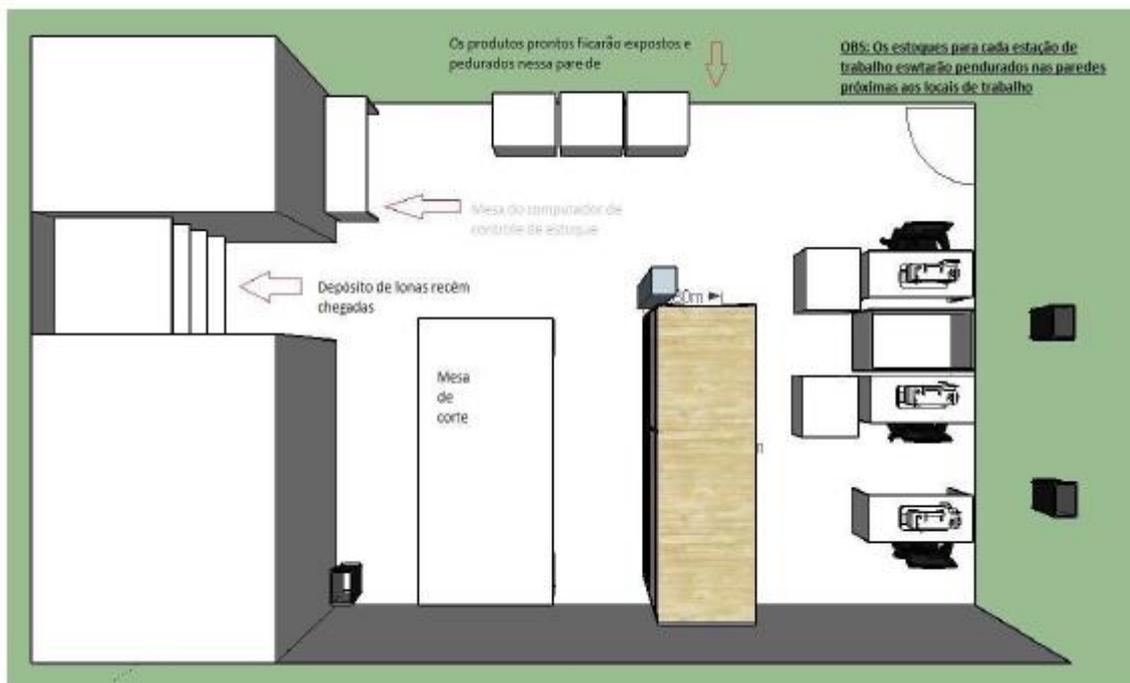


Figura 6: Layout proposto (vista superior)



Fonte: Os autores

Pretende-se com tal proposta, garantir a independência financeira e manutenção do negócio na ausência de financiamento de terceiros, promovendo a efetividade dos processos produtivos e decisórios. Para tanto, inicialmente, sugeriu-se uma meta de vendas modesta: alcançar ao final do terceiro mês, a sustentabilidade financeira com margem de segurança de 10% sobre o break even point. Seus indicadores de desempenho seriam: fluxo de caixa, número de clientes fidelizados, nível de estoque e quantidade de produtos vendidos.

Prevê-se, para semelhante tarefa, que por meio do levantamento de fornecedores e pessoal, sejam adquiridas novas prateleiras, criadas planilhas para controle de estoque, realizado o estudo de tempos, reorganizada a produção e ministrados os workshops para os funcionários. Consequentemente, espera-se o aprimoramento da visão estratégica e da visão sistêmica dos ambientes aos quais a ONG se insere por parte dos decisores, bem como o aumento da produtividade em razão da otimização do layout e, principalmente, a independência financeira da ONG. Por fim, como ações de contingência para eventuais imprevistos salienta-se a importância do monitoramento constante dos indicadores propostos e de circunstâncias políticas/jurídicas adversas.

4.2.2.2. PLANO DE AÇÃO DA EXECUÇÃO

Primeiramente, devem-se criar as planilhas de controle de estoque e precificação, para que sejam armazenados os dados provenientes do estudo de tempos e gerados os novos preços de venda do portfólio, então, inicia-se a mudança do layout. Paralelamente a todas essas atividades, capacita-se os funcionários em relação às práticas de gestão e softwares de produtividade.

Deve-se levar em consideração todos os stakeholders impactados pela implementação do projeto e seus resultados. O relacionamento com os mesmos deve ser gerenciado durante a implementação. Destacam-se aqui a comunidade do terreirão e os funcionários da ONG. Ao final do projeto, considerar-se-á o experimento bem-sucedido caso haja o aumento da capacidade produtiva e a existência de fluxos de caixa positivos oriundos somente da venda de produtos.

Para o prosseguimento deve-se validar o modelo proposto, detalhando os procedimentos de implementação, ajustes, padronização e tratamento de resultados, característicos das fases empíricas Do, Check e Act do PDCA.

4.4. ANÁLISE CRÍTICA DA PROPOSTA/ESTUDO

A metodologia, assim como as ferramentas utilizadas na construção das soluções propostas, depende intrinsecamente da qualidade das informações coletadas. Fatores como a parcialidade dos depoimentos e imprecisão dos dados fornecidos são variabilidades esperadas dentro de estudos que abordam questões subjetivas. Para mitigar tais efeitos, procurou-se manter contato constante com a ONG entre o período das visitas, apresentar os resultados formulados a todos os funcionários e receber destes um feedback construtivo, que resultou num alinhamento maior dos objetivos do projeto com as expectativas dos trabalhadores.

Os citados estudos de tempo e a ferramenta de precificação, necessitam da reformulação do layout do local de trabalho, para se obter os dados referentes aos custos associados a cada produto, o que não foi concluído a tempo hábil para o envio deste artigo. Justifica-se, portanto, sua ausência.

5. Conclusão

No presente estudo de caso, abordou-se em profundidade a rotina de uma organização sem fins lucrativos. Se por um lado existe a disposição, a competência e a superação de uma equipe, que durante anos vem implementando iniciativas de alto impacto local, por outro, a ausência do capital de giro necessário representa séria ameaça à continuidade dos serviços prestados. A sobrevivência dos pequenos negócios é um desafio conhecido, muito mais árduo, porém, é o daqueles que não têm fins lucrativos. A natureza de tais instituições, não garante a disponibilidade de mão de obra especializada nas funções que exerce, nem métodos tradicionais de captação de renda, além de estarem expostas a inúmeros riscos, tornando-as frágeis perante as condições de mercado flutuantes, que podem embargar em definitivo suas atividades e contribuir, infelizmente, para o desestímulo ao surgimento de iniciativas semelhantes. Nesse contexto, o conhecimento de ferramentas gerenciais, se mostra um diferencial importante para auxiliar tais organizações a cumprirem com seu papel social.

As peculiaridades do exemplo tratado neste artigo são alicerces fundamentais no suporte dessa teoria. A existência de uma equipe reduzida, altamente motivada e com um histórico consistente de projetos de sucesso, descarta que sejam irrelevantes os conhecimentos gerenciais, caso contrário, não haveriam problemas estruturais graves como os diagnosticados aqui. Finalmente, o embasamento teórico aplicado na estruturação deste artigo, ratifica os resultados encontrados.

Portanto, fica demonstrada a veracidade da hipótese levantada, de que se utilizando de conhecimentos gerenciais, é possível criar modelos de gestão sustentáveis para negócios de alto impacto social. Resta ainda, para estudos posteriores, a análise da implementação de tais modelos. Espera-se com tais resultados, incentivar mais estudos que os corroborem, servindo também como sólida base para a promoção de empreendimentos sociais viáveis e que, dessa forma a sociedade seja impactada positivamente no futuro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GHANEM, E. (2012). As ONGs e a responsabilidade governamental com a escola básica no Brasil. *Pro-Posições*, 23(2), 51–65. <https://doi.org/10.1590/S0103-73072012000200005>

HAMPTON, David R. *Administração Contemporânea: teoria, prática e casos*. São Paulo: McGraw-Hill, 1980, p.370.

LANGLEY, G. J., Moen, R. D., Nolan, K. M., Nolan, T. W., Norman, C. L., & Provost, L. P. (2009). *The improvement guide: a practical approach to enhancing organizational performance*. John Wiley & Sons.

MANÃS, A. V., & DE MEDEIROS, E. E. (2012). Terceiro setor: um estudo sobre a sua importância no processo de desenvolvimento sócio-econômico. *Perspectivas Em Gestão & Conhecimento*, 2(2), 15-29.

RAMOS, G. C. (2007). Terceiro setor: a construção de uma economia da solidariedade. *Revista Ibero-Americana de Estratégia*, 2(1), 105–112. <https://doi.org/10.5585/riae.v2i1.32>

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JONHSTON, Robert. *Administração da Produção*. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2002, p.754.

TENÓRIO, FERNANDO G. *Gestão de ONGs: Principais Funções Gerenciais*. 9ª ed. Rio de Janeiro: FGV, 2005, p.132.

WERKEMA, M.C.C. *Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos*. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia UFMG, 1995. Vol.2.p. 384.

YAMANAKA, Nathalia Nishimura. Mapeamento de processo de supply chain para implantação do SAP. In: ENEGEP, 33, Salvador-BA. Anais... Salvador. 2013. Disponível

em http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013_TN_STO_177_009_22181.pdf. Acesso em 03/04/2015.

Capítulo 10

CADEIA DE VALOR DE UM HOSPITAL – PROPOSTAS DE MELHORIAS E AVALIAÇÃO POR INTERMÉDIO DA SIMULAÇÃO A EVENTO DISCRETO E AVALIAÇÃO ECONÔMICA.

[DOI: 10.37423/200400704](https://doi.org/10.37423/200400704)

Jorge Luiz Sagayama (Centro Universitário FEI).

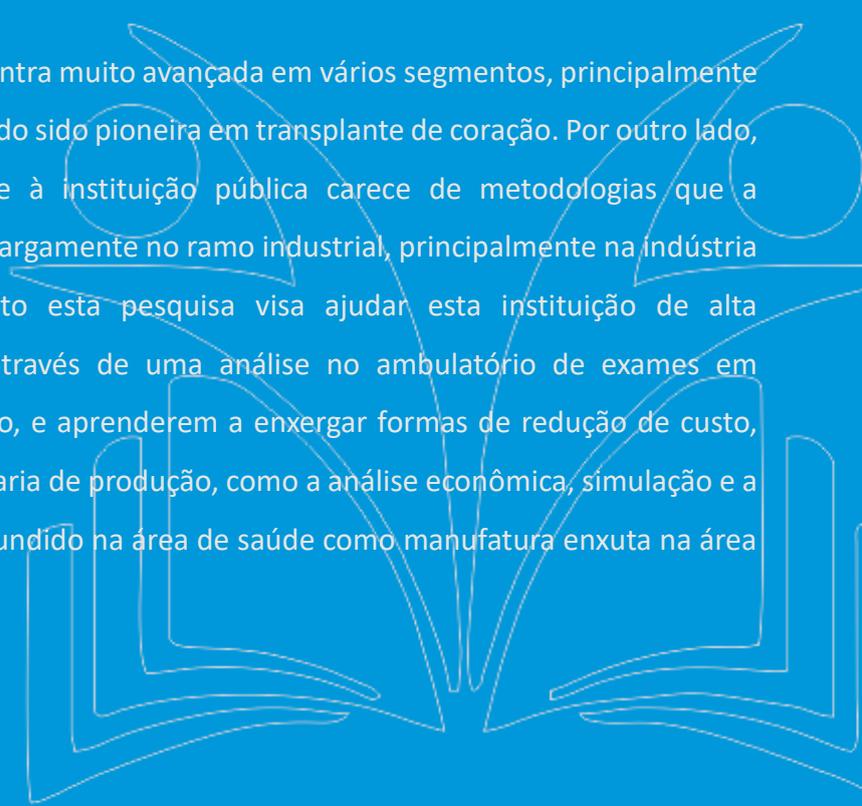
Claudia Aparecida Mattos (Centro Universitário FEI).

João Chang Junior (Centro Universitário FEI).

Aline C. B. Ribeiro (Instituto do Coração do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo - InCor - HCFMUSP).

Alfredo M. da S. Fernandes (Instituto do Coração do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo - InCor - HCFMUSP).

RESUMO: A medicina brasileira se encontra muito avançada em vários segmentos, principalmente no trato de insuficiências cardíacas, tendo sido pioneira em transplante de coração. Por outro lado, esta unidade de análise, pertencente à instituição pública carece de metodologias que a engenharia de produção tem utilizado largamente no ramo industrial, principalmente na indústria automobilística. Diante deste contexto esta pesquisa visa ajudar esta instituição de alta complexidade, a se desenvolverem através de uma análise no ambulatório de exames em pacientes com marca passo implantado, e aprenderem a enxergar formas de redução de custo, com metodologias derivada da engenharia de produção, como a análise econômica, simulação e a manufatura enxuta, sendo também difundido na área de saúde como manufatura enxuta na área de saúde.



Estas metodologias em conjunto propiciam o desenvolvimento e testes de cenários que facilitarão aos responsáveis pela gestão do hospital a tomarem as melhores decisões antes de modificarem o mundo real.

Palavras-chave: Custo Hospitalar; Manufatura Enxuta Hospitalar; Manufatura Enxuta na Área de Saúde Mapeamento da Cadeia de Valor; Simulação na Área de Saúde, Custo da Cirurgia Hospitalar.

1. INTRODUÇÃO

A presente pesquisa utiliza como objeto de análise um hospital público, pelo seu pioneirismo em transplante do coração e pela sua importância e significado perante a sociedade brasileira; em especial à comunidade médica com a atualização constante no trato das doenças do coração. Por outro lado, o sistema de saúde no Brasil figura numa colocação global expressiva em uma lista publicada referente aos encargos econômicos causados por insuficiências cardíacas, cuja cifra atingiu o valor de 1,578 bilhões de dólares no ano de 2010, e tais valores continuarão a subir (COOK *et al.*, 2014). Os mesmos autores citam que o problema de insuficiência cardíaca é um fenômeno global e atinge, segundo estimativa, de 1 a 2% da população. Estas insuficiências cardíacas ocasionaram 300.000 internações no Brasil com cerca de 50.000 mortes, em 2010, e aproximadamente metade delas foram causadas por arritmias cardíacas. Uma das terapias recomendadas é o implante de marca passo que ainda é onerosa para o sistema público de saúde, mas que representa para o paciente um aumento no ciclo de vida, assim como a redução do risco de morte súbita (RIBEIRO *et al.*, 2010). Também relatado pelos mesmos autores que estudos adicionais para a redução de custo do marca passo devem ser organizados para se reduzir o impacto nas decisões dos administradores da saúde pública no Brasil e propiciar a ampliação do número de cirurgias de marca passo. Estudos efetuados por outros pesquisadores na Europa revelaram que o custo da terapia do marca passo em relação às despesas relativas ao total dispendido na área de saúde representa uma parcela muito pequena, ou seja, de 0,2% (CAMM; KLEIN; NISAM, 2007). Por fim, táticas devem ser empreendidas para reduzir os custos de acompanhamentos dos pacientes implantados da ordem de 42 dólares por paciente (LADAPO *et al.*, 2016).

Para auxiliar os profissionais da área de saúde a localizarem as oportunidades, a metodologia da manufatura enxuta (*lean manufacturing*) contribui para a redução do custo pela integração interna da organização, como comprovado em recente pesquisa (DOBRZYKOWSKI; MCFADDEN; VONDEREMBSE, 2016). Adicionalmente, o *lean* apresenta um conjunto de ferramentas descritas por Rutledge, Xu e Simpson (2010), que podem ser transmitidas para todos os níveis da organização; uma dessas ferramentas é o mapeamento da cadeia de valor (*value stream mapping - vsm*), cujo principal objetivo é ensinar as pessoas a enxergarem as oportunidades pela classificação das atividades que agregam valor e aquelas que não agregam valor no fluxo da cadeia de valor (WOMACK; JONES; ROOS, 1991). Como metodologia complementar ao *lean*, a simulação a evento discreto possibilita o debate de

alternativas e ajuste de ideias e conflitos (ROBINSON *et al.*, 2012). Um destes estudos foi realizado num laboratório automatizado com a finalidade de melhorar o ciclo dos exames (YANG *et al.*, 2015). Entretanto, poucos estudos utilizando a simulação e *Lean* têm sido desenvolvidos (BARIL *et al.*, 2016).

Finalmente, diante destes desafios, esta pesquisa formula a seguinte questão: Como ajudar os profissionais do ambulatório de avaliação de marca passo de um hospital público a enxergarem oportunidades de melhoria e decidirem por aquelas que beneficiem o paciente e o hospital?

Os objetivos desta pesquisa são:

- a) “Aumentar a quantidade de atendimentos em um hospital público, por meio da utilização do *vsm*, simulação a eventos discretos e análise econômica, em pacientes com marca passo implantado”.
- b) “Auxiliar os profissionais do ambulatório de avaliação de marca passo com metodologias da análise econômica, simulação e *vsm*”.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

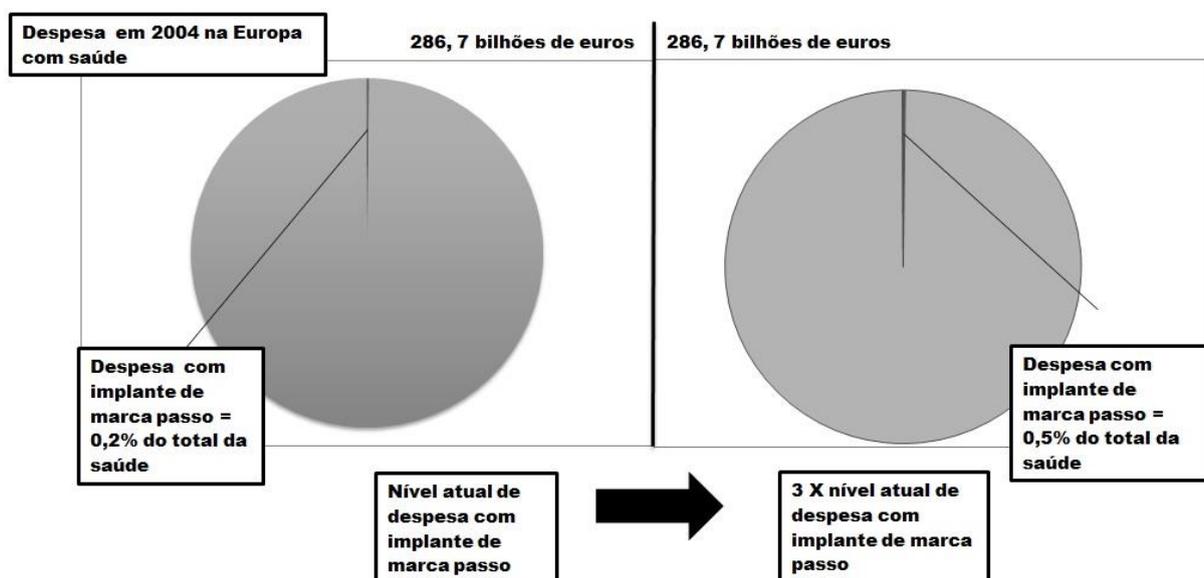
2.1. CUSTOS DO MARCA PASSO

O Brasil figura na liderança dos encargos com a insuficiência cardíaca na América Latina, cuja distribuição destes custos se divide em 14% para custos indiretos provenientes de despesas da perda de produtividade resultante da morbidade e mortalidade, e 86% para custos diretos provenientes de despesas do hospital com serviços, medicações e acompanhamento (COOK *et al.*, 2014).

Os custos analisados pela paridade do poder de compra, por ano de qualidade de vida, pela terapia do implante de marca passo são maiores (na ordem de 50 mil dólares) quando comparados com os custos da terapia convencional por meio de medicamentos apropriados (RIBEIRO *et al.*, 2010). Já outros estudos, que consideram o custo da terapia no longo prazo do marca passo implantado, quando comparado com a terapia convencional, apresentam resultados animadores, ou seja, aumenta em 58% o tempo de sobre vida, além da melhora da qualidade de vida (YAO *et al.*, 2007). Outro aspecto a ser considerado neste montante é a tendência do crescimento deste tipo de terapia que atinge a taxa de 10% em países avaliados como os EUA e Itália (PEDRETTI *et al.*, 2010).

Diante deste quadro, administradores da área de saúde, médicos e outros agentes que decidem sobre a destinação dos recursos, olham com ceticismo para a terapia do marca passo, porém sem considerar o aspecto geral da área de saúde. Na figura 1 está demonstrado o estudo realizado na Europa em que o montante total dispendido nas cirurgias, incluindo seu acompanhamento, totaliza um montante de 0,2% quando comparado com a despesa total na área de saúde. Triplicando-se o número de pacientes atendidos com esta terapia, o montante atinge somente a taxa de 0,5%, indicando aos administradores, médicos e agentes da saúde que a estratégia de direcionar mais recursos para o implante do marca passo é um caminho promissor (CAMM; KLEIN; NISAM, 2007).

Figura 1 - Custo relativo do marca passo e total de custo da área de saúde na Europa



Fonte "adaptada de" (CAMM; KLEIN; NISAM, 2007)

2.2. O LEAN E VSM

Curatolo *et al.* (2013) concluem que para o início da implementação do *lean*, a primeira etapa é começar por um departamento que tenha significado no contexto da organização e que seja uma parte do todo. Mesmo sendo bastante simples, exigem das pessoas muito compromisso e empenho (GIRALDO; MOTHERSELL; MOTWANI, 2015).

Para o desenvolvimento do *vsm* é importante utilizar o princípio doze do Sistema Toyota de Produção (STP), ou seja, *genchi genbutsu*, cuja tradução é: "ver por si mesmo e compreender toda situação" (LIKER, 2005, p. 221). O *vsm* é uma ferramenta que utiliza lápis e papel, desenvolvendo um mapa por meio de ícones padronizados por Rother e Shook (1999). O fluxo

da cadeia de valor é desenhado considerando todas as etapas importantes do processo, ou seja, o fluxo de atividades, os materiais e as informações, identificando os desperdícios com potenciais de melhorias (TEICHGRÄBER; BUCOURT, 2012; YANG *et al.* 2015).

Yang *et al.* (2015) utilizaram esta metodologia para visualizar o fluxo de um laboratório automatizado de análise clínicas de um hospital, estabelecendo diferentes cenários para simular o estado futuro do fluxo do material no laboratório.

Teichgräber e Bucourt (2012) utilizaram o *vsm* com o objetivo de eliminar as perdas de valor não agregado no fluxo da cadeia de valor do *stent endovascular* desde o fornecedor até o cliente final na área do centro cirúrgico de um hospital.

2.3. A SIMULAÇÃO

Baril *et al.* (2016), mencionam que os gerentes da área de saúde têm lançado mão das técnicas de simulação a eventos discretos para analisar o fluxo nos processos que envolvem um hospital, permitindo que rapidamente se produzisse efeito, convencendo todo pessoal da área de hematologia e oncologia dos benefícios do *kaizen*. Também citam que existem poucos estudos utilizando a simulação a eventos discretos pela abordagem do *lean* e propõem o uso da simulação para avaliar os benefícios do projeto de melhoria contínua antes da sua implantação.

Yang *et al.* (2015), aplicaram a simulação com uma estratégia de sistema puxado com o objetivo de otimização do laboratório de análise clínicas totalmente automatizadas.

Robinson *et al.* (2012), realizaram uma pesquisa exploratória sobre a integração da metodologia *lean* e a simulação no contexto da área de saúde e tiraram várias conclusões a respeito, sendo as principais: 1) A simulação e o *lean* são abordagens que raramente são utilizadas em conjunto, mas que por outro lado são metodologias complementares; 2) Aumentou-se o impacto da implementação *lean* sobre os profissionais, reduzindo as barreiras e diminuindo o ceticismo das partes; 3) Esta sistemática permitiu ao alto executivo conhecer antecipadamente todas as alternativas e tomar a decisão mais apropriada.

Segundo Caro (2005), o primeiro componente e central da simulação do evento discreto (*discrete event simulation - DES*) é a entidade, que flui por intermédio da simulação, e protagoniza os eventos. Adicionalmente, simulações em hospitais, na maioria das vezes a entidade é o paciente que tem atributos (por exemplo, idade, sexo, duração da estadia), sendo que cada indivíduo tem um valor específico de cada característica e estes valores são definidos no início da simulação. O segundo maior componente da simulação é o evento que pode ocorrer.

Assim, isto pode ser uma ocorrência de um evento adverso, como exemplo a admissão no hospital, ou uma mudança na dosagem da medicação prescrita. O terceiro componente fundamental da DES é o tempo propriamente dito que por meio do relógio explícito permite o rastreamento da passagem do tempo e sinaliza o início e o fim da simulação.

3. METODOLOGIA

O modelo quantitativo foi elaborado pela análise de publicações dos últimos onze anos (2005 – 2016), utilizando palavras-chave como: *lean healthcare*, *lean healthcare with value stream mapping*, *hospital cost*, *heart cost*, *hospital simulation*, *hospital surgery cost*. As principais fontes de pesquisa foram: Scopus, Web of Science e Portal Periódico CAPES.

Esta pesquisa foi desenvolvida em uma única unidade de análise de um hospital público, denominada de Ambulatório de exames de marca passo, figurando como uma autarquia do governo do estado de São Paulo, com apoio financeiro de uma fundação.

3.1. RECEITA E CUSTEIO

Esta unidade de análise percebe um reembolso por avaliação realizada, do Sistema Único de Saúde (SUS), no valor de R\$ 31,50. Este valor será utilizado para demonstrar a vantagem econômica pelo aumento da quantidade de atendimentos para períodos de um mês e um ano, aplicado ao cenário desenvolvido.

Este estudo também utilizou a demonstração da vantagem econômica pela redução de custo propiciado pelo novo cenário, para os períodos mensal e anual. Os custos envolvidos se restringiram aos valores das remunerações percebidas por um médico clínico titular responsável pelos laudos, quatro médicos residentes e uma auxiliar de enfermagem. Foi utilizado o critério de rateio para o médico clínico e auxiliar de enfermagem; acrescido de uma assistente administrativa.

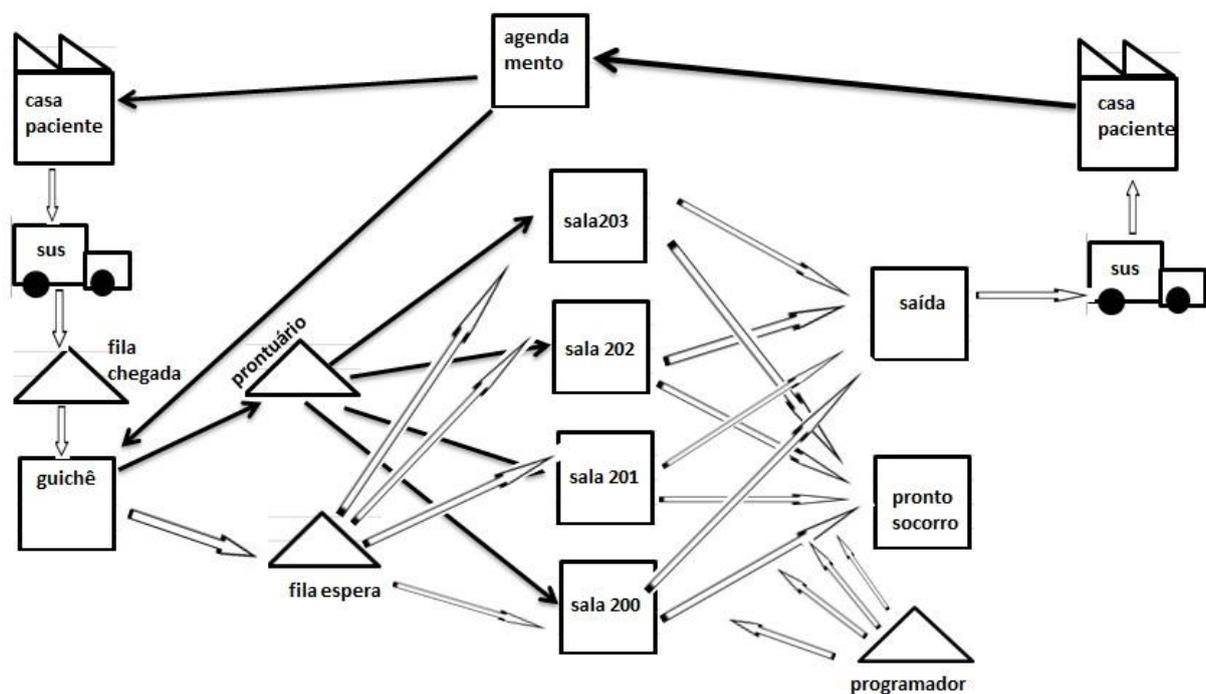
3.2. VALIDAÇÃO

A validação da modelagem foi realizada de acordo com as técnicas contextualizadas por Martins, Mello e Turrioni (2014): (1) Verificação da aproximação entre o modelo computacional e o sistema real; (2) Observação se a movimentação ao longo do tempo é similar com a do mundo real; e (3) Desenvolvimento do modelo junto ao usuário.

3.3. VSM BASE DO MODELO.

Medindo as distâncias e cronometrando os tempos, foi construída pelo pesquisador a cadeia de valor do fluxo de pacientes desde a sua chegada ao setor do ambulatório de avaliação de marca passo até o término do atendimento, utilizando os conceitos de Womack, Jones e Roos (1990). Segundo Womack e Jones (1996) a filosofia enxuta possui cinco princípios básicos, cujo objetivo é tornar as empresas mais produtivas e flexíveis e assim responderem de maneira eficiente às necessidades dos clientes: (1). Determinar precisamente o que é valor sob a ótica do cliente; (2). Enxergar o fluxo de valor; (3). Fazer o valor fluir sem interrupções: (4). Deixar com que o cliente puxe o valor: (5). Buscar a perfeição. O conjunto de ícones juntamente com os dados que representam os pacientes, médicos e assistentes formam a base da modelagem, conforme representado esquematicamente na figura 2 (ROTHER E SHOOK, 2003).

Figura 2 – Mapeamento da cadeia de valor do ambulatório do marca passo



Fonte: Autor (2016)

O fluxo se inicia com o paciente realizando o agendamento do seu exame diretamente no hospital. Na data do agendamento o paciente se dirige ao ambulatório por meio de locomoção própria ou pelo serviço de emergência. A realidade observada é que a maioria procura chegar o mais cedo possível e se aglomera em fila na calçada externa do hospital. A abertura ocorre às 6 horas e 30min, momento em que se aglomeram na fila de chegada

aguardando a abertura do guichê, que se dá às 7horas, dando início à entrega dos prontuários pelos pacientes, dirigindo-se à fila de espera. O início dos atendimentos pelos médicos se dá às 7horas e 30min, com quatro médicos residentes em quatro salas. Todos os médicos caminham até um balcão localizado na recepção e acessa o prontuário do paciente, momento em que tomam conhecimento do tipo de fabricante do marca passo implantado para selecionar o programador (existem quatro diferentes fabricantes) e conduzi-lo até a sala de atendimento; caminham até a sala de espera e anunciam o nome do paciente; caminham de volta acompanhando o paciente até a sala designada. O atendimento normalmente consta de dois objetivos, consulta e exame, onde o programador fornece todos os laudos necessários, valores principais são anotados para futura digitação no sistema do hospital. Por se tratar de instituição de ensino, todos os laudos são relatados e referendados pelo médico clínico responsável, em sala reservada. Confirmada a situação do paciente, o médico residente retorna à sala e fornece todas as informações e recomendações ao paciente, digitando no sistema e liberando o paciente para a saída. Em situações críticas o paciente é encaminhado para o pronto socorro.

3.4. SIMULAÇÃO

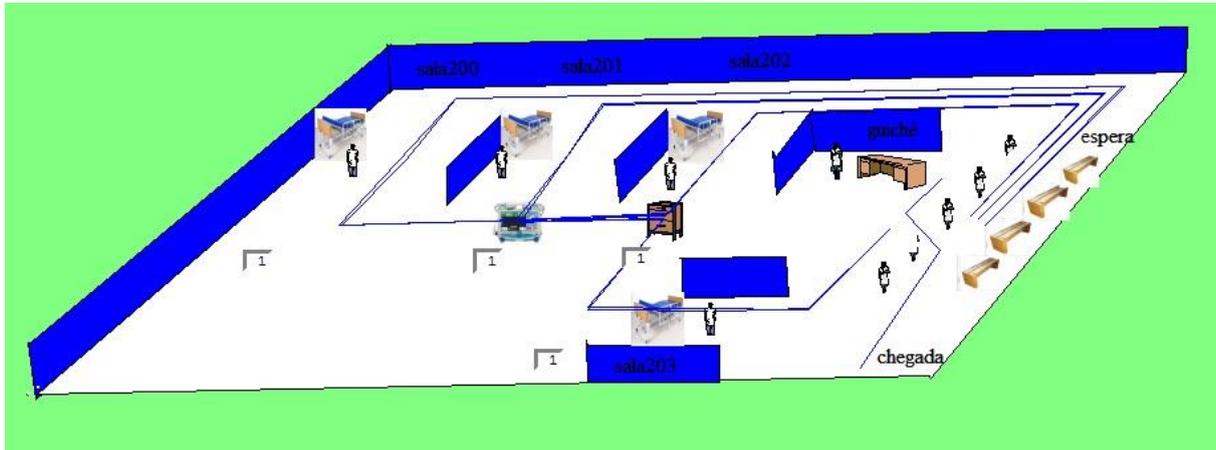
Para a modelagem no *software* Promodel 2016 *student version*, foi utilizado o mapeamento da cadeia de valor da figura 2 onde as seguintes informações foram consideradas no modelo:

- a) Locais – fila de chegada, guichê, fila de espera, sala 200, sala 201, sala 202, sala 203, saída;
- b) Entidade – paciente;
- c) Rede de caminhos – Distância percorrida pelo médico em quatro redes, sendo uma rede para cada sala: Rede 1 – sala 200 com 63,5 metros, Rede 2 sala 201 com 57 metros, Rede 3 – sala 202 com 53 metros, Rede 4 – sala 203 com 23 metros e Rede 5 distância percorrida pelo paciente entre chegada, guichê e espera com 11 metros;
- d) Processos – Paciente entra na fila de chegada; Paciente no guichê de entrega de prontuários com distribuição exponencial de atendimento de média de 1,22 minutos; Paciente nas salas 200, 201, 202 e 203 com distribuição lognormal de atendimento de média de 34,3 e desvio padrão de 16,6 (minutos);
- e) Chegada – O paciente chega à fila de chegada com distribuição exponencial com média de 5,61minutos;

- f) Tempo de simulação – 213,5 horas correspondentes ao mês de agosto (23 dias úteis, menos 5 horas para reunião às quartas-feiras).

O *lay out* representativo desta simulação no Promodel está ilustrado na Figura 3.

Figura 3 - Lay out do ambulatório do marca passo no promodel



Fonte: Promodel (2016)

Esta simulação foi validada em conjunto com a diretora do ambulatório pela consistência dos dados simulados com o dado histórico do mundo real, ou seja, do referido mês de agosto de 2015, conforme ilustrado na tabela 1.

Tabela 1 - Validação do modelo – teste de diferença de médias

	Real de agosto	Simulado de agosto	Pvalor, $\alpha = 0,05$
Pacientes atendidos	1332	1333	0,5

Fonte: Autor (2016)

A próxima fase foi promover a criatividade da diretora do ambulatório, explorando as atividades que não agregam valor no *vsm* da figura 2 e as hipóteses de causas associadas à ociosidade das salas demonstradas no gráfico da figura 4. Esta análise resultou numa hipótese mais provável que deu origem ao seguinte cenário:

- Eliminar a caminhada do médico para acessar o prontuário do paciente;
- Eliminar o transporte do programador eletrônico do marca passo realizado pelo médico;

- c) Eliminar a caminhada do médico para anunciar e conduzir o paciente até a sala de exames, reduzindo para um metro o deslocamento dos médicos contidos nas salas de atendimento.

Figura 4 - Gráfico da porcentagem de operação e ociosidade das salas, real de agosto

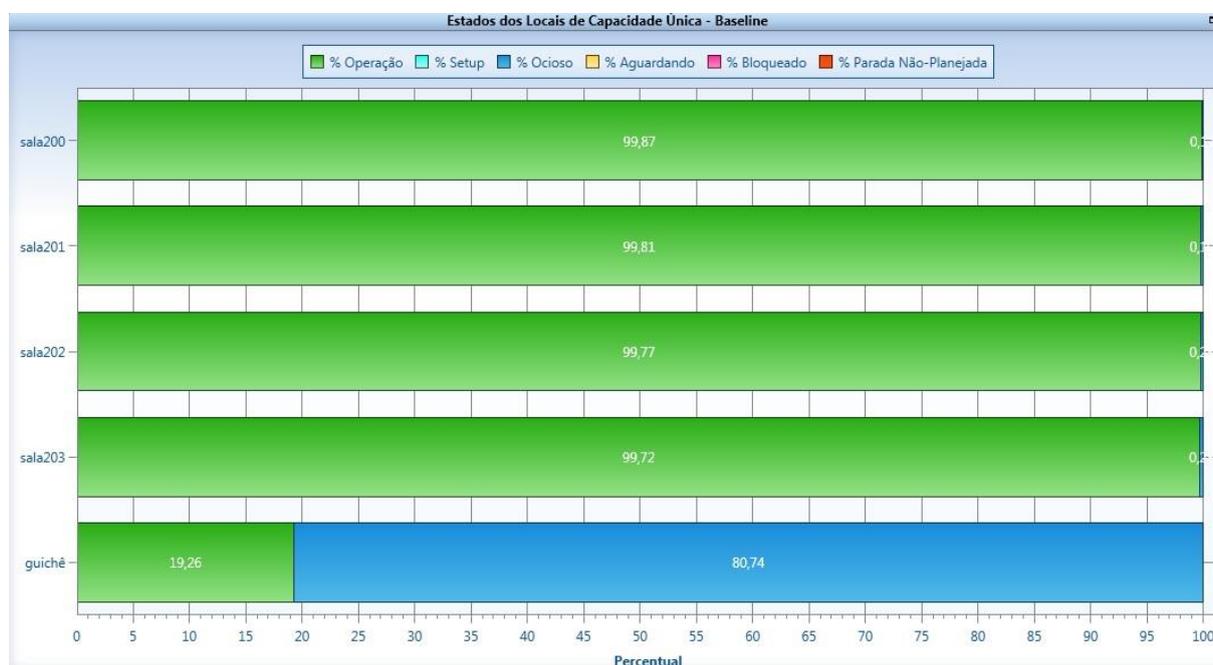


Fonte: Promodel (2016)

4. RESULTADOS

O cenário da hipótese mais provável foi simulado, eliminando-se as caminhadas do médico para acessar o prontuário, conduzir o programador e anunciar e conduzir o paciente até a sala de atendimento, e suportado pela declaração da diretora do ambulatório, afirmando que estas atividades passarão a ser realizadas por uma assistente. O resultado ilustrado na Figura 5 confirma que a causa da ociosidade era o percurso realizado pelo médico, tendo em vista praticamente não restarem resíduos de ociosidade.

Figura 5 - Gráfico da porcentagem de operação e ociosidade das salas após a simulação do cenário proposto



Fonte: Promodel (2016)

Com base nos dados simulados, efetuou-se a construção do cenário econômico do aumento de receita. A Tabela 2 ilustra a receita adicional que o ambulatório pode realizar no período de um mês e de um ano, após a simulação da proposta ter sido executada, tendo sido aplicado o valor reembolsado pelo SUS de cada atendimento.

Tabela 2 – Receita mensal e anual do cenário atual e proposto

	Pacientes atendidos por mês	Pacientes atendidos por ano	Valor SUS por paciente R\$	Receita mensal R\$	Receita anual R\$	Aumento da Receita Anual R\$
Atual	1332	15984	31,50	41958,00	503496,00	
Proposto	1482	17784	31,50	46683,00	560196,00	56700,00

Fonte do autor

Este aumento no número de atendimentos também propicia a redução de custo, conforme detalhado na Tabela 3.

Tabela 3 – Redução de custo comparativo entre cenário proposto e anual

Custo total – R\$	50620,00
Pacientes atendidos cenário atual	1332
Custo cenário atual/paciente - R\$	38,00
Pacientes atendidos cenário proposto	1482
Custo cenário proposto/paciente – R\$	34,16
Redução de custo %	11,25

Fonte do autor

6. CONCLUSÃO

O artigo respondeu a indagação da pesquisa, ou seja, as metodologias da engenharia de produção empregadas no segmento industrial se adequam perfeitamente ao ramo hospitalar, ou seja, a análise econômica, a simulação e o *vsm*, auxiliando na forma de identificar as oportunidades e aumentando o poder de decisão e de convencimento da alta administração nas ações que precisam ser apoiadas e executadas, assim como, expandir este conhecimento para outras áreas deste mesmo hospital. Esta pesquisa também contribui para a comunidade acadêmica, principalmente pela aplicação das metodologias no segmento de prestação de serviços de saúde. Finalmente, o benefício maior destas intervenções foi para o paciente e para a sociedade em geral, melhorando a qualidade de vida pela elevação na quantidade de atendimentos. Este resultado também representa uma economia para a continuidade de cirurgias de implante do marca passo.

Futuras pesquisas poderão ser realizadas:

- a) No contexto do ambulatório geral desta unidade hospitalar, pois as filas existem por todas as unidades de atendimento.
- b) Estudar o sistema de agendamento, com a finalidade de organizar a chegada dos pacientes.
- c) Modelar e simular a quantidade de assistentes necessários para o atendimento da proposta deste artigo.

Existe a limitação por esta pesquisa ter sido aplicada em um hospital público com aspectos de monitoramento e gestão peculiares, podendo representar um caso isolado quando comparado ao universo de hospitais, assim como modalidades de atendimento que podem ser diferentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMM J., KLEIN H., NISAM S. The cost of implantable defibrillators: perceptions and reality. *European heart journal*, v. 28, n. 4, p.392 -397, 2007.

COOK C., COLE G., ASARIA P., JABBOUR R., FRANCIS D.P. The annual global economic burden of heart failure. *International Journal of Cardiology*, v. 171, n. 3, p. 368-376, 2014.

CURATOLO, N., LAMOURI S., HUET J. C., RIEUTORD A. A Critical Analysis of Lean Approach in Hospital. *Business Process Management Journal*, yr: 2013, vol: 20, iss: 3, pg: 433-454

DOBZYKOWSKI D.D., MCFADDEN K. L., VONDEREMBSE M. A. Examining pathways to safety and financial performance in hospitals: A study of lean in professional service operations. *Journal of Operations Management*, v. 42-43, n. supplement, p. 39 -51, 2016.

GIRALDO A.; MOTHERSELL, W. M. and MOTWANI, J. The need for implementing lean in healthcare organizations. *International Journal Productivity and Quality Management*, v. 16, n. 2, p. 211-230, 2015.

LADAPO J. A., TURAKHIA M. P., RYAN M. P., MOLLENKOPF S. A., REYNOLDS M. R. Health Care Utilization and Expenditures Associated With Remote Monitoring in Patients With Implantable Cardiac Devices. *The American Journal of Cardiology*, v. 117, n. 9, p.1455 -1462, 2016.

LIKER J. K., *O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo*. Bookman, 2005.

MARTINS R. A.; MELLO C. H. P.; TURRIONI J. B. *Guia para Elaboração de Monografia e TCC em Engenharia de Produção*, Editora Atlas, 2014.

MIGUEL P. A. C., FLEURY A., MELLO C. H. P., NAKANO D. N., LIMA E. P., TURRIONI J. B., HO L. L., MORABITO R., MARTINS R. A., SOUSA R., COSTA S. E. G., PUREZA V. *Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações*, Elsevier, Abepro, Campus, 2012.

PEDRETTI R. F. E., CURNIS A., MASSA R., MORANDI F., TRITTO M., MANCA L., OCCHETTA O., MOLON G., FERRARI G. M. DE, BRAGA S. S., RACITI G., KLERSY C., SALERNO-URIARTE J. A. Proportion of patients needing na implantable cardioverter defibrillator on the basis of current guide lines: impact on healthcare resources in Italy and the USA. *Europace*, v.12 n. 8 p. 1105 -1111, 2010.

RIBEIRO R.A., STELLA S.F., CAMEY S. A., ZIMERMAN L. I., PIMENTEL M., ROHDE L. E., POLANCZYK C. A. Cost-effectiveness of implantable cardioverter-defibrillators in Brazil: primary prevention analysis in the public sector. *Value in Health*, v. 13, n. 2, p. 160-168, 2010.

ROBINSON, S. et al. SimLean: Utilizing simulation in the implementation of lean in healthcare. *European Journal of Operational Research*, v. 219, n. 1, p. 188-197, 2012.

ROTHER, M.; SHOOK, J. Learning to see: value-stream mapping to create value and eliminate muda. Lean Enterprise Institute, Brookline, 1998.

RUTLEDGE, J.; XU, M.; SIMPSON, J. Application of the Toyota Production System Improves Core Laboratory operation. *American Journal of Clinical Pathology*, v. 133, n. 1, p. 24-31, 2010.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. The Machine that changed the world. How Japan's secret weapon in the global auto wars will revolutionize western industry. Harper Paperbacks. New York, NY. Edition 1. 1991.

WOMACK J. P.; JONES D. T.; ROOS D. Lean thinking – banish waste and create wealth in your corporation. Nova Iorque: Simon & Schuster, 1996.

YAO G., FREEMANTLE N., CALVERT M. J., BRYAN S., JEAN-CLAUDE DAUBERT J. C., JOHN G.F. CLELAND J. G. F. The long-term cost-effectiveness of cardiac resynchronization therapy with or without an implantable cardioverter-defibrillator. *European Heart Journal*, v. 28, n. 1, p. 42-51, 2007.

Capítulo 11

PROJETO DE PROTÓTIPO DE MÁQUINA INJETORA MANUAL

[DOI: 10.37423/200400705](https://doi.org/10.37423/200400705)

Emerson Luis de Oliveira - emerson.oliveira@ifsc.edu.br

Kelly Patricia Dias - kelly.dias@ifsc.edu.br

Leonidas Cayo Mamani Gilapa - leonidas@ifsc.edu.br

Valter Vander de Oliveira - valterv@ifsc.edu.br

RESUMO: Este trabalho apresenta o desenvolvimento do projeto do protótipo de máquina injetora manual em escala reduzida para injetar produtos até 30 gramas de polímero (PS) e suas etapas de fabricação utilizando as tecnologias CAx Computer Aided Design (CAD) Computer Aided Manufacturing (CAM) e Computer Aided Engineering (CAE). A evolução do processo de manufatura e o crescente desenvolvimento de novos materiais permitiram que empresas aumentassem a diversidade e a qualidade de seus produtos, reduzindo os tempos de produção. O computador e as tecnologias CAx tem um papel especial nesta mudança na indústria tornando-as mais competitivas.



Diante deste contexto, o objetivo geral deste trabalho será analisar a integração das tecnologias CAD/CAM/CAE no projeto conceitual, projeto detalhado e etapas de fabricação da máquina injetora manual. Os resultados demonstram que a integração entre as tecnologias CAx é importante nas etapas do projeto, reduzindo o retrabalho evitando erros decorrentes de trabalhos manuais ocasionados pela falta de integração entre os sistemas CAx.

Palavras-chave: Tecnologia CAx, processo de injeção, tecnologias CAD/CAM/CAE.

1. INTRODUÇÃO

A indústria de plásticos faturou em 2015, 55,3 bilhões com expectativa de aumento para o próximo ano de 2,15 % apresentando um faturamento de 56,3% ao ano anterior. (ABIPLAST, 2016).

Seu crescimento é um reflexo do consumo dos artefatos plásticos utilizados em outros setores podendo citar: alimentícios, construção civil, utilidade domestica, setor agrícola, calçados, eletroeletrônico e automobilístico. Estes artefatos são produzidos por ferramentas denominadas moldes, no Brasil os três principais centros para produção e projeto são: São Paulo reúne mil empresas e oito mil trabalhadores, em Santa Catarina 450 ferramentarias e 3600 empregados, e Rio Grande do Sul 380 ferramentarias e 3000 empregados. (DIHLMANN, 2009)

As evoluções tecnológicas da microeletrônica e dos sistemas de informação transformaram os conceitos de produção, processos e sistemas em componentes da filosofia de trabalho da empresa e principal fator de competitividade mundial. Assim, através da adoção de avançados sistemas de informação e comunicação os computadores passaram a ter um papel de destaque na manufatura processando informações de diversas etapas do desenvolvimento da concepção à entrega do produto ao cliente.

Existem diversos programas de CAM no mercado, alguns trabalham integrados em pacotes CAD/CAM, outros são programas independentes que trabalham em conjunto com qualquer aplicação CAM permitindo assim a leitura de diversos formatos, por exemplo, IGES, STEP, VDA-FS, etc.

Os softwares CAM possibilitam um grande ganho de tempo na programação de máquinas CNC e também possibilitam a usinagem de formas geométricas cada vez mais complexas, resultando num desenvolvimento de produtos com formas mais elaborados e em um tempo de fabricação dos mesmos cada vez menores.

Diante deste contexto, o objetivo geral deste trabalho é analisar a integração da tecnologia CAx no projeto de uma máquina injetora manual em escala reduzida.

2. REVISÃO DA LITERATURA

A origem dos sistemas CAx surgiu na década de 50 com o projeto APT (Automatically Programmed Tools) no MIT (Massachusetts Institute of Technology). O APT foi desenvolvido para representar a forma geométrica de peças a serem usinadas com alta precisão em máquina de controle numérico. No início da década de 60, ocorreu um grande avanço na história do CAD, com o surgimento do Sketchpad, desenvolvido por Ivan Sutherland em sua tese no MIT. O Sketchpad possibilitou a interação homem-máquina por meio da manipulação de objetos na tela gráfica utilizando uma caneta óptica que permitia agarrar objetos, movê-los e alterar suas dimensões (SUTHERLAND, 2003).

O sistema CAD, em geral, o mais comum das tecnologias CAx aplicados nas indústrias foi o sistema que mais se desenvolveu, apresentando interfaces entre outros sistemas tais como o CAE, o CAPP e o CAI são aplicadas como sistemas dedicados realizando atividades específicas da engenharia. A integração entre todos os sistemas para auxílio à engenharia, CAD/CAE/CAPP/CAM/CAI e as máquinas CNC constituem o sistema CAx, contudo ainda hoje nota-se a dificuldade em integrar esses sistemas que trabalham como ilhas de produção.

Brousseau e Eldukhri (2009) elaboraram um cenário futuro para a indústria de manufatura projetando até 2020 os avanços tecnológicos e os principais desafios. Entre os desafios citados por Brousseau e Eldukhri (2009) destaca-se a importância da integração entre os sistemas CAD e CAM para uma manufatura inteligente, sustentável e reconfigurável.

Espinoza e Schaeffer (2004) destacam que antes dos sistemas CAE diversas características não podiam ser consideradas, as poucas alternativas de projeto eram analisadas e a utilização de altos coeficientes de segurança resultava em estruturas superdimensionadas. Com a aplicação dos sistemas CAE a simulação computacional de um modelo no sistema CAD permite a avaliação de um maior número de variações do projeto, com custos e prazos menores, reduzindo a necessidade de construção de protótipos.

Segundo Souza, existem grandes disparidades na comparação de softwares CAD/CAM envolvendo: tempo de cálculo; tamanho de programas NC; distribuição dos pontos de trajetória; tempo de usinagem; e a qualidade da superfície usinada. Segundo a conclusão de Souza, os algoritmos de cálculo de trajetórias paralelas empregado por sistemas CAM são diferentes e repercutem de forma relevante no processo de fabricação. Desta forma Souza

afirma que esta variável deve ser levada em consideração para escolha de investimento em uma plataforma CAM.

3. METODOLOGIA

A metodologia empregada buscou analisar a integração entre as tecnologias CAx durante a execução do projeto 3d em sistema CAD modelador sólido, análise estrutural em Sistema CAE e processo de fabricação em máquinas CNC via sistema CAM.

3.1 PROJETO CAD 3D DA INJETORA

O projeto da injetora foi idealizado de alguns esboços a mão livre e sua validação através de reuniões junto ao grupo de pesquisa Gefamac posteriormente construídos em sistema CAD 3d modelador Sólido, outro fator norteador seria a capacidade de injeção de produtos até 30 gramas de Poliestireno (Ps).

Os fatores que levaram a escolha do material do equipamento foram: peso final do equipamento, e ao mesmo tempo bom condutor térmico. Sendo estas duas variáveis nosso ponto de partida foi definido que as placas bases seriam em alumínio, buchas guias em latão, coluna guia, cremalheira e engrenagens em aço evitando o desgaste prematuro devido regime de trabalho.

3.2 PROJETO CAD 2D DESENHOS PARA FABRICAÇÃO

O projeto detalhado é a ultima etapa no desenvolvimento do produto, os documentos elaborados em CAD 2d são necessários para a fabricação dos componentes através do processo de fabricação com ou sem remoção de cavaco. Neste documento contêm informações sobre tolerâncias de ajuste conforme norma NBR 6158 para o perfeito funcionamento do equipamento. Adotando graus de tolerância (IT 7) acoplamentos deslizantes, rotativo de mecânica preciso (H7; f7 ou H7; g6).

3.3 SIMULAÇÃO CAE

Para efetuar a validação dos projetos propostos evidenciando uma condição real de trabalho mesmo antes de fabricar os componentes, utilizou-se do recurso Engenharia auxiliada por computador (CAE) "SimulationXpres" no projeto 3d na montagem e em peças individuais analisando colisão e encaixe dos componentes.

3.4 SIMULAÇÃO CAM

Na tecnologia CAM buscou analisar a importação do modelo CAD 3d para o ambiente CAM, reconhecimento de recurso automáticos de estratégias de usinagem através da análise de operação booleanas na programação automática e posicionamento da origem plano de trabalho para execução da programação.

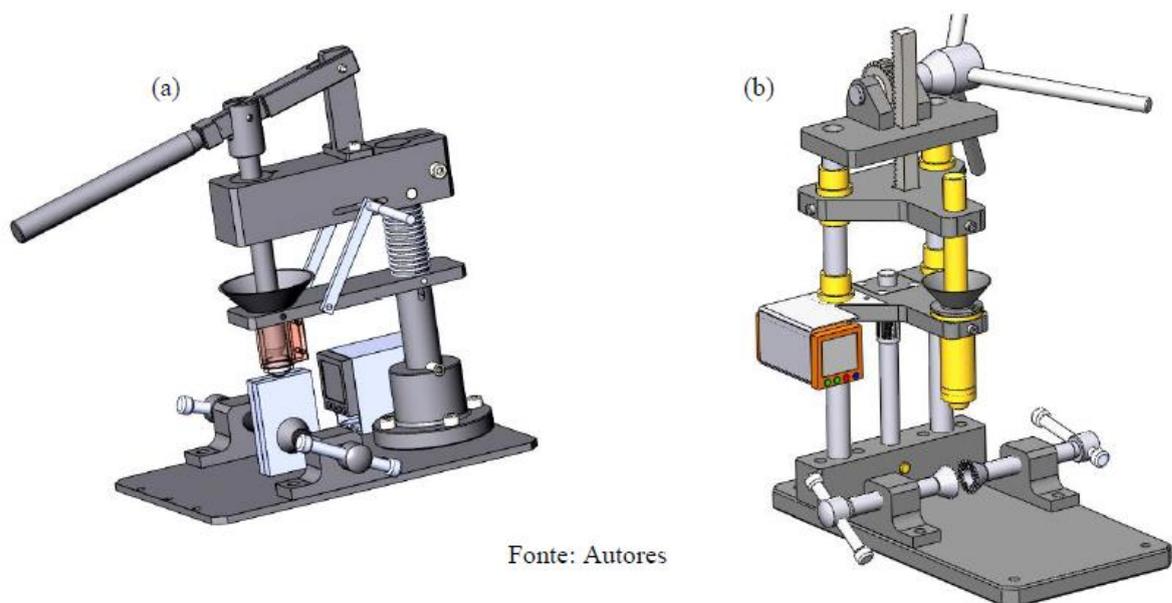
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados do projeto 3d são apresentados na figura 1, na imagem da esquerda figura 1 (a) ilustra a primeira hipótese de fabricação, seu funcionamento mecânico parte do princípio de uma coluna guia com retorno mola da base e bucha de injeção executando troca do molde.

Na figura 1 (b) ilustra a segunda hipótese, este projeto seu funcionamento mecânico apresenta duas colunas guias acionamento do canhão através da placa flutuante movimentada por cremalheira e engrenagem realizando a troca do molde por fuso roscado.

As duas propostas foram apresentadas ao grupo Gefamac, nesta reunião foram analisados os requisitos de fabricação e complexidade das peças e trocas de dados entre as tecnologias CAx. Sendo escolhida a proposta apresentada na figura 1 (b).

Figura 1 – Resultados projeto 3d duas hipóteses máquina injetora.



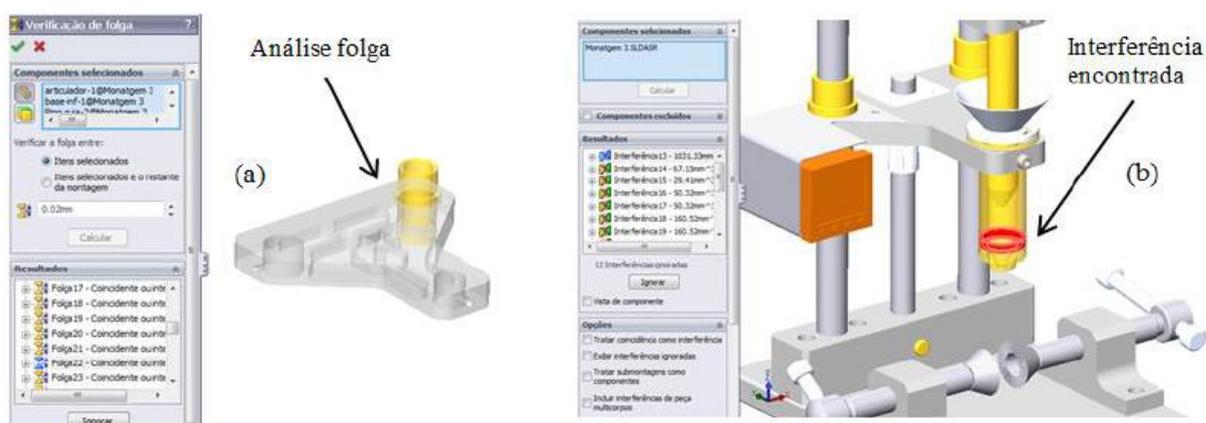
Fonte: Autores

No módulo de montagem, foram executadas as seguintes simulações: Análise de interferência entre os componentes ajustes de folga de 0,02mm, interferência em componentes e furos desalinhados com erros geométricos de até 0,05mm.

Os resultados demonstram que existe interferência nos acoplamentos móveis, o sistema identifica de forma automática conforme ilustra na figura 2, porem, cabe ao projetista analisar o tipo de ajuste livre, rotativo ou deslizante. O sistema assumiu a tolerância atribuída no projeto, porem, no modelamento 3d não subtrai de forma automática a tolerância atribuída como restrição de ajuste e folga, desta forma o sistema identifica existir interferência entre os componentes conforme mostra na figura 2 (b) em cor vermelha.

A análise de interferência entre componentes na montagem alinhamento de furos atribuída a folga de 0,05mm, os resultados demonstram que está variável não existem peças com este erro de projeto.

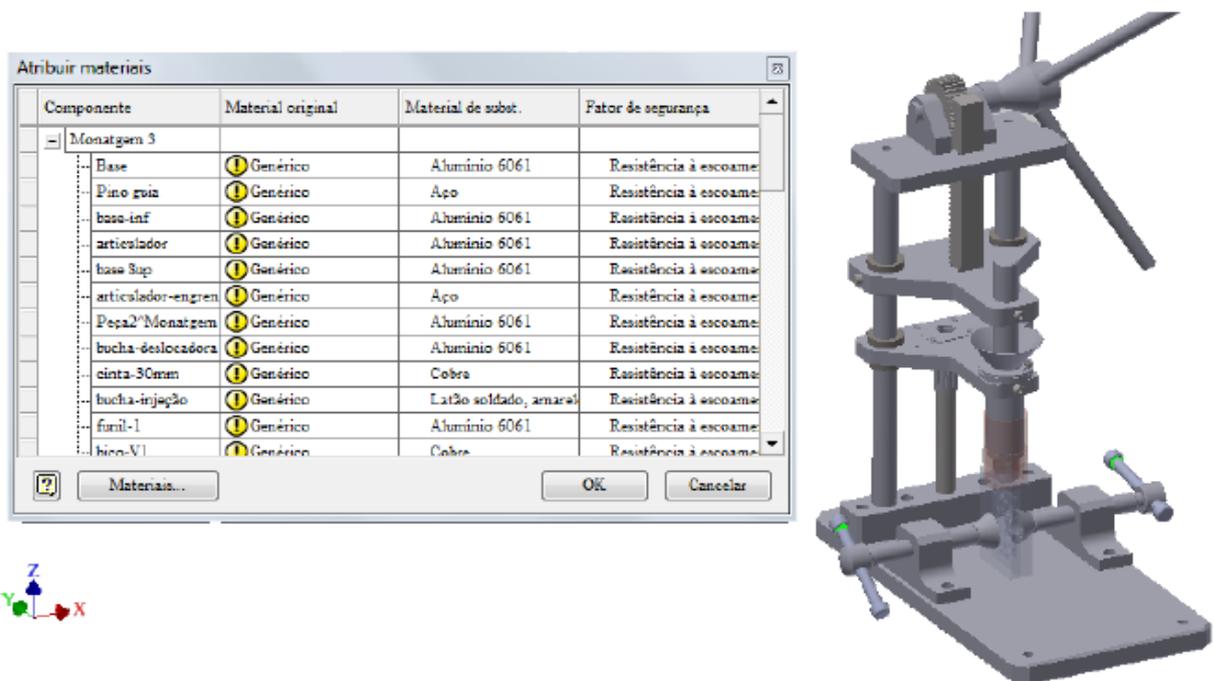
Figura 2 – Análise de interferência e verificação de folga montagem



Fonte: os autores

Para realizar a análise CAE a necessidade do preenchimento de algumas informações no sistema podendo citar: definição dos materiais dos componentes, criação da malha e carga aplicada no componente na figura 3 ilustra o preenchimento da variável definição de materiais no ambiente CAE.

Figura 3 – Edição lista de materiais simulação CAE.

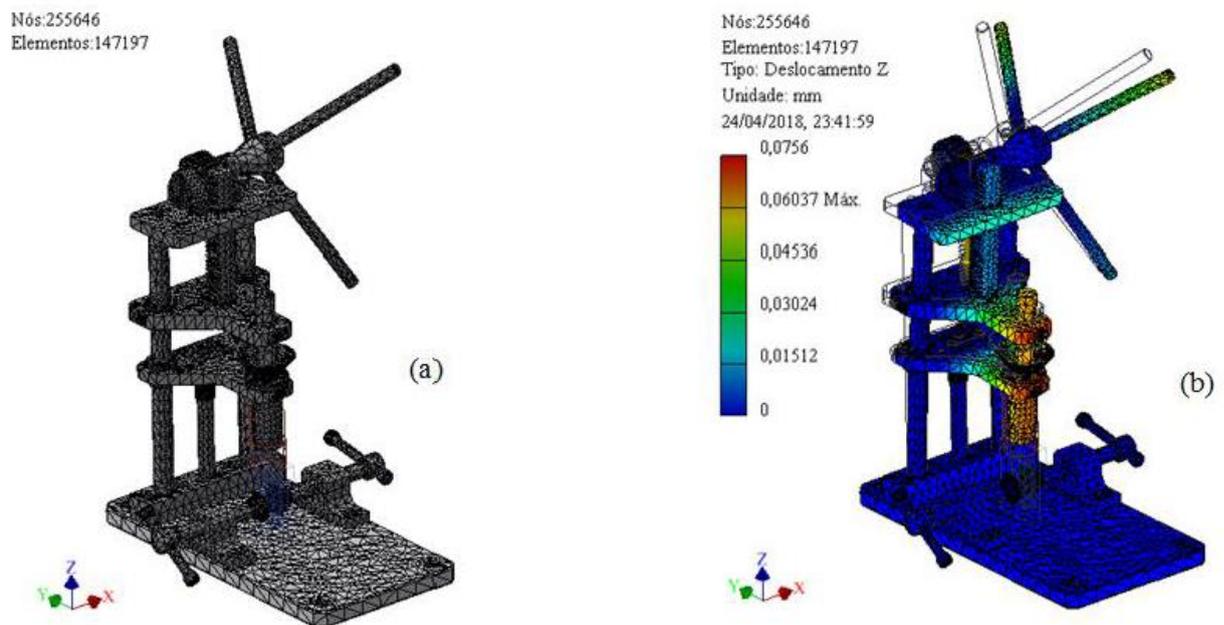


Fonte: os autores

4.1 RESULTADOS DA SIMULAÇÃO INJEÇÃO CAE

Após a definição dos materiais conforme mostra na figura 3, na figura 4(a) lado esquerdo apresenta os resultados da criação da malha no elemento a ser simulado, o Sistema constrói os triângulos de elementos finitos com tamanho médio de 0,2mm resultando em 255646 Nós para execução da análise estrutural. Foi executada a simulação aplicando uma carga de 1000 N na placa flutuante os resultados demonstram que está carga aplicada ocorre uma deformação de 0,06mm na placa flutuante onde movimenta o embolo de injeção e na placa suporte que fixa a bucha de injeção. O sistema ilustra a simulação de movimentação da deformação gerando um relatório através de gradientes de cores conforme apresenta na figura 4(b).

Figura 4 – Simulação CAE deslocamento eixo Z.



Fonte: os autores

4.2 SIMULAÇÃO CAM

Para executar a programação em sistema CAM é necessário a importação do modelo matemático CAD 3d para o ambiente de manufatura. A integração entre os sistemas CAD/CAM é necessário caso contrario trabalha-se com arquivos neutros IGES, STEP, PARASOLID.

Os resultados demonstram que existe integração direta entre os sistemas CAD/CAM utilizados no estudo realizado, mesmo sendo sistemas de diferentes fornecedores. Está integração proporciona desde a escolha do material a ser usinado, buscando informações de dados de corte facilitando o preenchimento dos avanços da mesa e calculo de rpm de forma automática, outra variável que pode ser alterada de forma automática é a mudança de ponto zero ou plano de trabalho da peça.

A fim de analisar as trocas de dados em sistemas que não existe a integração CAD/CAM foi simulado a importação do modelo matemático 3d em formato neutro IGES.

Os resultados da troca de dados entre dois sistemas não integrados percebe-se que o sistema não ativa a escolha do material e nem habilita a mudança do ponto zero ou mudança de plano de trabalho de forma automática, tornando a programação mais complexa.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As Tecnologias CAx são ferramentas importantes para elaboração de projetos complexos de forma mais eficiente, antecipando melhorias mesmo antes da fabricação do produto manufaturado. A integração entre estas tecnologias é de sua importância para a continuidade dos trabalhos, a falta desta integração pode ocasionar problemas e retrabalhos.

Os sistemas CAD devem melhorar o quesito referente às tolerâncias de ajuste e folgas que na qual o projetista ainda é obrigado a executar tal ajuste de forma manual.

6. AGRADECIMENTOS

A dedicação e empenho tanto dos alunos bolsistas envolvidos do técnico de laboratório do IFSC Ludgério Pereira Neto e professores do grupo de pesquisa Gefamac.

Ao Instituto Federal de Santa Catarina campus Joinville que destinou auxílio financeiro, aprovado no Edital Universal 02/2017.

REFERÊNCIAS

BROUSSEAU, Emmanuel e ELDUKHRI, Eldaw. Recent advances on key technologies for innovativenmanufacturing. Journal Intelligent Manufacturing, (2009). DOI 10.1007/s10845-009-0328-0.

DIHLMANN, C. Joinville reforça o seu mercado ferramenteiro. Revista Plástico Moderno, pg 60-63. 2009.

ABIPLAST, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PLÁSTICO. Perfil da indústria brasileira de transformação de material plástico - perfil 2014. Disponível em: <http://www.abiplast.org.br>. Acesso em: abril. 2018.

SUTHERLAND I. E. Sketchpad: A man-machine graphical communication system. Technical report. University of Cambridge, 2003.

ESPINOZA, Marcos e SCHAEFFER, Lírio. Uso do CAD/CAE/CAM na produção de matrizes para os processos novos de conformação mecânica. Revista del Instituto de Investigación FIGMMG. Vol. 7, N.º14, 84-91 (2004) Universidad Nacional Mayor de San Marcos

SOUZA, A. F; SANTOS, M. T.; RODRIGUEZ, C. A.; (2006). Análise Comparativa dos algoritmos utilizados por diferentes sistemas CAM, para cálculo das trajetórias de ferramenta, no fresamento de formas geométricas complexas. IV Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, 2006 Recife. Anais IV Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, 2006

Capítulo 12

APLICAÇÃO DE PROCESSOS LOGÍSTICOS PARA REDUÇÃO DE CUSTOS COM ARMAZENAMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE SORO ENTRE AS FILIAIS DE UMA UNIDADE HOSPITALAR

[DOI: 10.37423/200400708](https://doi.org/10.37423/200400708)

Discente:

Ana Maria da Silva

Djakson da Silva Profirio

Joao Paulo Marques Gomes de Souza

Joseane Pinheiro de Lima

Mário Sergio Ferreira da Silva

Docente da Banca Avaliadora:

Ananda Shara/Verne

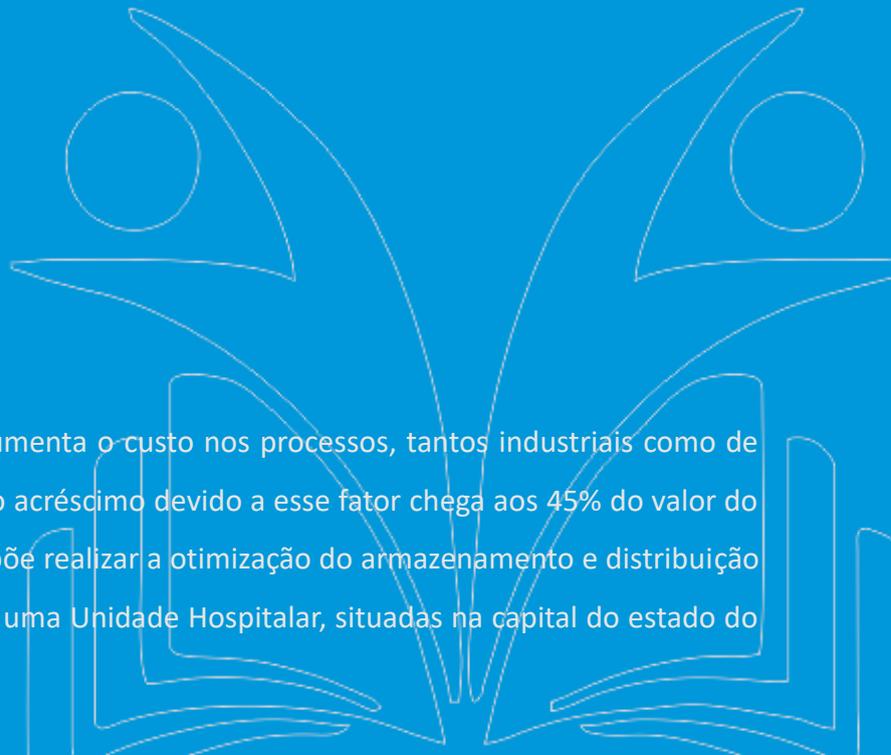
Diogo Fernandes

Fernanada Barreto

Karla Motta

Rodrigo Pimentel

RESUMO: Um dos fatores que mais aumenta o custo nos processos, tanto industriais como de serviços, é o transporte. Muitas vezes o acréscimo devido a esse fator chega aos 45% do valor do serviço. Dessa forma, este projeto propõe realizar a otimização do armazenamento e distribuição de Soro Fisiológico, entre três filiais de uma Unidade Hospitalar, situadas na capital do estado do Rio Grande do Norte.



Para tal, será considerado os indicadores econômicos de custos, quantidade de veículos e rotas disponíveis, recursos de pessoal, plano de manutenção veicular, além de propor reformulação do arranjo físico para o armazenamento, levando em consideração as classificações ABC, o cálculo da previsão de demanda, lote econômico de compra e do estoque de segurança, para que se consiga otimização de tempo na realização das tarefas e redução de custos operacionais inerentes ao processo.

Palavras chave: transportes, armazenamento, arranjo físico, redução de custos, hospital.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com a constituição de 1988 e a posterior criação do Sistema Único de Saúde no início da década de 90, a saúde tomou novos rumos de atuação, principalmente no que diz respeito ao atendimento à população. Na capital do estado do Rio Grande do Norte, uma Entidade hospitalar filantrópica, que tem 70% do seu atendimento direcionado a pacientes do SUS com foco no tratamento oncológico, dispõe de três unidades situadas em bairros distintos, cada uma com característica operacional diferentes e que necessitam constantemente do provisionamento de Soro Fisiológico.

O elevado aumento dos insumos, aliado a falta de estrutura física para correta armazenagem e distribuição desse material, necessários a execução dessas atividades, faz com que se busquem formas alternativas e eficientes para a redução dos gastos com o processo de armazenar, distribuir e transportar, levando em consideração a legislação vigente para atender as exigências da vigilância sanitária.

O objetivo dessa pesquisa é coletar dados referentes ao processo de armazenamento e distribuição de soro fisiológico, entre as filiais dessa Entidade Hospitalar, levantando as condições atuais de entrada, armazenamento e saída desse material, analisando a demanda atual do consumo para previsão futura, cálculo do estoque de segurança e lote econômico de compras, mapeando a quantidade e categoria de veículos disponível, verificando o custo com os processos da forma atual e após aplicação de técnicas para redução de custos, fazendo uma nova análise, levando em consideração a legislação vigente, com finalidade de sugerir soluções que possam otimizar os processos, para elevar o nível de serviços prestados, além de minimizar os impactos provocados ao meio ambiente.

Para tal, foi realizado um estudo de caso, com pesquisa quantitativa e qualitativa para relacionar a quantidade de veículos disponíveis, a mensuração da distância entre as unidades, bem como o desígnio do veículo mais adequado para transportar o material e a quantidade de viagens necessária, calculando o custo de cada quilômetro percorrido, para que sirvam de parâmetros comparativo pós otimização.

Do ponto de vista acadêmico, esta base de pesquisa, poderá servir de referencial para outros trabalhos futuros. No contexto profissional, visa auxiliar os gestores da empresa na tomada

de decisões, podendo mudar a forma como são realizadas as atividades, de acordo com os resultados encontrados.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 – TRANSPORTES

O transporte, segundo Ballou (2006), representa entre um e dois terços dos custos logísticos totais nas grandes empresas. Por esse motivo, aumentar a eficiência por meio da máxima utilização dos recursos (materiais e pessoal) é uma das maiores preocupações desse setor. É um desafio constante conseguir otimizar esses serviços, traçando rotas que reduzam o custo operacional, que minimizem os gastos com manutenção e também os impactos ambientais.

Segundo Sousa (2011), entre os anos 1950 e 1960, a logística se “estende da eficiência dos processos de redução dos custos”, dando origem ao termo de logística empresarial incluindo a satisfação do cliente. Para empresas que dependem do sistema de transportes para distribuição de seus produtos e serviços, devem tratar com atenção o quanto esta atividade afeta a sua receita.

Ballou (2006), ressalta que, uma vez que, transporte juntamente com produção, vendas e distribuição, resultam no custo agregado total de produção. E um eficiente sistema de transporte contribui para aumentar a competição do mercado, ou seja, o transporte mais barato dá oportunidade de concorrência direta, garantindo economia de escala na produção e consumo. Isso gerando liberdade para a escolha de localização industrial mais adequada para ter as vantagens geográficas, além de reduzir os custos das mercadorias.

Para ter um sistema de transporte eficiente é necessário planejamento, sendo preciso que se conheça: os fluxos nas diversas ligações da rede; o nível de serviço atual; o nível de serviço desejado; as características ou parâmetros sobre a carga; os tipos de equipamentos disponíveis e suas características (capacidade, fabricante etc). As vantagens do modal rodoviário, aplicado a este estudo, estão na possibilidade de transporte integrado porta a porta e de adequação aos tempos de pedidos, assim como frequência e disponibilidade dos serviços.

2.2 – GESTÃO DE ESTOQUE

Os estoques são os materiais e suprimentos que uma empresa utiliza para produção de seu produto ou, suprir a necessidade da própria empresa. Segundo (Gonçalves, 1979), nos estoques é possível muitas vezes encontrar matérias primas, suprimentos, componentes, materiais em processo ou produtos acabados, que geralmente são feitos, a rigor, um controle tando de processo, como de disponibilidades dos itens. A administração deste locais nem sempre é uma tarefa fácil. O administrador de estoques lida com inúmeros problemas, na qual o mesmo, utiliza varias ferramentas que auxiliam a chegar em uma solução.

É comum estabelecer regras de decisão assertivas ao itens um por um, pois é com base nessa decisões que se pode controlar com eficiência cada um desse itens. Conforme Viana (2000), estoques ajudam a maximizar o atendimento aos clientes, protegendo a empresa de qualquer supresa que possa ocorrer em meio aos processos de marketing ou vendas.

A curva ABC, também conhecida como Análise de Pareto, ou Regra 80/20, é um estudo que foi desenvolvido por Joseph Moses Juran, um importante consultor da área da qualidade que identificou que 80% dos problemas são geralmente causados por 20% dos fatores. Constitui uma importante ferramenta para o gestor de estoques, permitindo identificar quais itens necessitam de mais atenção e tratamento adequado quanto à sua administração. Obtém-se a curva ABC através da ordenação dos itens conforme a sua importância relativa (DIAS, 1993, p. 135). Segue explicação sobre a curva ABC:

- Classe A: de maior importância, valor ou quantidade, correspondendo a 20% do total;
- Classe B: com importância, quantidade ou valor intermediário, correspondendo a 30% do total;
- Classe C: de menor importância, valor ou quantidade, correspondendo a 50% do total.

Bertaglia (2009) ressalta ser muito importante não confundir o conceito de classificação por curva ABC, com itens estratégicos, pois isso acarretaria danos ao fluxo de produção.

Outra ferramenta importante para o dimensionamento do estoque é o lote econômico de compra, que é a mensuração da quantidade ideal para a aquisição de materiais na reposição de estoque, de maneira que os custos para tal, como custos de estocagem e pedidos de compra, sejam mínimos possíveis no período. O autor Gitman (2002, p. 717) diz que o lote

econômico de compra é uma das principais ferramentas e um dos mais sofisticados instrumentos para determinar a quantidade exata de aquisição de um item de estoque. O autor também cita que o lote econômico de compra “[...] considera vários custos operacionais e financeiros envolvidos, com o fim de determinar a quantidade do pedido que minimize os custos totais de estocagem”. O Propósito do LEC na visão de Bertaglia (2009, p. 348) é minimizar os custos logísticos como um todo, buscando cada vez mais o equilíbrio nas vantagens e desvantagens de se manter os estoques.

Uma previsão de demanda é um prognóstico do que acontecerá com vendas de produtos ou consumo deles em uma determinada empresa. Tubino (2009) afirma que a previsão de demanda é a base para um planejamento estratégico das áreas de produção, vendas e finanças, permitindo aos administradores destes sistemas a preparação e planejamento de ações para o futuro. Dos principais métodos para previsão pode-se citar os qualitativos, que são: Opinião de Executivo, Opinião da Força de Venda, Indicadores Econômicos, Pesquisas com Clientes, Método Delphi, dentre outros. Também existem os métodos quantitativos ou matemáticos, sendo: Série Temporais, Métodos de Suavização Exponencial e Modelos de Box-Jenkins.

Diante da variabilidade da demanda e incerteza quando ao ressuprimento, faz-se importante a empresa manter um estoque de segurança, que é caracterizado pelo ato de manter níveis de estoque suficientes para evitar sua falta. Conforme Dias (1993), o estoque mínimo é a quantidade mínima que deve existir em estoque, que se destina a cobrir eventuais atrasos no suprimento, objetivando a garantia do funcionamento ininterrupto e eficiente do processo produtivo, sem o risco de faltas. De acordo com Silva; Oliveira; Druzian (1994), o estoque reserva seria o estoque morto que só existiria para enfrentar possíveis eventualidades, representando assim capital inoperante. Estabelecer uma margem de segurança que a empresa assume na ocorrência da falta de estoque. A determinação da quantidade pode ser feita através da fixação de determinada projeção mínima, estimada no consumo e cálculo com base estatística.

2.3 – GESTÃO DE CUSTOS

Percebendo que ao utilizar um gerenciamento eficaz de seus custos a empresa torna se competitiva, Marion (2003), “a contabilidade pode ser considerada como um sistema de informação destinado a prover aos seus usuários, dados para auxiliá-los a tomar decisão”.

É considerado custo, todo e qualquer gasto relativo a aquisição ou produção de mercadorias, como por exemplo, matéria prima, mão de obra e gastos gerais de fabricação, como por exemplo, depreciação de máquinas e equipamentos, energia elétrica, manutenção, materiais de conservação e limpeza, viagens de pessoas ligadas aos processos, etc. Segundo Martins (2003), os custos se dividem em diretos e indiretos, sendo os primeiros todos aqueles diretamente ligados aos produtos e que geralmente são mais fáceis de identificar, como matéria primas, insumos e mão de obra nos centros produtivos. Já os indiretos, ainda que ligados aos produtos são um pouco mais difíceis de serem identificados, mas que prestam serviços referente ao local de produção. Por exemplo: Almoxarifado, ferramentaria, gerência e planejamento, etc.

Wernke (2004), descreve despesas como o valor dos bens ou serviços consumidos direta ou indiretamente para obtenção de receitas, de forma voluntária. Esse conceito é utilizado para identificar os gastos não relacionados com a produção e/ou serviços prestados, ou seja, os que se referem às atividades não produtivas da empresa.

Segundo Fama e Bruni (2004), a interpretação desse custeio, deve-se ser bem vista para não ser equivocada, pois o uso de seus conceitos, nem sempre coincidem com seus preceitos teóricos, os custeios variáveis e diretos tratam, especificamente, da análise de gastos variáveis diretos, indiretos, custos ou despesas e sua comparação com as receitas.

2.4 – PESQUISA OPERACIONAL

Segundo Ermes Medeiros (1998), a elaboração de modelos matemáticos, indispensáveis às atividades empresariais, sempre foram tidos como de difícil e complicado entendimento. Pensando dessa forma, define-se pesquisa operacional como um método científico de tomada de decisões que, em linhas gerais, consiste na descrição de um sistema organizado com o auxílio de um modelo, onde através de experimentações, se descobre a melhor maneira para operar um sistema.

A pesquisa Operacional como a conhecemos, surgiu durante a Segunda Guerra Mundial, como resultado dos estudos realizados por equipes interdisciplinares de cientistas contratados para resolver problemas militares de ordem estratégica e tática.

Um estudo de pesquisa operacional costuma envolver seis fases: Formulação do problema, construção do modelo do sistema, cálculo da solução através do modelo, teste do modelo e

da solução, estabelecimento de controles da solução e finalmente, implantação e acompanhamento.

Dentre os principais problemas que a pesquisa operacional auxilia a calcular, estão os problemas de transporte e designação. Os problemas de transporte normalmente têm por objetivo a transferência de mercadorias, com menor custo ou no menor tempo possível. Já os problemas de designação são casos específicos dos problemas de transportes, onde temos uma unidade de origem disponível para cada unidade de destino, e a solução do problema consiste em escalar, quem ou o quê, fará cada atividade do processo, de maneira a otimizar os custos ou reduzir o tempo de operação. Para cada tipo de problema, existe um tipo de algoritmo diferente que auxilia em sua resolução. Basicamente eles são resolvidos pelo método Simplex, que é formado por um grupo de critério para escolha de soluções básicas que melhoram o desempenho do modelo e também de um teste de otimalidade. Para isso, o problema deve apresentar uma solução básica inicial, que será calculada com a troca das variáveis básicas por variáveis não básicas, de forma sucessiva até que se obtenha uma solução ótima.

Para se solucionar problemas de transporte, existem alguns métodos que podem ser aplicados: O método do Canto Noroeste e método de Vogel ou das Penalidades, sendo o primeiro mais simples que encontra soluções possíveis, mas nem sempre ótimas.

O método do canto noroeste consiste em buscar a solução do problema a partir da célula superior esquerda, e ir transportando o máximo possível da origem ao destino correspondente, zerando a disponibilidade da coluna ou da linha da cela. O próximo passo é realizar o transporte da célula contígua (à direita ou abaixo) que tenha disponibilidade de linha e coluna correspondente, sucessivas vezes até a completa transferência de toda mercadoria.

O método de Vogel ou das penalidades consiste em fazer o transporte dando prioridade na coluna ou na linha que apresenta a maior penalidade (diferença positiva entre os dois custos de menos valor na linha ou coluna). Como o transporte é feito na célula de menor custo, tenta-se com isso evitar o transporte pela célula de maior custo, evitando-se incorrer num aumento de custo igual a penalidade calculada.

2.5 – ARRANJO FÍSICO

Segundo Chiavenato (2005), arranjo físico é o planejamento, gestão e controle do espaço físico ocupado na disposição de equipamentos, máquinas e postos de trabalho necessários para a produção de produtos/serviços em uma organização.

Corrêa & Corrêa (2012), por outro lado, compreendem que o objetivo primordial das decisões do arranjo físico é o apoio a estratégia competitiva da operação, sendo que, deve haver um alinhamento entre as características do arranjo físico e as prioridades competitivas evitando conflitos entre a obtenção de flexibilidade e de eficiência. Daí resulta a necessidade de subordinar a decisão de arranjo físico à estratégia competitiva da operação. O arranjo Físico esta relacionado ao posicionamento dos recursos tranformadores de uma organização, ou seja, aos equipamentos, instalações e pessoas que trabalham na empresa. O objetivo do planejamento do arranjo físico é permitir o bom desempenho das pessoas e equipamento de forma que o trabalho flua de maneira mais eficaz, caso o planejamento do arranjo físico seja mal idealizado, a capacidade de produtividade da organização, os estoques e as movimentações e conseqüentemente os prazos de entrega poderão ser afetados. Segundo Chiavenato (2005), arranjo físico refere-se ao planejamento, gestão e controle do espaço físico que será ocupado, além da disposição de equipamentos, máquinas e postos de trabalho necessários para a produção de produtos ou serviços em uma organização. Para Toledo Júnior (2007), o planejamento de arranjo físico é recomendável a qualquer empresa, grande ou pequena, pois com um bom arranjo físico, obtém-se resultados surpreendentes na redução de custos de operações, no aumento da produtividade e eficiência da organização. Existem diferentes tipos de Arranjo Físico, para diversos tipos de organizações ou empresas, tudo varia de acordo com o produto ou processo. Para Jurandir Peinado e Alexandre Reis Graeml (2007), em algumas atividades produtivas, o custo gerado pela movimentação do material pode ser significativo no custo total da operação. Geralmente, isto acontece quando a frequência, volume e/ou o peso do material são expressivos e existe a necessidade de equipamentos de transporte como talhas, guindastes ou empilhadeiras. Quando o transporte é muito expressivo em função do custo e tempo envolvidos, é interessante levantar os custos gerados para as várias alternativas de arranjo físico possíveis.

Existe na legislação uma norma regumentadora que trata especificamente de arranjo físico envolvendo máquinas e equipamentos, a saber, a NR-12.

3. METODOLOGIA

O procedimento metodológico utilizado será de natureza exploratória, com levantamento de dados, mensuração de rotas, quantidade de veículo e dados referente ao custo de cada processo, como a quantidade e o valor gasto por cada veículo por quilômetro percorrido, para que se possa aplicar as técnicas propostas com objetivo de otimizar os processos operacionais, descritos abaixo.

A empresa conta com 03 unidades hospitalares na Capital, descritas da seguinte forma:

Filial I – Bairro das quintas com foco em cirurgias e tratamento para pacientes SUS;

Filial II – Bairro de Lagoa Nova com foco em exames de diagnóstico e tratamento de quimioterapia e radioterapia, dentre outros;

Filial III – Bairro do Alecrim com foco em cirurgias de alta complexidade para pacientes particulares e convênios;

Sabe-se também que cada uma delas dispõe de um serviço de apoio exclusivo, que faz com que se tenha a necessidade de transporte entre elas, relacionados da seguinte forma: na Unidade I existe uma casa de apoio para pacientes vindos do interior, que são acomodados enquanto aguardam a realização dos procedimentos, como cirurgias, exames ou tratamento; na unidade II estão situadas o almoxarifado central, onde chegam todos os insumos como materiais de expediente, limpeza e medicamentos e que precisam ser enviados para as demais unidades, além de também conter a cozinha padrão que fornece a alimentação para funcionários e pacientes da unidade III; já na unidade III, estão alocados os principais equipamentos de diagnóstico e também a parte de tratamento de quimioterapia, radioterapia e exames de alta complexidade, além da lavanderia central que atende a todas as outras unidades.

A primeira parte do estudo de caso foi realizar o levantamento, por meios de visita in loco e entrevista aos coordenadores, coletando os dados necessários aos cálculos preliminares, tais como, quantidade de veículos e de pessoal disponível para a realização das atividades, custos diretos e indiretos, entrada e saídas de materiais, salários dos profissionais envolvidos, forma de armazenamento e distribuição, ou seja, tudo relacionados ao transporte de soro medicamentoso.

A partir disso, foi realizada análise para entender melhor o problema, e a partir dela, propor soluções baseadas nas técnicas aprendidas em sala de aula, as quais, serão apresentadas posteriormente.

Na segunda fase, foi feito uma pesquisa bibliográfica para que se obtenha parâmetros para aplicar as técnicas mais adequadas para otimização dos custos com envio de mercadoria atualmente e após aplicação das técnicas, além de servir como embasamento legal para evitar que a proposta de melhoria infrinja alguma norma vigente.

Concluído a etapa anterior, foram realizados cálculos para demonstrar a situação atual e parametrizar os resultados obtidos.

Realizadas essas etapas, o estudo será apresentado ao setores envolvidos, para que possam experimentar de forma prática, possibilitando a comparação dos resultados após a aplicação das novas metodologia.

4. ESTUDO DE CASO

De acordo com o estudo de caso realizado na LIGA NORTE RIO GRANDENSE CONTRA O CÂNCER, foi identificado um alto custo em relação ao armazenamento, distribuição e transporte de soro medicamentosos. A empresa atualmente, dispõe de nove veículos em sua frota, onde todos participam desse processo, não havendo uma forma eficaz que atenda a distribuição, que ocorre de forma aleatória, diversas vezes ao dia. De posse desse problema, vislumbramos que a empresa selecione três dos veículos disponíveis para sejam realizadas entregas semanais, segundo quadro 1:

Quadro 1 - Capacidade de Carga dos Veículos Selecionados

VEÍCULO	CAPACIDADE	UNITIZAÇÃO	ENTREGA
Doblô Cargo (2010)	620kg	Caixas	Semanalmente
Hyunday HR (2008)	1.600kg	Caixas	Semanalmente
Iveco Daily (2013)	2.040kg	Caixas	Semanalmente

Fonte - Ficha Técnica dos veículos.

Selecionado os veículos que têm características específicas para distribuição de carga, foram medidas as rotas possíveis para a realização da atividade.

O embarque de mercadoria é feito por meio de caixas acondicionadas nos veículos obedecendo a capacidade dos mesmos, para essa atividade, a empresa dispõe de carrinho manual para o deslocamento do local de armazenagem até o veículo, o desembarque é feito da mesma forma. O transporte utilizado é sempre o modal rodoviário, por meio de vias urbanas.

O almoxarifado central está situado dentro da unidade III e a distância entre ele as demais unidades, segue o quadro abaixo:

Quadro 2 - Distância entre as Unidades

UNIDADE	DISTÂNCIA
Unidade I - HLA	2,7 KM
Unidade II - CECAN	3,7 KM
Unidade III - POL	0 KM

Fonte: Próprio Autores (2017)

Ainda analisando a situação atual da empresa, foi dado ênfase ao local onde são armazenados os soros atualmente, situação que segue a rotina do que chega é apenas armazenado de forma aleatória no espaço disponível. Mediante dados fornecidos pela própria empresa, como o tipo e a quantidade de mercadoria (média móvel dos seis últimos períodos), possibilitou o cálculo da classificação ABC (Quadro 3), que determina as melhorias envolvendo o arranjo físico do almoxarifado, no que diz respeito a melhor alocação em função das entradas e saídas de produtos, .

Quadro 3 – Descrição dos produtos e Classificação ABC

ITEM	CONSUMO (UNID)	VALOR (R\$/UNI)	INVESTIMENTOS TOTAL	PORCENTAGEM RELATIVA	PORCENTAGEM ACUMULADA	CLASSIFICAÇÃO ABC
Cloreto Sódio 0,9% 100 ml	18000	1,50	R\$ 27.000,00	37,3%	37,3%	A
Cloreto Sódio 0,9% 500 ml	9200	2,40	R\$ 22.080,00	30,5%	67,8%	A
Cloreto Sódio 0,9% 250 ml	4000	1,70	R\$ 6.800,00	9,4%	77,2%	A
Cloreto Sódio 0,9% 1000 ml	1600	3,93	R\$ 6.288,00	8,7%	85,9%	B
Cloreto Sódio 0,9% 10 ml	22000	0,19	R\$ 4.180,00	5,8%	91,6%	B
Glicose Isotônica 5% 500ml	1752	2,06	R\$ 3.609,12	5,0%	96,6%	C
Glicose Isotônica 5% 250ml	626	1,75	R\$ 1.095,50	1,5%	98,1%	C
Glicose Isotônica 5% 100ml	584	2,30	R\$ 1.343,20	1,9%	100,0%	C
VALOR TOTAL			R\$ 72.395,82			

Fonte: Próprio Autores (2017)

A identificação das mercadorias, vista no quadro acima nos remete a dois tipos de produtos (Cloreto de Sódio a 0,9% e Glicose Isotônica a 5%), em vários tipos de fracionamento possível. Para obtenção desse cálculo foram levados em consideração a quantidade consumida nos meses de Janeiro a Junho de 2017 e os preços praticados no mercado. Foram considerados como produto classe A aqueles com prioridade de até 80%, classe B os com prioridade de 81 a 95%, e classe C com prioridade de 96 a 100%. Dessa forma, se determinou que os produtos fosse realocados em três espaços que antes eram destinados a guarda de gêneros alimentícios, produtos diversos e o próprio armazenamento de soro. Sendo esta última necessário passar por reforma em sua estrutura, conforme projeto abaixo.

Layout feito pelo CAD



Fonte: Próprio Autores (2017)

Para elaboração da proposta do arranjo físico que otimize a distribuição, foi formulado a reorganização formando uma linha para movimentação e o arranjo físico por processo, já que um dos fatores mais críticos encontrados foi a movimentação de mercadorias entre o local que estão alocados e a movimentação das cargas, tornando assim a proposta por arranjo físico misto. Para elaboração da proposta do arranjo físico que otimize o transporte, tempo e

custos do produto na unidade, foram consultadas as normas regulamentadoras pertinentes. A NR-12, na qual nos norteia a tomar decisões referente aos espaços, medidas e circulação no ambiente.

Em função da classificação ABC, foi considerado para efeito de cálculos, dos próximos tópicos, o produto que obteve a classificação A mais significativa, sendo ele: Cloreto Sódio 0,9% 100ml. O primeiro cálculo realizado foi o da previsão de demanda, para efeito de dados foram utilizados os números dos ultimos seis meses conforme quadro abaixo.

Mês	Quantidade
Janeiro	17200
Fevereiro	14600

Março	17500
Abril	17550
Maiο	17850
Junho	17700
Média	17067

Fonte: Próprio Autores (2017)

A previsão da demanda foi calculada com base na média móvel dos seis últimos períodos, conforme documento apresentado pela empresa, que indica as entradas e saídas mensais, de acordo com a formula:

$$PD = \frac{P1 + P2 + P3 + P4 + P5 + P6}{6}$$

Levando em consideração que os pedidos são feitos mensalmente, e que o prazo de ressurgimento é de sete dias, de posse dos dados de previsão de demanda foi possível calcular o estoque de segurança o qual utilizamos a seguinte formula:

$$Eseg = D \times L$$

Onde D = Demanda

L = Lead Time (prazo de ressurgimento)

Considerando-se que a demanda mensal para o período sete foi de 17.067 unidades, se encontrou a demanda de 569 unidade/dia, multiplicou-se a demanda diária pelo prazo do Lead time, encontrou-se o resultado de 3.983 unidades, conforme discriminado abaixo:

$$\begin{aligned}E_{seg} &= D \times L \\E_{seg} &= 569 \times 7 \\E_{seg} &= 3.938 \text{ unidades}\end{aligned}$$

Para se calcular o estoque máximo desse produto, bastou se somar o estoque de segurança a demanda mensal, que é suficiente para suprir a necessidade da empresa por 30 dias, como se pode verificar pelo cálculo abaixo:

$$\begin{aligned}E_{max} &= \text{Demanda Mensal} + E_{seg} \\E_{max} &= 17.067 + 3.938 \\E_{max} &= 21.005 \text{ unidades}\end{aligned}$$

Em seguida, foi calculado o Lote Economico de Compras – LEC. Para efeito deste cálculo, devido a dificuldades em se obter informações precisas para montagem do mesmo, como custos fixos, gasto com mão de obra, etc, foi atribuído valores em função do custo geral de mercadorias, alocando, dessa forma 20% para o custo com armazenagem e 25% com custo para pedir, ao que chegou-se aos seguintes valores: R\$ 13,69 para armazenagem e R\$ 47,29 para o custo de pedido. Dessa forma, o cálculo do LEC seguiu a seguinte fórmula:

$$\begin{aligned}LEC &= \sqrt{\frac{2 \times \text{Demanda} \times \text{Custo de pedido}}{\text{Custo de armazenagem}}} \\LEC &= \frac{\sqrt{2 \times 17.067 \times 47,29}}{13,69} \\LEC &= 344 \text{ unidades}\end{aligned}$$

Se chegando ao seguinte valor: 344 unidades para o soro de 100ml.

Em seguida, foram desenvolvidos na pesquisa os seguintes custos para armazenamento que considerou três itens: Custos com energia, mão de obra e materiais, que serão descritos a seguir.

Para o cálculo com custo de energia elétrica, foi realizado o levantamento de cada equipamento elétrico instalado no setor, depois pesquisado o consumo médio de cada um no site da abepro, considerando o tempo em que ficam ligados, e por último, multiplicado pelo valor do Kw fornecido pela prestadora de energia elétrica, conforme pode ser observado no quadro 04.

Quadro 4 - Custo com energia elétrica considerando 8hs diárias

EQUIPAMENTO	QUANTIDADE	KW/MÊS	TOTAL	KW=0,63 Cosern
Ar condicionado	5	293,68	1.458,4	R\$ 925,09
Lâmpada 40 Watt	15	9,6	144,0	R\$ 90,72
Computador	5	15,12	75,60	R\$ 47,63
Impressora	1	3,6	3,60	R\$ 2,27
Geladeira* 24h/dia	2	25,2	50,40	R\$ 31,75
			Total	R\$ 1.097,46

Fonte: Próprio Autores (2017)

Depois de calculado o valor total com energia elétrica, foi dividido o resultado pela quantidade de horas trabalhadas mensalmente, para que se obtivesse o valor do custo com energia elétrica por cada hora trabalhada, da seguinte maneira:

$$\text{Custo com energia} = \frac{\text{Custo mensal com energia elétrica}}{\text{Quantidade de Horas disponível por mês}}$$

$$\text{Custo com Energia} = \frac{\text{R\$1.097,46}}{220\text{h}}$$

$$\text{Custo com energia} = \text{R\$ 4,98 por hora}$$

Em seguida, foi definido os custos com mão de obra para o processo de armazenamento. Para efeito desse cálculo, foram pegos os valores dos salários dos colaboradores envolvidos e dividido pela quantidade de horas disponível no período de 30 dias, conforme dados do quadro 5 :

Para esse cálculo, foi utilizada a seguinte fórmula:

$$\text{Custo com mão de obra} = \frac{\text{Valor do salário dos profissionais}}{\text{Quantidade de horas disponíveis}}$$

Quadro 5 - Custo com mão de obra considerando 2 horas diárias

MÃO DE OBRA	QUANTIDADE	SALÁRIO	CARGA HORÁRIA (h)	HORA TRABALHADA (Salário ÷ carga horária)
Almoxarife	1	R\$1.489,00	220	R\$ 6,77
Auxiliar de Almoxarifado	1	R\$1.288,27	220	R\$ 5,86
Total				R\$ 12,62

Fonte: Próprio Autores (2017)

Da mesma forma, para se calcular os custos com materiais de expediente, foram estimados a quantidade de alguns produtos necessários a realização das atividades. Depois de designados, foi pesquisados os respectivos valores e dividido os custos pela quantidade de horas disponíveis para 30 dias, como se observa no quadro 6.

Quadro 6 - Custo de materiais de expediente em 30 dias

CONSUMO MENSAL	QUANTIDADE	VALOR	TOTAL
Papel Ofício (RESMA)	10	R\$ 18,00	R\$ 180,00
Copo descartáveis (PACOTE 100)	5	R\$ 19,95	R\$ 99,75
Tonner	1	R\$ 28,00	R\$ 28,00
Grampo	1	R\$ 4,90	R\$ 4,90
Total/Mês			R\$ 312,65

Fonte: Próprio Autores (2017)

O valor encontrado com o custo dos material foi dividido pela quantidade de horas disponíveis, chegando-se ao seguinte resultado:

$$\text{Custos Indiretos} = \frac{\text{Custo com Material}}{\text{Quantidade de Horas}}$$

$$\text{Custos Indiretos} = \frac{\text{R\$312,65}}{220\text{h}} = \text{R\$ 1,42}$$

Dessa forma, chegou-se ao seguinte cálculo com custo para armazenamento, contemplado no quadro7:

Quadro 7 - Custo total com armazenamento em função de 1h trabalhada

CUSTO TOTAL COM ARMAZENAGEM/ POR HORA TRABALHADA CONSIDERANDO 220 HS MÊS	
Energia	R\$ 4,98
Mão de obra	R\$ 12,62
Material	R\$ 1,42
Total/Mês	R\$ 19,02

Fonte: Próprio Autores (2017)

Em seguida, foram calculados os custos com a atividade de transportar, que será utilizado para distribuir mercadorias do almoxarifado central, para os almoxarifados das unidades I e II.

Para o cálculo do custo com combustível, foi feita a relação do consumo de para veículo, levando em consideração o custo com combustível para cada quilômetro percorrido. Para esse cálculo, foi dividido o valor do litro de gasolina, com preço médio de R\$ 3,40 na época do levantamento, pelo consumo médio de cada veículo (Km/L), levantados nos sites dos fabricantes (Fiat, Hyundai e Iveco), onde os resultados são vistos no quadro 8.

Quadro 8 - Custo por Km percorrido

COMBUSTIVEL	CONSUMO (Km/L)	COMBUSTIVEL R\$	VALOR DO COMBUSTIVEL POR Km PERCORRIDO
Doblò	12,2	R\$ 3,40	R\$ 0,28
Hyunday HR	8	R\$ 2,90	R\$ 0,36
Iveco Daily	8	R\$ 2,90	R\$ 0,36

Fonte: Próprio Autores (2017)

Outro fator que relevante para os custos com transportes, foi o custo de manutenção, onde foi levando em consideração o gasto com: Lubrificantes, lavagens, graxas, em revisão periodica a cada 10.000km. Para efeito de cálculo, foram usados os custos de cada revisão, somados aos valores de lavagens e engraxamento, e dividido pelo período de cada revisão, no caso, dez mil quilômetros, onde os resultados são mostrados no quadro 9.

Quadro 9 - Custo com manutenção a cada 10.000km

MANUTENÇÃO (Lubrificante, lavagens, graxas)	TOTAL	MANUTENÇÃO POR KM RODADO
Doblò	680	0,07
Hyunday HR	896	0,09
Iveco Daily	980	0,10

Fonte: Próprio Autores (2017)

Os valores foram considerados para cada veículo, separadamente, pois esses dados serão fundamentais na resolução do problema de transporte, citado mais a frente.

Da mesma maneira, foram calculados os custos com pneus, levando em consideração o valor do jogo de pneus para cada veículo e a troca em períodos de 30 mil quilômetros, conforme descrito no quadro 10.

Quadro 10 - Custo com troca de pneus a cada 30.000km

PNEU	VALOR UNITARIO	TOTAL X 4	VALOR POR Km PERCORRIDO
Doblò aro 14	R\$ 239,00	R\$ 956,00	R\$ 0,03
Hyunday HR aro 15	R\$ 374,00	R\$ 1.496,00	R\$ 0,05
Iveco Daily aro 16	R\$ 479,00	R\$ 1.916,00	R\$ 0,06

Fonte: Próprio Autores (2017)

Também foram atribuídos custos com mão de obra, de forma semelhante ao calculo realizado para os custos com armazenagem. Dessa vez foram levados em consideração os valores de salarios dos profissionais envolvidos na atividade de transportar, dividido pela quantidade de horas disponíveis para a atividade, a saber, sempre considerando uma jornada de 220h mensais, conforme descrito no quadro 11

Quadro 11 - Custo com mão de obra para cada quilometro percorrido.

MÃO DE OBRA	QUANTIDADE	SALÁRIO	CARGA HORÁRIA	HORA TRABALHADA	VALOR DA MÃO DE OBRA POR KM PERCORRIDO
Motorista	1	R\$ 1.451,04	220	R\$ 6,60	R\$ 0,34
Ajudante de transporte	1	R\$ 1.153,18	220	R\$ 5,24	R\$ 0,27

Fonte: Próprio Autores (2017)

Assim, levando-se em consideração os custos com combustível, manutenção, pneus e mão de obra, foram definidos os custos, por cada quilômetro percorrido, com a atividade de

transportar. No quadro 12 é um resumo dos custos envolvendo gasto com veículo mais mão de obra por cada km percorrido.

Quadro 12 - Custo total por cada km percorrido.

CUSTO TOTAL (VEÍCULO + MÃO DE OBRA)	
Dobló	R\$ 0,99
Hyunday HR	R\$ 1,11
Iveco Daily	R\$ 1,13

Fonte: Próprio Autores (2017)

Tendo como base a demanda do produto que necessita ser distribuido entre os almoxarifados das unidades, sabendo-se quais rotas deverão ser tomadas, tendo o custo calculado para cada viagens, surgiu o seguinte dilema: Qual veiculo designar para cada destino?

	HLA (D1)	CECAN (D2)	POL (D3)
Dobló (V1)	2,77	3,66	0
Hyunday HR (V2)	3,10	4,10	0
Iveco Daily(V3)	3,16	4,18	0

Dessa planila, conseguimos fazer a seguinte modelagem:

$$\text{Min}Z = 2,77 V^1D^1 + 3,66 V^1D^2 + 0V^1D^3 + 3,10 V^2D^1 + 4,10 V^2D^2 + 0 V^2D^3 + 3,16 V^3D^1 + 4,18 V^3D^2 + 0V^3D^3$$

Sa.

$$V^1D^1 + V^1D^2 + V^1D^3 = 1$$

$$V^2D^1 + V^2D^2 + V^2D^3 = 1$$

$$V^3D^1 + V^3D^2 + V^3D^3 = 1$$

$$V^1D^1 + V^2D^1 + V^3D^1 = 1$$

$$V^1D^2 + V^2D^2 + V^3D^2 = 1$$

$$V^1D^3 + V^2D^3 + V^3D^3 = 1$$

Solução:

Para solução desse problema, foi considerado o método do Algoritmo Húngaro.

	D ¹	D ²	D ³
V ¹	2,77	3,66	0
V ²	3,10	4,10	0
V ³	3,16	4,18	0

Escolhemos o menor numero para cada linha e subtraímos dos outros valores:

	D ¹	D ²	D ³
V ¹	2,77	3,66	0
V ²	3,10	4,10	0
V ³	3,16	4,18	0

Depois escolhemos os menores números de cada coluna e subtraímos dos outros valores:

	D ¹	D ²	D ³
V ¹	2,77	3,66	0
V ²	3,10	4,10	0
V ³	3,16	4,18	0

Colocamos os resultados num novo tablot.

	D ¹	D ²	D ³
V ¹	0	0	0
V ²	0,33	0,44	0
V ³	0,39	0,52	0

Traçamos o menor número de linhas que cubram todos os zeros

	D ¹	D ²	D ³
V ¹	0	0	0
V ²	0,33	0,44	0
V ³	0,39	0,52	0

A quantidade de linhas é menor que o grau da matriz (3x3 ≠ 2 linhas), então não é uma solução ótima. Necessita-se fazer o cobrimento da seguinte forma: escolhemos o menor valor dos

números que não foram cobertos. Que no caso é 0,33. Nas casas que não foram cobertas pelas linhas, subtrai-se esse valor. Nas casas que foram cobertas pela linha, conserva-se o valor. Nas intreseções entre as linhas, soma-se o valor, ficando da seguinte forma:

	D ¹	D ²	D ³
V ¹	0	0	0,33

V ²	0	0,11	0
V ³	0,06	0,19	0

Dando continuidade, traça-se novas linhas que cubram todos os zeros:

	D ¹	D ²	D ³
V ¹	0	0	0,33
V ²	0	0,11	0
V ³	0,06	0,19	0

Agora, tem-se três linhas para cobrir todos os zeros, dessa maneira se chega a solução ótima. Agora basta se fazer a designação, cruzado as linhas e colunas onde temos algarismos ZERO isolados, da seguinte forma:

	D ¹	D ²	D ³
V ¹	0	0	0,33
V ²	0	0,11	0
V ³	0,06	0,19	0

Ou seja, designamos que:

$$\begin{aligned} V^1 D^2 &= 1 \\ V^2 D^1 &= 1 \\ V^3 D^3 &= 1 \end{aligned}$$

Como solução temos:

$$\text{MinZ} = 2,77 \times 0 V^1D^1 + 3,66 \times 1 V^1D^2 + 0V^1D^3 + 3,10 \times 1 V^2D^1 + 4,10 \times 0 V^2D^2 + 0 V^2D^3 + 3,16 \times 0 V^3D^1 + 4,18 \times 0 V^3D^2 + 0 \times 1V^3D^3$$

$$\text{MinZ} = 3,10+3,16$$

$$\text{MinZ} = 6,26$$

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nas definições acima, Verificou-se que é possível minimizar custos, aplicando-se técnicas corretas, com base em dados fornecidos, para se designar, em função da capacidade de carga, custo por quilômetro rodado dentre outros fatores, qual o veículo mais adequado para se realizar a atividade de distribuição, mostrando que essa pesquisa pode auxiliar a gerência, na tomada de suas decisões.

REFERÊNCIAS

BALLOU, Ronald H. Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BALLOU, Ronald H. Gerenciamento da cadeia de suprimentos- Planejamento, Organização e Logística Empresarial, Porto Alegre: Bookman, 2001. BELFIORE, P.; COSTA, O.; FAVERO, L. P. Problema de Estoque e Roteirização: revisão bibliográfica. Produção, v.16, n.3, 2006, pp. 442-454.

BERTAGLIA, Paulo Roberto. Logística e gerenciamento da cadeia de abastecimento. 2ª Edição Ver. e Atual. São Paulo: Saraiva, 2009. CORRÊA, L. H.; CORRÊA, C. A. Administração de Produção e Operações: Manufatura e Serviços - Uma Abordagem Estratégica. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2012. CHIAVENATO, I. Administração de Materiais: Uma abordagem introdutória. Rio de Janeiro: Campus, 2005.

DIAS, MARCO AURÉLIO P. Administração de Materiais: uma abordagem logística. São Paulo: Atlas, 1993. FERREIRA, A. B. de H. Novo dicionário Aurélio de língua portuguesa. 2ª edição. São Paulo: Nova Fronteira, 1998.

GITMAN, Lawrence J. Princípios de Administração de Financeira. 7ª Edição. São Paulo: Editora Harbra, 2002. GONÇALVES, Paulo Sérgio; SCHWEMBER, Enrique. Administração de estoques: teoria e prática. Rio de Janeiro: Interciência, 1979. 257 p. LEONE, George S. G. S. Curso de Contabilidade de Custos. 3ª ed. São Paulo: Atlas, 2009 LEITAO, D. R. C.; SILVA, Amanda Nascimento e; MELO, Andre Cristiano Silva. Análise do processo de roteirização e programação de veículos na distribuição de jornais impressos: um estudo parcial aplicado em uma empresa de comunicação do estado do Pará. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_TN_STP_135_857_18960.pdf>

Laporte, G.; M. Gendreau; J.Y. Potvin e F. Semet (2000). Classical and modern heuristics for the vehicle routing problem, *International Transactions in Operational Research*, v.7, n4/5, p.285-300.

MARION, José Carlos. Contabilidade empresarial. 10 ed. São Paulo: Atlas, 2003

MARTINS, Eliseu. Contabilidade de custos - 9. ed. - São Paulo : Atlas, 2003.

MELO, A. C. da S.; FILHO, V. J. M. F. Sistemas de Roteirização e Programação de Veículos. *Pesquisa Operacional*, v. 21, n. 2, 2001, pp. 223-232.

PEINADO, Jurandir, and Alexandre Reis Graeml. "Administração da produção." *Operações industriais e de serviços*. Unicenp (2007).

SILVA, C.A.; OLIVEIRA, G.; DRUZIAN, H. Controlar para desenvolver. Monografia (Graduação em Ciências Contábeis) – Faculdade de Ciências Administrativas e Contábeis de Lins, 1994.

TUBINO, D. F. Planejamento e Controle da Produção: Teoria e Prática. São Paulo: Atlas, 2009.
VIANA, João José. Administração de materiais: um enfoque prático. São Paulo: Atlas, 2000. 448 p.

SOBREADMISTRACAO.COM Curva ABC – Análise De Pareto – O Que É E Como Funciona. Publicado em: 20 de dezembro de 2010. Disponível em: <<http://www.sobreadministracao.com/o-que-e-e-como-funciona-a-curva-abc-analise-de-pareto-regra-80-20/>> Acesso em: 18 de julho de 2017.

Capítulo 13

ANÁLISE PREDITIVA DE SÉRIES TEMPORAIS: UM ESTUDO PARA PREVISÃO DE DEMANDA APLICADO AO SOFTWARE IBM-SPSS NA PRODUÇÃO DE AUTOVEÍCULOS.

[DOI: 10.37423/200400737](https://doi.org/10.37423/200400737)

Rodrigo Martins de Paula (ILES/ULBRA Itumbiara. Bacharelado em Engenharia de Produção).

Ester Ferreira Costa (ILES/ULBRA Itumbiara. Bacharelado em Engenharia de Produção).

Mayenne Silva gomes do Carmo (ILES/ULBRA Itumbiara. Bacharelado em Engenharia de Produção).

Sara Pereira Silva (ILES/ULBRA Itumbiara. Bacharelado em Engenharia de Produção).

Thiago Feitosa da Silva (ILES/ULBRA Itumbiara. Bacharelado em Engenharia de Produção).

RESUMO: A previsão de demanda possui um papel de destaque no planejamento de produção ou execução de serviços. Com a complexidade dos dados a serem analisados, os softwares são desenvolvidos a fim de facilitar a plotagem de gráficos, confecção de tabelas, cálculos estatísticos e análise dos resultados. Um dos melhores softwares para análises estatísticas de séries temporais é o IBM-SPSS. O objetivo geral deste trabalho é desenvolver uma de análise de série temporal e aplicar um modelo quantitativo para estimar dados futuros para o case selecionado, demonstrando de uma forma didática a utilização do software IBM-SPSS.

O caso utilizado neste trabalho teve como fonte de dados retirado do site da Associação Nacional de Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA). O presente estudo demonstrou como conclusão que o software se mostrou bastante útil para ser utilizado tanto no âmbito acadêmico, quanto no âmbito empresarial, por conta da praticidade e de sua assertividade na resolução da previsão solicitada, uma vez que houve uma diferença mínima entre os dados reais e os previstos.

PALAVRAS-CHAVE: Previsão de demanda. Software IBM-SPSS. Métodos quantitativos.

1 - INTRODUÇÃO

A previsão de demanda possui papel de destaque no planejamento de produção ou execução de serviços. A prática pode ser utilizada em diversos setores, bem como em áreas financeiras (planejamento de recursos), nos recursos humanos (planejamento de força de trabalho) e vendas (planejamento de promoções). Essas ações são essenciais para o bom funcionamento da operacionalização dos setores voltados à produção, estoque e agregação de valor (PELLEGRINI; FOGLIATTO, 2001).

Os métodos de previsão de demanda são divididos para situações de curto, médio e longo prazo, sendo que dependendo do departamento em que o modelo será empregado, terá uma finalidade diferente, por exemplo, o fato de especulações financeiras utilizarem métodos de previsão de médio e longo prazo são os objetivos finais de cada previsão, sendo que a de longo prazo é para definição de aquisição de ativos e a de médio prazo para fluxo de caixa (WANKE; JULIANELLI, 2006).

Nesse âmbito da importância da estatística no mundo e com a complexidade dos dados a serem analisados, os *softwares* são desenvolvidos a fim de facilitar a plotagem de gráficos, confecção de tabelas, cálculos estatísticos e análise dos resultados. Um dos melhores *softwares* para análises estatísticas de séries temporais é o IBM-SPSS, conforme o exposto por Pellegrini e Fogliatto (2001), que analisaram os *softwares* NCSS, *Statgraphics* e SPSS, afirmando que, dentre estes, o SPSS é o mais completo. Criado no fim da década de 60, inicialmente, era utilizado para serviços sociais, mas se mostrou bastante útil em diversas áreas de análise.

Em relação a esse cenário, é notável que o domínio de alguma ferramenta que auxilie nas análises estatísticas é de suma importância em vários setores, assim como a necessidade de se saber o método correto para aplicá-la à situação de análise desejada.

Com o enfoque nas séries temporais, que abrange grande parte das situações cotidianas, propõe-se analisar o seguinte problema: Como aplicar o melhor método de previsão de demanda para estimar dados futuros, para a produção de autoveículos, com o auxílio do *software* IBM-SPSS?

Partindo desse pressuposto, o objetivo geral deste trabalho é: Desenvolver uma de análise de séries temporais e aplicar um modelo quantitativo para estimar dados futuros para o setor de produção de autoveículos, demonstrando de uma forma didática a utilização do *software* IBM-SPSS. Nessa perspectiva, a fim de que o objetivo geral seja atingido, foram estabelecidos

os seguintes objetivos específicos:

- I. Definir a série temporal que será utilizada no *software* IBM-SPSS para a aplicação do método quantitativo de previsão de demanda;
- II. Demonstrar de forma didática como são os procedimentos no *software* IBM-SPSS para que seja possível a aplicação dos métodos;
- III. Realizar a análise dos dados fornecidos pelo *software*, a fim de verificar o melhor método para a série.
- IV. Aplicar o método de previsão de demanda definido para a série temporal e realizar as previsões para o período futuro a ser definido para o *case*.

Por conseguinte, em razão da dificuldade em encontrar uma bibliografia nacional a respeito da aplicação de métodos de previsão de demanda no *software* IBM-SPSS, este trabalho justifica-se pela forma didática de se demonstrar a aplicação dos métodos em situações reais no *software* definido, tornando-se de grande valia para estudantes e pesquisadores da área que desejam aplicar os métodos e necessitam de uma bibliografia específica no assunto, visto que em grande parte dos trabalhos dessa área apenas são indicados onde os cálculos foram efetuados, mas não se demonstra como realizá-los no programa definido.

Em razão disso, justifica-se também pela importância deste trabalho para o setor empresarial, seja de serviços, seja de produção, uma vez que o *software* IBM-SPSS é uma ferramenta valiosa, se utilizada corretamente, e pouco se encontra bibliografia a respeito do manuseio do *software* para previsão de demanda, fazendo com que as empresas utilizem ora métodos ineficazes, ora os métodos corretos, porém em *softwares* que lhes oferecem dificuldade no manuseio.

2 - REFERENCIAL TEÓRICO

Neste tópico serão dispostas as informações encontradas no acervo bibliográfico analisado para serem utilizadas na efetuação deste estudo.

2.1 ANÁLISE DE SÉRIES TEMPORAIS

Segundo Wanke e Julianelli (2011), uma série temporal é composta por cinco componentes, podendo conter um ou todos eles, tais componentes auxiliam na identificação dos padrões necessários para a análise da série, são eles: nível, tendência, sazonalidade, ciclo e aleatoriedade.

- **Nível:** representa o comportamento de uma determinada variável desconsiderando o comportamento de outra. Normalmente se trata de um ponto inicial.
- **Tendência:** representando o comportamento de declínio ou crescimento de uma variável em uma série de médio ou longo prazo.
- **Sazonalidade:** representa o comportamento periódico de curto a médio prazo de uma variável.
- **Ciclo:** componente semelhante à sazonalidade, porém representa um comportamento da variável em longo prazo.
- **Aleatoriedade:** representa todas as variações ocorridas na série temporal que não se encaixam em nenhum dos outros padrões.

2.2 PREVISÃO DE DEMANDA

Segundo Wanke e Julianelli (2011), séries temporais são dados coletados, armazenados ou observados em sucessivos espaços de tempo, assim possibilitando a identificação de padrões na série histórica para que seja possível a utilização em um cálculo de previsão de demanda. A maior parte das previsões quantitativas é realizada a partir de séries temporais, que são dados coletados em um período de tempo regular ou também de dados de seção transversal, sendo estes coletados a partir um ponto único na série temporal, conforme Hyndman e Athanasopoulos (2018).

Segundo Hyndman e Athanasopoulos (2018), as previsões de demanda devem ser parte integrante na administração, uma vez que são de suma importância para a tomada de decisões. Existem três modelos de previsões, as quais são aplicadas dependendo da situação específica determinada, são elas:

- **Previsão de curto prazo:** utilizada para programação pessoal, produção e transporte.
- **Previsão de médio prazo:** utilizada para programação de requisição de recursos futuros, para compra de equipamentos e matéria-prima, por exemplo.
- **Previsão de longo prazo:** utilizada para planejamento estratégico.

2.3 MODELOS DE SUAVIZAÇÃO EXPONENCIAL

Os modelos de suavização exponencial são amplamente utilizados, devido a sua facilidade de utilização, boa adaptação a diferentes tipos de previsão e uma boa eficácia quando utilizado na situação correta (PELLEGRINI; FOGLIATTO, 2001).

Esses modelos foram propostos ao fim da década de 50, pelos pesquisadores Brown, Holt e Winters, oportunizando a criação dos métodos mais bem sucedidos para previsão de demanda (HYNDMAN; ANTHANASOPOULOS, 2018).

Nesse método, há técnicas específicas que consideram que os valores dos extremos de uma série temporal são a causa da aleatoriedade e, sendo assim, a partir da suavização desses extremos, encontra-se um padrão básico (MORETTIN; TOLOI, 2006).

2.4 MODELOS DE BOX – JENKINS

Os modelos de Box – Jenkins, também conhecidos pela sigla ARIMA (*Autorregressive Integrated Moving Average*) foram propostos pelos pesquisadores George Box e Gwilyn Jenkins por volta da década de 70. Tais modelos foram elaborados a partir da ideia de que cada elemento da série temporal é altamente dependente, sendo assim, cada valor pode ser explicado por valores previamente dispostos na série (PELLEGRINI; FOGLIATTO, 2001).

Ao se verificar um paralelo entre os modelos de Suavização Exponencial Simples e os modelos de Box – Jenkins, nota-se que o SES descreve tendência e sazonalidade dos dados, enquanto os modelos ARIMA descrevem autocorrelações entre os dados da série temporal (HYNDMAN; ANTHANASOPOULOS, 2018).

Segundo Pellegrini e Fogliatto (2001), em análises de séries temporais, a verificação da autocorrelação entre as variáveis é de extrema importância, visto que com ela pode-se descrever a correlação entre duas variáveis na mesma série. Tal verificação é feita por meio de um coeficiente demonstrado pela letra grega ρ e possui a seguinte formulação matemática para ser determinado o valor, segundo o demonstrado na obra de Shumway (1988):

$$\rho_k = \frac{\sum [(z_t - \mu)(z_{t-k} - \mu)]}{\sigma^2} \quad (1)$$

Com essa equação, o coeficiente de autocorrelação realiza a medida de correlação entre as variáveis e k períodos de tempo. O σ^2 é a variância da série temporal. Para uma melhor determinação desse coeficiente, na prática é necessário ter pelo menos 50 amostras na série

temporal z . A quantidade de autocorrelações a se calcular em uma série temporal é estabelecida pela razão $N/4$, onde N é a quantidade de observações (PELLEGRINI; FOGLIATTO, 2001).

Antes de se verificar qual modelo de Box – Jenkins utilizar, é necessário analisar a série temporal e notar a disposição dos dados graficamente e definir se a série analisada é estacionária ou não estacionária.

2.5 SOFTWARE STATISTICAL PACKAGE FOR SOCIAL SCIENCES (SPSS)

O *software* escolhido para ser realizado o estudo das análises de séries temporais foi o SPSS, o qual é internacionalmente utilizado para estatísticas básicas e avançadas desde quando foi lançado em 1968. A versão utilizada neste estudo é o IBM SPSS *Statistics* 21.

O SPSS é utilizado para várias áreas de análises estatísticas, tais como estatísticas descritivas, que envolvem frequências e médias, estatísticas bivariadas, que envolvem análise de variâncias e teste de hipóteses, regressão, análise fatorial, também demonstrando toda representação gráfica dos modelos. Mesmo contendo em seu nome que seja voltado para ciências sociais, sua aplicação pode ser dada para vários setores de pesquisas com conjuntos de dados experimentais ou observacionais (COMPUTER PORTUGUÊS; s.d.).

3 - MATERIAL E MÉTODOS

De acordo com as definições de Silva e Menezes (2005), este trabalho possui características de uma pesquisa aplicada e documental, por ter como objetivo gerar conhecimento prático em algo para solução de problemas, com a pesquisa sendo realizada a partir da fonte primária. Quantitativa, por apresentar dados estatísticos e utilização de técnicas estatísticas, porém também são realizadas análises sobre os fatos e não somente a tradução em dados. Exploratória, pois visa apresentar, de forma mais didática a utilização de uma ferramenta se embasando em bibliografias já publicadas a respeito deste tema.

O caso utilizado neste trabalho será retirado de uma situação real que possa ser encontrada em sites de economia, notícias ou instituições governamentais que realizam balanço de algum setor de produção, economia ou serviços. Os dados desse caso serão dispostos graficamente com o auxílio do *software* IBM-SPSS e a série temporal será analisada de forma que seja possível a identificação do melhor método a ser aplicado para a previsão de demanda, com base no que foi descrito no referencial teórico deste estudo e, após isso, será feita a aplicação no IBM-SPSS para que sejam feitos os cálculos necessários.

A aplicação no *software* será didaticamente explicada para que o objetivo desta obra seja atendido, visto que o foco é demonstrar de forma clara e objetiva como é utilizado o IBM-SPSS para realizar previsões de demanda a partir de séries temporais.

Após a previsão desses indicadores, será efetuada a análise do Erro Quadrático Médio, que é informado pelo *software*, sendo possível assim determinar que o método é válido para a série temporal. Além disso, faz a análise de outros dados fornecidos pelo *software* a fim de que seja possível verificar como gerou tal resultado.

Definidas as séries temporais do estudo, será efetuada uma decomposição sazonal destas, para que sejam separados os dados de sazonalidade, tendência, erro e ajuste sazonal de cada série, após isso, os dados serão dispostos graficamente para possibilitar uma melhor análise de cada série.

Com a análise dos gráficos já se torna possível definir um modelo de previsão de demanda, uma vez que cada modelo possui sua particularidade e basta realizar uma análise do que a série temporal possui e que se encaixa. Após isso, com o modelo aplicado, realiza-se a análise dos indicadores de precisão para verificar se o modelo é válido.

Os indicadores a serem analisados serão o *Root Mean Square Error* (RMSE), o R^2 e a *Mean Absolute Error* (MAE), uma vez que o RMSE é análogo ao desvio padrão, sendo que é dado na mesma unidade dos dados da série, o R^2 podendo variar entre 0 e 1, sendo que o modelo melhor é resultado quando o valor gerado for próximo ou igual a 1 e a MAE é a média absoluta dos erros, também informada na mesma unidade dos dados da série.

Realizada a definição do modelo a ser utilizado para a previsão da série temporal, neste momento, tal modelo será aplicado e, para validação do modelo, serão analisados: o *Root Mean Square Error* (RMSE), que é análogo ao desvio padrão, o qual deverá ter o valor máximo de até 20% da média geral dos dados da série; o *Mean Absolute Error* (MAE), que é a média da diferença entre o previsto e o real em cada dado, a qual também deverá ter o valor de até 20% da média geral dos dados e o R^2 ou Coeficiente de Determinação, o qual analisa a correlação entre os dados previstos e os reais, este varia de 0 a 1, sendo que, quanto mais próximo a 1, mais correlação há, portanto os modelos deverão ter o valor de R^2 a partir de 0,7 para serem validados.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

A série temporal definida para o estudo e aplicação ao *software* IBM-SPSS foi retirada de dados referentes aos valores gerados da produção de autoveículos. Os dados serão

referentes ao período de 2004 a 2019 e as previsões serão feitas para o período entre agosto/2019 e dezembro/2019, uma vez que, até a presente data de execução deste estudo, tais dados ainda não estão disponibilizados.

A categoria de autoveículos engloba automóveis, comerciais leves, caminhões e ônibus, sendo esta categoria a que engloba a maior parte do produzido no setor automotivo, assim tendo uma grande relevância, uma vez que, segundo o Ministério de Economia, Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC) (2017), o setor automotivo possui grande importância na indústria nacional, representando um total de 22% do PIB, sendo um setor em que o desempenho impacta diretamente em outros setores da economia.

A decomposição sazonal das séries temporais pode ser utilizada para uma melhor análise dos dados e definição dos modelos, uma vez que os componentes da série são individualizados. Para realizar esse procedimento no IBM-SPSS, deve-se clicar no menu “Analisar” e após isso, clica-se no item “Decomposição sazonal”, por conseguinte abrirá uma janela para serem realizadas algumas configurações.

Com a decomposição sazonal, o *software* gera os fatores sazonais da série, que são a base para que o procedimento possa ser efetuado, eles se repetem ao longo do período de estudo, com isso, pelo fato da periodicidade dos dados ser igual a 12 meses, são gerados 12 dados. Após as variáveis estarem configuradas e todos os dados disponíveis, é possível passar os dados para uma visualização gráfica e, assim, verificar o modelo que deve ser aplicado em cada série, a seguir estão os gráficos das decomposições sazonais das três séries que serão gerados no comando “Gráficos de sequência”.

Na Figura 27, a seguir, é possível verificar que a série temporal “Produção” possui uma sazonalidade relevante ao longo do tempo, sendo a repetição desta a cada 10 meses e também apresenta tendências ao longo da série, porém a série não se trata de uma série não estacionária, uma vez que, apesar das variações de ciclo e tendência, os dados seguem uma linearidade. Portanto, o melhor modelo a ser utilizado é o Holt-Winters aditivo, uma vez que a sazonalidade é constante ao longo da série e apresenta tendência e ruído branco.

Figura 1 – Gráfico da decomposição sazonal da série Produção



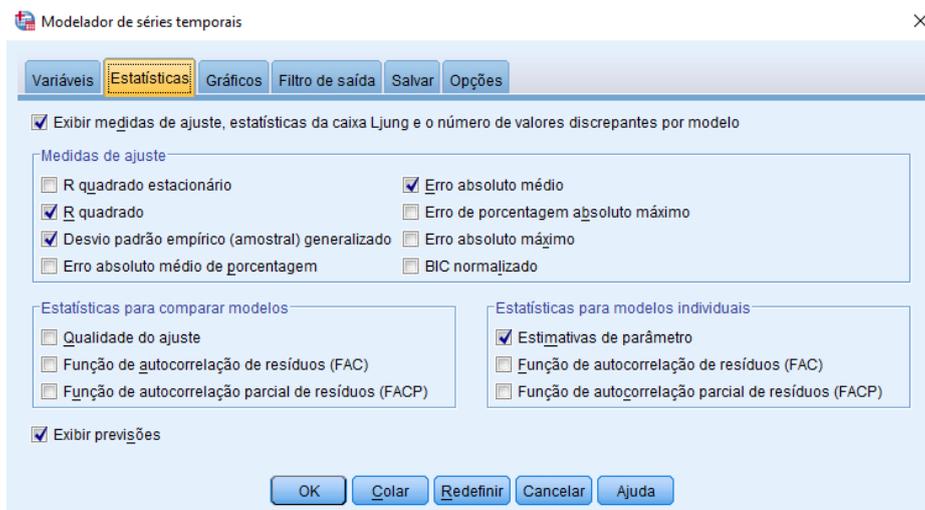
Fonte: Autor

Para realizar a previsão no IBM-SPSS, o usuário deve entrar no menu “Analisar”, depois ir até a opção “Previsão” e, após isso, clicar na opção “Criar modelos”. Importante ressaltar que as nomenclaturas dos menus podem variar de acordo com a versão do *software*, neste estudo está sendo utilizada a versão 21.

Após seguir os passos citados acima, o IBM-SPSS abre uma janela para que sejam feitas as configurações da previsão, bem como os dados que o usuário deseja de saída na tela de *outputs*.

No menu “Estatísticas”, serão selecionados os seguintes itens para serem verificados na tela de *outputs*: em “Medidas de Ajuste”, R quadrado, Desvio Padrão Empírico e Erro Absoluto Médio, para análises de acuracidade das previsões e em “Estatísticas para modelos individuais”, seleccione estimativas de parâmetros, a fim de que seja possível verificar as constantes utilizadas para realizar a previsão e também os limites superiores e inferiores dos valores previsto

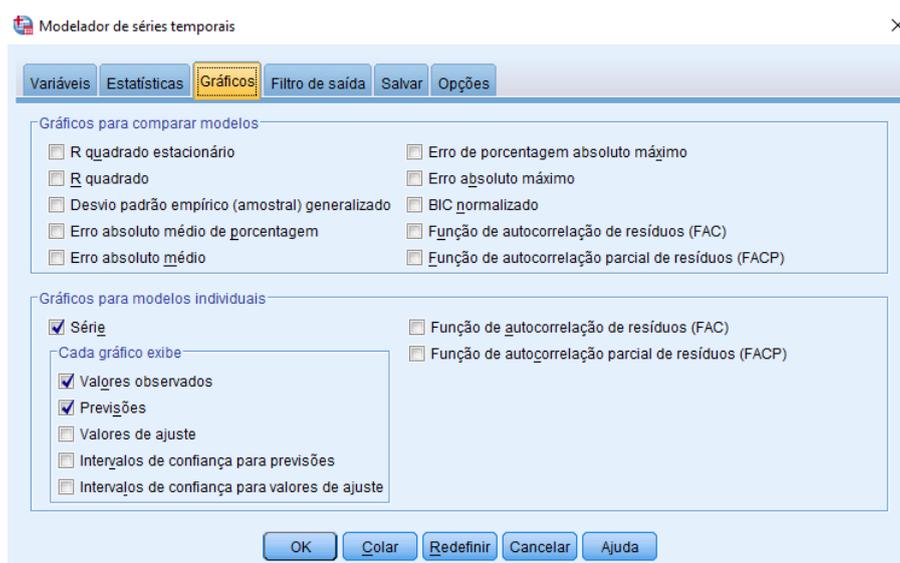
Figura 2 – Modelador de séries temporais aba “Estatísticas”



Fonte: Autor

Feito isso, deve-se configurar na aba “Gráficos”, o gráfico que será demonstrado na tela de *outputs*. Não serão necessários outros valores demonstrados graficamente, além dos valores ajustados da série temporal e as previsões, sendo assim, seleciona-se em “Gráficos para modelos individuais”: série, valores observados e previsões.

Figura 3 – Modelador de séries temporais aba “Gráficos”



Fonte: Autor

Os valores preditos para a série, referente ao período de Agosto/2019 a Dezembro/2019 serão informados tanto na tela de visualização das variáveis, quanto na tela de *outputs*, gerando as seguintes tabelas das figuras a seguir:

Figura 4 – Tabelas das estatísticas e previsões da série Produção I

Descrição do modelo								
				Tipo de modelo				
ID do modelo	PROD. AUTOVEÍCULOS	Modelo_1	Aditivo de Winters					
Estatísticas do Modelo								
Modelo	Número de Preditores	Estatísticas de ajuste do modelo			Ljung-Box Q(18)			Número de Valores Discrepantes
		R ao Quadrado	RMSE	MAE	Estatísticas	DF	Sig.	
PROD. AUTOVEÍCULOS-Modelo_1	0	,794	22570,908	16156,920	13,094	15	,595	0

Fonte: Autor

Conforme é demonstrado na Figura 40, a tabela de “Estatísticas do Modelo”, apresentada pelo *software* IBM-SPSS para a série “Produção”, as medidas de acuracidade atendem aos limites estabelecidos no item 5.3 deste estudo.

Na Figura 41, a seguir, é possível verificar os parâmetros de suavização do modelo para a série temporal determinada, o qual se diferencia da série “Empregos”, uma vez que apresenta, além do α e γ , para nível e tendência, também existe o parâmetro δ , para indicar período, uma vez que a série possui sazonalidade. Também é demonstrado nessa imagem, as previsões para o período determinado e seus limites de acuracidade.

Figura 5 – Tabelas das estatísticas e previsões da série Produção II

Parâmetros do modelo de suavização exponencial						
Modelo			Estimativas	SE	t	Sig.
PROD. AUTOVEÍCULOS-Modelo_1	Nenhuma Transformação	Alfa (Nível)	,507	,065	7,842	,000
		Gama (Tendência)	3,069E-006	,007	,000	1,000
		Delta (Período)	,001	,084	,012	,991

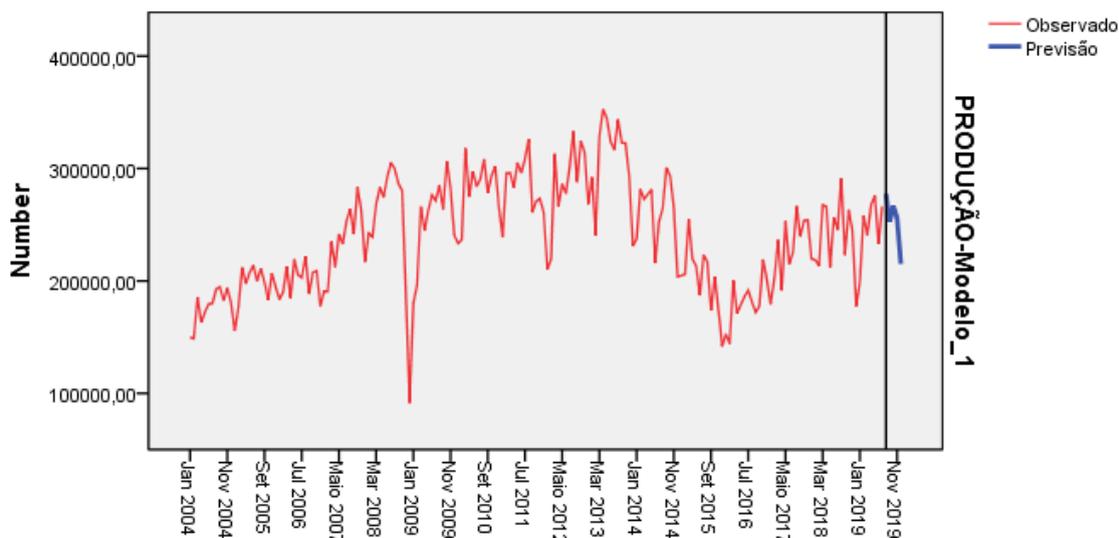
Previsão						
Modelo		Ago 2019	Set 2019	Out 2019	Nov 2019	Dez 2019
PROD. AUTOVEÍCULOS-Modelo_1	Previsão	277505,90	252732,65	266889,15	255911,28	215174,02
	UCL	322036,96	302654,59	321674,05	315161,40	278575,68
	LCL	232974,84	202810,72	212104,24	196661,16	151772,37

Para cada modelo, as previsões começam depois do último valor não ausente na amplitude do período de estimação solicitado, e terminam no último período para o qual valores não ausentes de todos os preditores estão disponíveis na data final do período de previsão pedido, o que for anterior.

Fonte: Autor

Após a confirmação dos valores preditos, o gráfico da série temporal “Produção” ajustada e com as previsões e demonstrado da seguinte maneira, na janela *outputs*

Figura 6 – Gráfico de previsão da série Produção



Fonte: Autor

Apesar de haver uma variação em Agosto/2019 até Outubro/2019, a partir de Novembro/2019, a tendência é de queda na produção de autoveículos.

Com as previsões efetuadas, faz-se necessária a comparação com a realidade que ocorreu no período do estudo, uma vez que isso auxilia a comprovar que o método utilizado realmente atende ao necessário.

Sendo assim, a tabela a seguir demonstra a comparação das previsões com seus limites de aceitação e a realidade dos dados no período de estudo para cada série temporal e seu respectivo modelo. Os dados reais utilizados no estudo são demonstrados pela ANFAVEA.

Tabela 1 – Comparação Previsão x Real série “Produção”

Período	Limite Inferior Previsão	Previsão	Limite Superior Previsão	Dados Reais
Agosto/2019	232.974,84	277.505,90	322.036,96	269.758
Setembro/2019	202.810,72	252.732,65	302.654,59	247.333
Outubro/2019	212.104,24	266.889,15	321.674,05	288.512
Novembro/2019	196.661,16	255.911,28	315.161,40	227.455
Dezembro/2019	151.772,37	215.174,02	278.575,68	170.504
TOTAL	X	1.268.213	X	1.203.562

Fonte: Autor

Na Tabela 1, é possível verificar que a diferença do somatório total da previsão da série Produção referente ao período de Agosto/2019 a Dezembro/2019 em relação aos dados reais demonstrados pela ANFAVEA corresponde a 5,37% a mais somente. Sendo assim, demonstra a eficácia da previsão efetuada pelo IBM-SPSS.

5 - CONCLUSÃO

A previsão de demanda demonstra uma grande evolução ao longo dos anos, devido à necessidade de aprimoramento por conta da dificuldade de análise dos dados. Nessa perspectiva, a evolução da análise passa pela evolução dos *softwares* que auxiliam nesse procedimento. O IBM-SPSS se mostrou bastante completo atendendo aos mais variados tipos de séries temporais, com uma *interface* fácil de utilizar.

O *software* se mostrou bastante útil para ser utilizado tanto no âmbito acadêmico, quanto no âmbito empresarial, por conta da praticidade e de sua assertividade na resolução das previsões solicitadas.

Em relação aos resultados obtidos com as previsões efetuadas, foi possível notar que na série temporal “Produção”, a linearidade dos dados se manteve constante, sendo contabilizada uma diferença percentual entre os previstos e reais praticamente irrisória.

Por fim, como sugestão de continuidade deste estudo, sugere-se que seja efetuada a análise de previsão de demanda fora do âmbito industrial, desenvolvendo um estudo em que a demanda seja serviços, valores, índices, dentre outros que não sejam relacionados à produção de um produto em específico, ou seja, resultados intangíveis.

REFERÊNCIAS

ANFAVEA – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES. Estatísticas, 2019. Disponível em < <http://www.anfavea.com.br/estatisticas.html>>. Acesso em 25 de agosto de 2019.

HYNDMAN, R. J.; ANTHANASOPOULOS, G. Forecasting: Principles and Practice. 2ª ed. OTexts. Melbourne, 2018.

MDIC – MINISTÉRIO DA ECONOMIA, DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR. Setor automotivo, 2017. Disponível em < <http://www.mdic.gov.br/index.php/competitividade-industrial/setor-automotivo>>. Acesso em 29 de agosto de 2019.

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C. Análise de séries temporais. 2ª ed. São Paulo – SP: Ed. Bucher, 2006.

PELLEGRINI, Fernando R. e FOGLIATTO, Flávio S. 2001. Passos para implantação do sistema de previsão de demanda: Técnicas e estudo de caso. Revista PRODUÇÃO, v. 11 n. 1, novembro de 2001. Disponível em < <http://www.scielo.br/pdf/prod/v11n1/v11n1a04>>. Acesso em 25 de fevereiro de 2019.

SHUMWAY, R. H. (1988). Applied statistical time series analysis, Prentice Hall, New Jersey.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação.

4ªed. Florianópolis: UFSC. 138p. 2005.

WANKE, Peter; JULIANELLI, Leonardo. 2011. Previsão de Vendas: Processos organizacionais e métodos quantitativos e qualitativos. 2º ed. São Paulo: Atlas 2011.

Capítulo 14

A IMPORTÂNCIA DA APLICAÇÃO DA FERRAMENTA MAPA DE RACIOCÍNIO EM UM PROJETO DE SEIS SIGMA

[DOI: 10.37423/200400740](https://doi.org/10.37423/200400740)

Efigênio Rodrigues da Costa Júnior - efigenio.costa@hotmail.com

Emerson José de Paiva - emersonjpaiva@gmail.com

Tarcísio Gonçalves de Brito - brito.tarcisiog@gmail.com

Junio Flávio Rodrigues Oliveira - juniofro@hotmail.com

Tiago Caixeta Nunes - kaxetta@yahoo.com.br

RESUMO: O Seis Sigma traduz os problemas em oportunidades de crescimento das organizações, concentrando-se na diminuição ou eliminação da incidência de erros, defeitos, e falhas, visando reduzir a variabilidade para os eventos críticos em um processo. O método é implementado por fase, de modo que, para finalizar uma determinada fase e iniciar a próxima, todas as atividades da fase anterior devem ser concluídas. O mapa de raciocínio consiste em uma documentação progressiva da forma de raciocínio durante a execução de um trabalho.

Trata-se de uma ferramenta importante no programa Seis Sigma, sendo utilizada durante todo o desenvolvimento do projeto. Mapa auxiliará na implementação do Método Seis Sigma, organizando todas as etapas de implementação, com perguntas que direcionarão as atividades. O objetivo do artigo é estudar a importância de uma das ferramentas disponibilizados pelo método, denominada Mapa de Raciocínio, acompanhando-se e implementando-se cada fase.

Palavras-chave: Mapa de Raciocínio, Seis Sigma, DMAIC.

1. INTRODUÇÃO

No atual momento competitivo do mercado, as organizações estão reformulando suas estratégias para sustentar suas vendas e lucros. Para isso, tais organizações, reconhecidas pelos seus clientes como bem-sucedidas, buscam oferecer produtos com baixos preços, alta qualidade, desempenho e entrega.

Em qualquer processo industrial, a inobservância do comportamento do processo, pode custar muito caro. Para muitas organizações, os custos com defeitos e desperdícios, na forma como operam, são significativos.

Processos em que os erros ocorram ocasionalmente pode parecer natural. Mas quando se consideram quantos erros podem estar ocorrendo nos processos de toda a empresa, o impacto monetário, a produtividade, a satisfação do cliente e a lucratividade pode se multiplicar. Várias empresas consideram um percentual de defeitos no seu processo, mas esses defeitos oneram no custo da produção. Na busca por medidas de redução e eliminação dos defeitos, pesquisadores, gestores e consultores têm implementado projetos orientados ao método Seis Sigma.

O Seis Sigma traduz os problemas em oportunidades de crescimento do negócio, concentrando-se na diminuição ou eliminação da incidência de erros, defeitos, e falhas, visando reduzir a variabilidade para os eventos críticos em um processo (ANDRIETTA e MIGUEL, 2002). O método é implementado por fase, de modo que, para finalizar uma determinada fase e iniciar a próxima, todas as atividades da fase anterior devem ser concluídas. Para cada estágio do projeto devem-se usar as ferramentas apropriadas.

Com base nessas informações, o objetivo do artigo é estudar a importância de uma das ferramentas disponibilizadas pelo método, denominada Mapa de Raciocínio, acompanhando-se e implementando-se cada fase.

2. PROGRAMA SEIS SIGMA

O Programa Seis Sigma foi criado pela Motorola na década de 80 para enfrentar a ameaça japonesa na indústria eletrônica (Banuelas et al., 2005). Com a implementação do programa ela se tornou líder do mercado. Em 1988, ganhou o Prêmio Nacional de Qualidade Malcolm Baldrige, além de obter um ganho de 2,2 bilhões de dólares até o início da década de 1990

(PYZDEK e KELLER, 2012; WERKEMA, 2012).

Com o sucesso obtido pela organização com a implementação do programa Seis Sigma, várias empresas implementaram o programa alcançando resultados semelhantes (WERKEMA, 2012). Para Mazzuchetti et al (2010), O programa de Seis Sigma surgiu com o objetivo de maximizar a qualidade dos processos, produtos e serviços de uma organização por meio do uso de análises quantitativas e técnicas para tomada de decisão.

Seis Sigma é uma implementação rigorosa, focada e altamente eficiente das técnicas e princípios de qualidade comprovadas. Visa o desempenho do negócio praticamente sem erros. O Sigma (σ) é uma letra do alfabeto grego utilizada pelos estatísticos para medir a variação em qualquer processo. No seu uso comercial, indica defeitos nas saídas de um processo e nos ajuda a entender até que ponto o processo se desvia da perfeição (GOMES et al, 2017).

Gomes et al (2017), afirma que a metodologia Seis Sigma visa uma produtividade de 3,4 defeitos por milhão de oportunidades, sendo que o termo “Sigma” representa a variação do processo em relação à média.

Um sigma equivale a 691.462,5 defeitos por milhão de oportunidades, o que se traduz em uma porcentagem de resultados não-efetivos de apenas 30,854%, um desempenho muito ruim. Se tivermos processos funcionando a um nível de 3 sigma, isso significa que estamos permitindo 66.807,2 erros por milhão de oportunidades, ou entregando 93.319% de resultados não-efetivos. Isso é muito melhor, mas ainda estamos perdendo dinheiro e decepcionando nossos clientes (ROTONDARO et al, 2014). A tabela 1 apresenta a relação entre o nível sigma e o número de defeitos.

Tabela 1 - Escala Sigma (longo prazo) x Defeitos por milhão.

ESCALA SIGMA	DEFEITOS POR MILHÃO (PPM)
DOIS SIGMAS	308537
TRÊS SIGMAS	66807
QUATRO SIGMAS	6210
CINCO SIGMAS	233

Fonte: Adaptado de Werkema (2012).

Para Werkema (2012), o programa não envolve nada de novo, já que são utilizadas ferramentas estatísticas conhecidas há anos na busca pela eliminação dos defeitos. O diferencial do Programa Seis Sigma é a abordagem e a forma de implementação, que são únicas e muito poderosas. A figura 01, apresenta os principais elementos pelo Sucesso do Programa Seis Sigma.

Figura 01 – O segredo do sucesso do Seis Sigma



Fonte: Werkema, 2012

A visão da metodologia Seis Sigma, apresenta duas abordagens principais: a estatística e a estratégica. Na estatística, o objetivo é quantificar a variação do resultado de um processo crítico e identificar o nível sigma. Na estratégica, considerada uma abordagem mais abrangente, o objetivo está interligado à implementação de estratégias que melhoram o desempenho do negócio e o seu potencial competitivo (Banuelas et al., 2005).

O método padrão seguido para aplicação da metodologia Seis Sigma é o ciclo conhecido como Definir-Medir-Analisar-Melhorar-Controlar (DMAIC – Define, Measure, Analyse, Improve, Control), em que as 5 etapas fornecem um modelo simples e estruturado para a melhoria de desempenho e alcance das metas de um determinado projeto (PYZDEK e KELLER, 2011; WERKEMA, 2012).

3. O MÉTODO DMAIC E SUAS FERRAMENTAS

Muitos modelos utilizados pelas estratégias vinculados à qualidade têm o ciclo PDCA como referência. Este ciclo foi concebido originalmente por Deming no início da Total Quality Management (TQM). Deming enfatiza que a qualidade e a produtividade aumentam à medida que a variabilidade do processo diminui. Reforça a necessidade de métodos estatísticos de controle, participação, educação e melhoria objetiva (SLACK et al, 2009). O Seis Sigma também utiliza o ciclo PDCA como referência. Entretanto, a diferença reside no treinamento dos líderes para que atinjam um alto nível de proficiência na aplicação das técnicas (MARINS et al, 2009).

De acordo com Werkema (2012) e Marins et al (2009), o DMAIC é um método sistemático baseado em dados e na utilização de ferramentas estatísticas para atingimento dos resultados. O Quadro 1 apresenta os pontos mais relevantes do método e algumas das ferramentas que podem ser utilizadas por etapa.

Quadro 1 - Pontos principais do DMAIC.

Fases	Visão geral	Atividades	Ferramentas
DEFINIR	Definir com precisão o escopo e objetivos do projeto de melhoria;	<p>Descrever o problema e definir a meta.</p> <p>Avaliar histórico do problema, retorno econômico e impacto.</p> <p>Avaliar a prioridade do projeto.</p> <p>Definir participantes, escopo, cronograma e recursos.</p> <p>Identificar as necessidades dos clientes.</p> <p>Definir o processo.</p>	<p>Mapa de raciocínio.</p> <p>Termo de Abertura do projeto.</p> <p>Métricas do Seis Sigma.</p> <p>Gráfico Sequencial.</p> <p>Carta de Controle.</p> <p>Análise Econômica.</p>
MEDIR	Medir o processo atual e determinar a localização ou foco do problema	<p>Definir forma de coleta de dados.</p> <p>Avaliar Sistema de Medição.</p> <p>Identificar forma de estratificação do problema.</p> <p>Definir e estudar problemas prioritários.</p> <p>Estabelecer metas para os problemas prioritários.</p>	<p>Avaliação de Sistema de Medição.</p> <p>Estratificação.</p> <p>Diagrama de Pareto.</p> <p>Carta de controle.</p> <p>Histograma.</p> <p><i>Boxplot</i>.</p> <p>Índice de Capacidade.</p>
ANALISAR	Analisar o processo e determinar as causas de cada problema prioritário;	<p>Analisar o processo e os dados do problema prioritário.</p> <p>Identificar, priorizar e quantificar as causas potenciais.</p>	<p>Fluxograma.</p> <p>FMEA.</p> <p><i>Brainstorming</i>.</p> <p>Diagrama de causa-efeito.</p> <p>Teste de hipóteses.</p> <p>Diagrama de dispersão.</p> <p>Análise de Variância.</p> <p>Planejamento de Experimentos.</p> <p>Matriz de Priorização.</p>

MELHORAR	Melhorar o sistema: propor, avaliar e implementar soluções par a cada problema prioritário;	Identificar soluções prioritárias. Avaliar e minimizar os riscos. Elaborar e executar um plano para implementar as soluções.	<i>Brainstorming.</i> FMEA. Plano de ação: 5W2H.
CONTROLAR	Controlar o novo sistema, de forma a garantir que o alcance da meta seja mantido a longo prazo.	Avaliar se a meta foi alcançada. Padronizar e transmitir as alterações. Implementar um plano para monitoramento da performance e tomadas de ações corretivas caso surjam anomalias.	Procedimento Operacional Padrão. Relatórios de anomalias. OCAP.

Fonte: Adaptado de Werkema (2012).

Espera-se dos empregados que desenvolvem um trabalho de Seis Sigma, um caminho sequencial de atividades associado ao uso de ferramentas apropriadas. Os profissionais envolvidos em um projeto de Seis Sigma são conhecidos como Belts; o Sponsor é o patrocinador ou apoiador do projeto dentro da organização; o Orientador é o responsável por direcionar metodologicamente o Belt durante o projeto e os Membros de Equipe auxiliarão o Belt na implementação de alguma etapa ou ação. Algumas ferramentas podem ser utilizadas com o intuito de facilitar a execução e acompanhamento das etapas de cada um desses profissionais. O mapa de raciocínio é uma dessas ferramentas, fundamental para a implementação e organização das etapas.

4.MAPA DE RACIOCÍNIO

O mapa de raciocínio consiste em uma documentação progressiva da forma de raciocínio durante a execução de um trabalho. Trata-se de uma ferramenta importante no programa Seis Sigma, sendo utilizada durante todo o desenvolvimento do projeto realizado pelo Belt. Um mapa de raciocínio deve documentar a meta geral do trabalho (objetivo geral), questões a serem respondidas, atividades a serem realizadas de forma a responder as questões propostas, novas questões e novos passos que surgirem durante o projeto e respostas para as novas questões (WERKEMA, 2012).

Hild et al. (2000) referem-se ao mapa de raciocínio como mapa do pensamento. Não existe uma maneira correta de construir o mapa, já que se pode melhorar o entendimento e ganhar novo conhecimento sobre um processo de diversas maneiras. Porém, existe um conjunto de

elementos críticos que certificam que o mapa do pensamento será eficiente na condução do trabalho.

Tais elementos são (HILD et al., 2000):

- a) o objetivo geral e quantificável do projeto ou processo;
- b) alternativas principais e questões iniciais a serem consideradas;
- c) caminhos paralelos de questionamento e subseqüentes trabalhos desenvolvidos;
- d) priorização das questões a serem respondidas;
- e) ferramentas e metodologias utilizadas para procurar as respostas às questões;
- f) história do trabalho realizado para obter as respostas e a documentação das respostas; e
- g) evolução das métricas e sua relação com o trabalho sendo realizado.

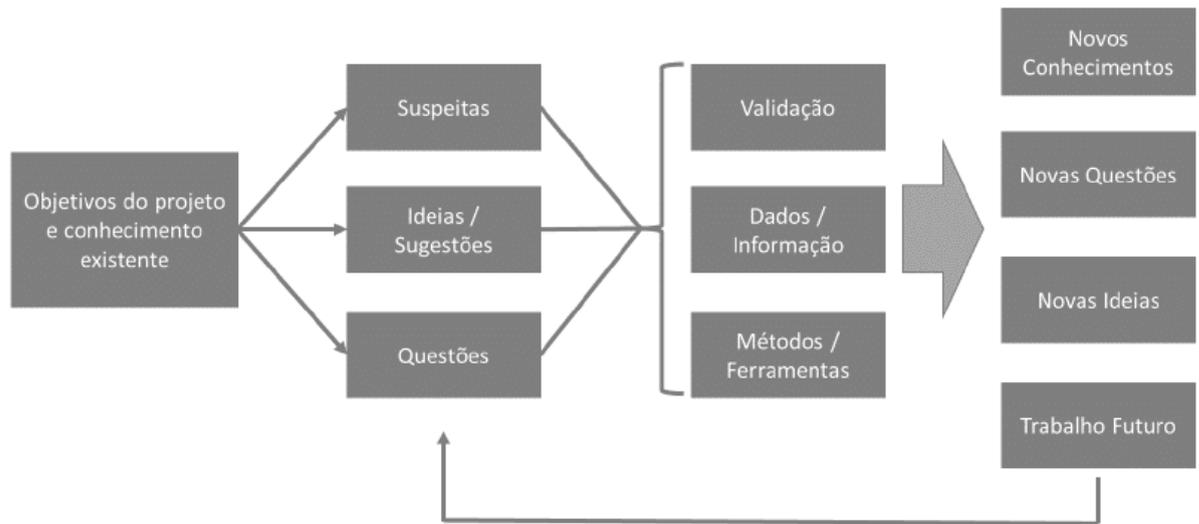
Segundo Werkema (2012), uma das dificuldades durante a construção do Mapa é a ausência de uma maneira “correta” de construir. Apesar de não se ter um passo-a-passo, deve-se seguir algumas características para ser efetivo:

- Apresentar todas as atividades paralelas que estão sendo desenvolvidas no trabalho;
- Demonstrar a relevância das perguntas, ferramentas e atividades;
- Apresentar a identificação da etapa do DMAIC;
- Apresentar as referências dos documentos utilizados, podendo apresenta-los como anexo ao Mapa de Raciocínio;
- Destacar os diferentes elementos do mapa, etapas e caminhos seguidos durante o projeto.

Um fluxograma para elaboração do mapa do pensamento proposto por Hild et al. (2000) é apresentado na Figura 2. No fluxograma, o conhecimento existente (ideias ou suspeitas) motiva perguntas, as quais direcionam o tipo de informação necessária e os tipos de ferramentas a serem utilizadas no projeto (por exemplo, CEP – Controle Estatístico de Processo), as quais, por sua vez, proporcionam respostas e novas perguntas referentes a desdobramentos futuros do projeto.

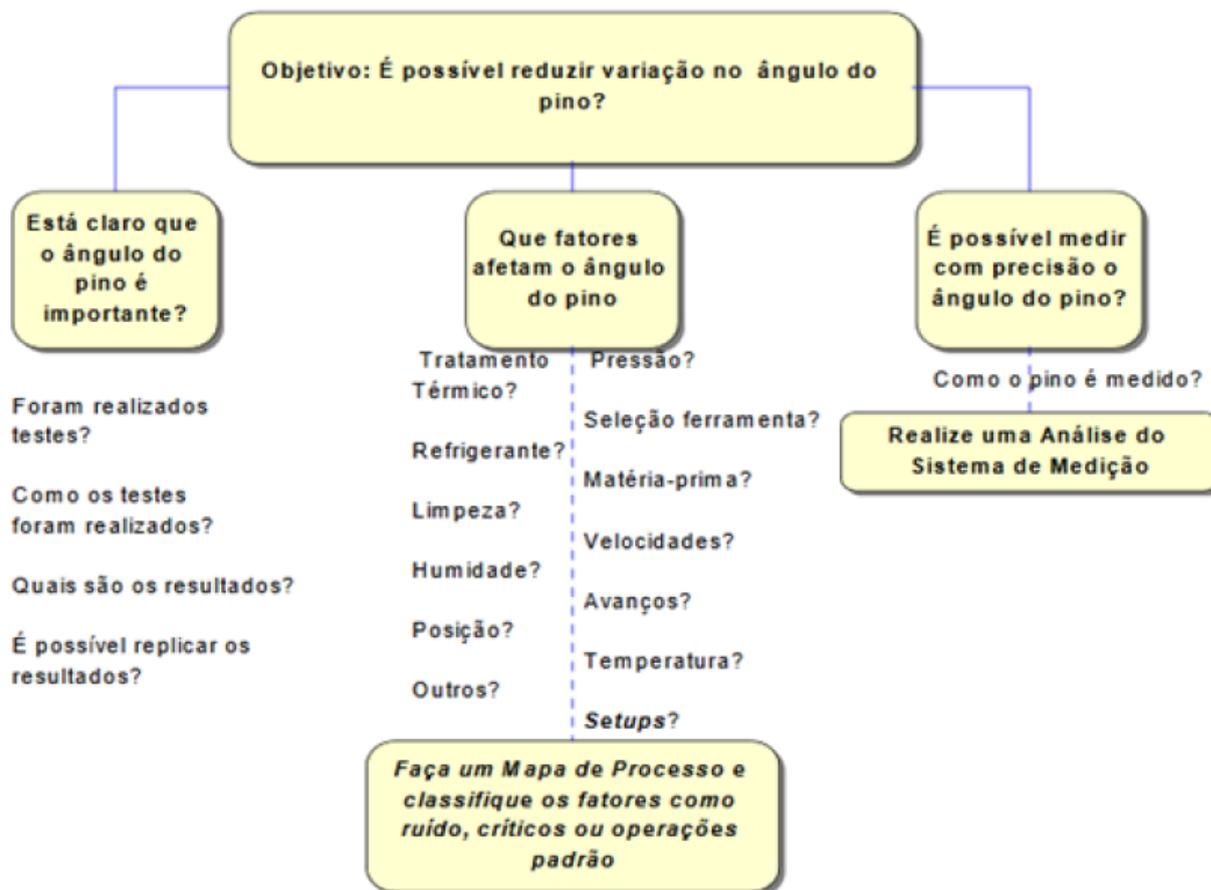
Frequentemente, as equipes que trabalham nos projetos Seis Sigma necessitam saber: os próximos passos, alterações que estão sendo feitas no processo/projeto, e porquê e como manter o histórico do progresso do trabalho. O exemplo de mapa na Figura 3 traz tais informações, já que imediatamente comunica os objetivos, a direção, razões e natureza hierárquica do trabalho, além de fatores e questões relacionadas com o objetivo global.

Figura 2 – Fluxo natural do Mapa de Raciocínio



Fonte: Adaptado de Hild et al., 2000.

Figura 3 - Exemplo de mapa do pensamento para reduzir variabilidade no ângulo do pino

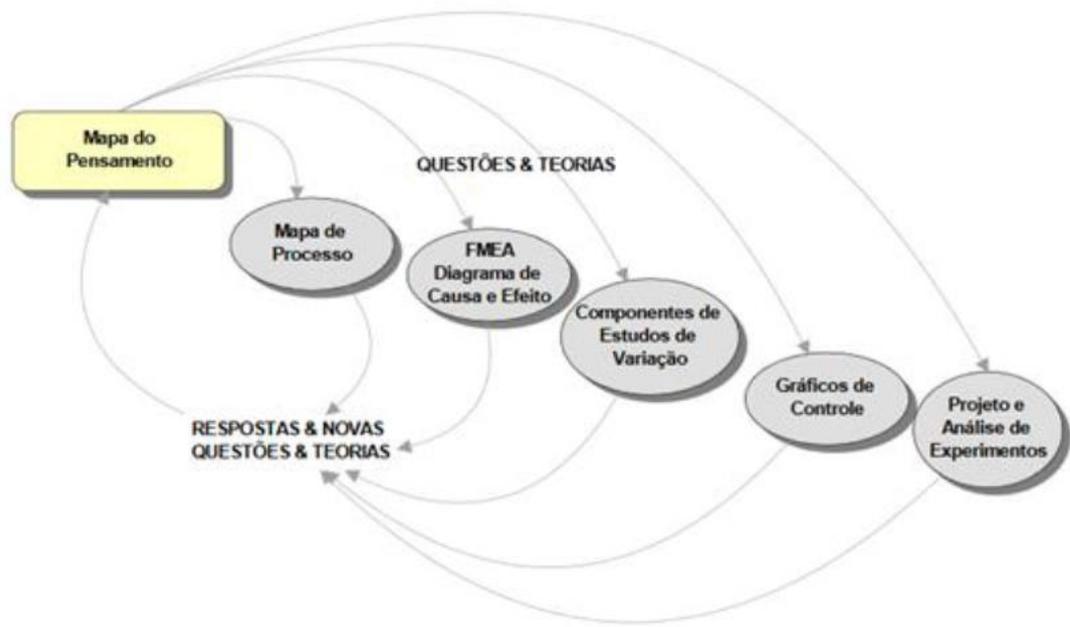


Fonte: HILD et al., 2000.

A Figura 4, ilustra a relação entre ferramentas estatísticas e o mapa do raciocínio. A construção do conhecimento sequencial é baseada na habilidade de questionar e responder corretamente aos questionamentos, desenvolver e testar hipóteses, entender e documentar teorias não testadas. Mapas de raciocínios são importantes para melhorar a geração de ideias, comunicar e resolver problemas de forma eficiente (HILD et al., 2000).

O Mapa de Raciocínio é um documento dinâmico que deve ser elaborado concomitantemente ao projeto, uma vez que a formulação das respostas às perguntas do mapa serve de balizadora para a evolução do trabalho, direcionando as análises necessárias em cada passo. À medida que essas perguntas são respondidas, naturalmente o projeto caminha conforme a metodologia DMAIC (Figura 5) (VALER, 2017).

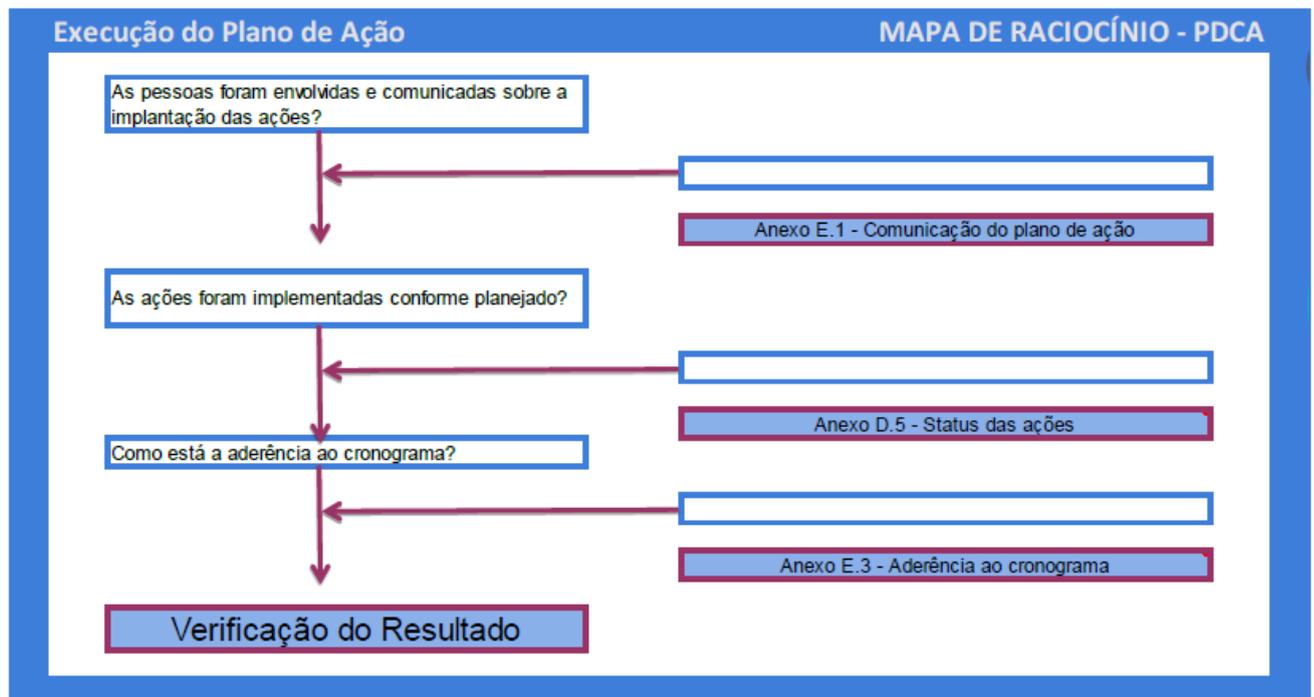
Figura 4 – Relacionamento entre ferramentas estatísticas e o mapa de raciocínio.



Fonte: HILD et al., 2000.

Por outro ponto de vista, o Mapa serve também como material para apresentação e acompanhamento do projeto para todos os envolvidos em seu desenvolvimento e/ou em sua gestão. Sponsor, orientador e demais membros do projeto, acompanharão a implementação do projeto através do Mapa de Raciocínio, permitindo a compreensão do escopo de trabalho (VALER, 2017).

Figura 5 – Questionário para as etapas do Mapa de Raciocínio.



Fonte: VALER, 2017.

Permitem a transferência de conhecimento do processo / produto para a equipe durante o projeto e/ou modificações futuras. Os membros da equipe podem trabalhar em diversas frentes de trabalho e manter o vínculo com os objetivos do projeto através do Mapa (VALER, 2017).

Duas falhas podem surgir com a implementação da ferramenta. A primeira, tratar como um documento estático, feito uma vez e esquecido durante o restante do trabalho. A intenção da ferramenta é utilizar como um documento evolutivo, orientando os caminhos do projeto através da documentação das questões que necessitam serem respondidas e os conhecimentos adquiridos. A segunda falha está relacionada às questões e teorias que não explicitamente definidas e claras. Consequentemente, o trabalho não será orientado por questões racionais e lógicas. Essa falha impactará na estratégia de coleta dos dados e na escolha das análises (HILD et al., 2000).

Werkema (2012), complementa que redigir as perguntas, respostas e atividades de maneira confusa ou deixar de apresentá-las impactará na transferência do conhecimento. Outro erro é sobrecarregar o documento com dados, gráficos e análises bem detalhadas. Essas informações deverão constar no Mapa como referências.

Vale ressaltar que a finalidade do Mapa é documentar, progressivamente, a forma de raciocínio durante a execução de um trabalho ou projeto (Werkema, 2012).

5.APLICAÇÃO MAPA NA MINERAÇÃO

O Mapa de Raciocínio apresentado é um modelo utilizado pela empresa de mineração VALE no desenvolvimento de projetos Seis Sigma dos empregados. Ele está dividido em algumas etapas: Capa, Acompanhamento do Indicador, Agenda de Reuniões, Acompanhamento de Entregas, Atas de Reuniões e Método.

Na capa, o Mapa apresentará algumas informações básicas do projeto como o Título, responsáveis ou Belts, Diretoria e Gerência onde o trabalho será desenvolvido. Conforme a Figura 06, o Capa direcionará para os campos:

- Acompanhamento do Indicador: informações relacionadas ao histórico do indicador do projeto, como o período histórico para análise do indicador, o resultado e a meta mensalizados e o início do projeto.
- Acompanhamento do Cronograma: responsável pelo acompanhamento das etapas da implementação das etapas do projeto.
- Agenda de Reuniões: programar com antecedência todas as reuniões do projeto com as partes interessadas. Pelo regulamento estabelecido pela empresa, o Belt deverá dedicar 30% de sua jornada no desenvolvimento do projeto.
- Acompanhamento de Entregas: planejamento das entregas de cada Etapa do método. Quando a entrega não é realizada, o Belt deverá identificar qual foi o problema e a solução para que a entrega seja realizada.
- Atas de Reuniões: acompanhará os assuntos que estão sendo tratados e as deliberações.
- Implementação do Método: cada Fase do PDCA é tratada separadamente dentro do Mapa de Raciocínio. O Mapa de Raciocínio direciona o preenchimento de cada fase com perguntas e a validação do preenchimento é realizada através de fatos e dados e validado pelo Orientador

Figura 6 – Capa do mapa de Raciocínio.

Título do projeto:	Redução de falhas corretivas nos motores da frota de caminhões fora de estr
Responsáveis:	Efigênio Costa / Júnio Oliveira
Diretoria:	Corredor Ferrosos Sul e Sudeste
Gerência:	Gerência de Manutenção Equipamentos Mina Itabira e Água Limpa



Fonte: VALER, 2017.

O método está dividido entre as etapas de Planejamento (PLAN), Execução (DO), Verificação dos Resultados (Check) e Atuação em função dos Resultados (Action). A etapa de Planejamento no Mapa de Raciocínio está dividida em quatro etapas: Identificação do Problema, Análise do Fenômeno, Análise do Problema e Estabelecimento do Plano de Ação. Cada etapa do Mapa de Raciocínio, apresentará perguntas que auxiliará no correto preenchimento. Toda a evidência de cumprimento da pergunta deverá ser anexada no Mapa de Raciocínio. O Orientador avaliará cada evidência durante as consultorias e aprovará ou reprovará o cumprimento da etapa.

Conforme o quadro 2, as perguntas são específicas para cada etapa do método.

Quadro 2 – Perguntas de cada etapa do Método

Etapa	Perguntas
--------------	------------------

PLAN - Identificação do Processo	<ol style="list-style-type: none">1. Qual é o Problema? Por que este problema foi considerado como prioridade?2. Qual indicador será utilizado para medir o resultado do projeto?3. Existem dados confiáveis para o histórico? Por que são considerados confiáveis?4. Como o indicador vem se comportando historicamente?5. Qual a meta?6. Quais os ganhos potenciais do projeto?7. Quais as premissas e restrições do projeto?8. Qual equipe desenvolverá o projeto?
PLAN - Análise do Fenômeno	<ol style="list-style-type: none">1. Como o problema pode ser estratificado, isto é, quais os fatores de estratificação?2. Existem dados históricos confiáveis para a estratificação do problema?3. Quais são os focos do problema (estratos mais significativos)? Qual o percentual eles representam em relação ao total?4. Como os focos se comportam ao longo do tempo (análise de variação dos focos)?5. Quais são as metas específicas para cada um dos focos?6. As metas específicas são suficientes para alcance da meta geral?
PLAN - Análise do Processo	<ol style="list-style-type: none">1. Qual o processo gerador do problema?2. Quais são as causas potenciais que mais influenciam no problema? As causas raízes foram identificadas?3. Quais causas foram priorizadas para estudo?4. As causas priorizadas foram comprovadas?5. Quais são as causas fundamentais a serem tratadas?
PLAN - Estabelecimento do Pano de Ação	<ol style="list-style-type: none">1. Quais as possíveis soluções?2. Será necessário priorizar as soluções?3. Será necessário testar as soluções? Como os testes serão realizados?4. Quais os resultados dos testes?5. Qual o plano de ação para implementação da solução em larga escala?6. Foram levantadas ações que poderão ser patenteadas?
DO	<ol style="list-style-type: none">1. As pessoas foram envolvidas e comunicadas sobre a implantação das ações?2. As ações foram implementadas conforme planejado?3. Como está a aderência ao cronograma?
CHECK	<ol style="list-style-type: none">1. A meta global foi alcançada?2. As metas específicas foram alcançadas?3. Caso alguma meta não tenha sido alcançada, seria interessante realizar uma prospecção de tecnologia junto a área de Tecnologia e Inovação?4. Quais foram os ganhos do projeto?5. Os ganhos financeiros foram validados pela Gestão Econômica?
ACTION	<ol style="list-style-type: none">1. Foram criados ou alterados padrões para manutenção dos resultados?2. As pessoas envolvidas com o cumprimento dos novos padrões foram treinadas?3. Quais variáveis do processo serão monitoradas e como serão monitoradas?4. Qual o plano de ações corretivas caso surjam problemas no processo?5. O projeto foi cadastrado na Central de Boas Práticas?6. Qual foi o aprendizado e quais as recomendações da equipe?

Fonte: autor

5. CONCLUSÃO

As organizações constantemente buscam melhorias dos seus processos. Essas melhorias veem através da implementação de projetos utilizando diversos métodos. O Seis Sigma é um dos métodos utilizados pelas organizações, que incrementa a qualidade por meio da melhoria contínua dos processos. O método é implementado por fase, desta forma, para finalizar uma determinada fase e iniciar a próxima.

O Mapa de Raciocínio ou Mapa de Pensamento é uma ferramenta utilizada para documentar de forma progressiva o raciocínio utilizado durante a execução do trabalho ou projeto. O Mapa auxiliará na implementação do Método Seis Sigma, organizando todas as etapas de implementação, com perguntas que direcionarão as atividades.

O Mapa não pode ser considerado um documento burocrático, já que a finalidade é documentar a forma de raciocínio do trabalho ou projeto. Todas as informações deverão constar no documento. O registro é importante na orientação da equipe de trabalho durante a investigação e para divulgação das atividades realizadas. Vale ressaltar que o mapa é uma poderosa ferramenta de comunicação, permitindo que gerentes compreendam o verdadeiro escopo e trabalho.

Portanto, todas as atividades ou projetos desenvolvidos na organização deverá utilizar o Mapa de Raciocínio no desenvolvimento e documentação, permitindo a transferência de conhecimento e aprendizado entre as equipes.

REFERÊNCIAS

ANDRIETTA, J; MIGUEL, P. A importância do método Seis Sigma na gestão analisada sob uma abordagem teórica. *Revista de Ciência e Tecnologia*, v. 11, n. 20, 2002.

BANUELAS, R., ANTONY, J., BRACE, M. An application of Six Sigma to reduce waste. *Quality and Reliability Engineering International*. 2005. 21(6), 553-570.

GOMES, L. P. C., MARQUES, D. M. N., GUERRINI, F. M. Programa Seis Sigma Auto-organizado: modelo da situação atual e necessidades de mudanças. *Gest. Prod.*, São Carlos, v.24, n.1, p. 95-107, 2017.

HILD, C.R.; SANDERS, D.; ROSS, B. *The Thought Map*. Quality Engineering. Monticello, N.Y.: Marcel Dekker, v.12, n.1, p. 21-27,1999-2000.

MARINS, C. S.; SOUZA, D. O.; TERRA, V. T. Estratégia Seis Sigma: em busca de competitividade. In. *ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 29., 2009. Salvador, BA.

PYZDEK, T.; KELLER, P. O Seis Sigma: guia do Profissional, um guia completo para Green Belts, Black Belts e gerentes de todos os níveis. 3. ed. Rio de Janeiro: Alta Books, 2011.

ROTONDARO, R. G. et al. Seis Sigma: estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços. São Paulo: Atlas, 2014. 1.ed.

VALER. Apostila do curso Seis Sigma Green Belt. Vale: Rio de Janeiro, 2017. WERKEMA, C. Criando a Cultura Lean Seis Sigma. 3 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

Capítulo 15

UM MODELO DE ROTEIRIZAÇÃO PARA RONDAS ESCOLARES PREVENTIVAS DA GUARDA MUNICIPAL

[DOI: 10.37423/200400779](https://doi.org/10.37423/200400779)

Bruno Leonardo Santos Menezes (Doutorando da Faculdade de Tecnologia do SENAI - CIMATEC).

brunomenezes@email.com

Marcio Nakayama Miura (Professor da Universidade Estadual do Oeste do Paraná).

adm.parana@gmail.com

Renelson Ribeiro Sampaio (Professor da Faculdade de Tecnologia do SENAI - CIMATEC).

renelson.sampa@gmail.com

Valter de Senna (Professor da Faculdade de Tecnologia do SENAI - CIMATEC).

valter.senna@gmail.com

RESUMO: Esta pesquisa tem como objetivo principal apresentar um modelo de roteirização de rondas preventivas realizadas por uma Guarda Municipal da Região Metropolitana de Salvador na rede de ensino pública municipal, com base no Problema do Caixeiro Viajante, metodologia Analytic Hierarchy Process (AHP) e na proposta realizada por Sangsawang et al. (2005). Como a segurança pública é um serviço municipal prestado pela Guarda Municipal, o descolamento de viaturas nas escolas públicas do município tem como finalidade proteger a sociedade, garantindo a utilização das unidades escolares e prevenindo possíveis crimes.

Os gastos com o transporte são fundamentais neste sistema de segurança pública municipal e costumam ser altos. A metodologia AHP pode reduzir a subjetividade dos julgamentos, porém não está isenta de erros subjetivos. Embora a utilização do Problema do Caixeiro Viajante pode exigir grande esforço computacional é possível alcançar reduções de km/ronda e como consequência redução de custos.

PALAVRAS CHAVE. Guarda Municipal, Problema do Caixeiro Viajante, Analytic Hierarchy Process.

Área Principal: ADM - Apoio à Decisão Multicritério.

1 INTRODUÇÃO

Cury (2008) afirma que a segurança pública é também um serviço municipal prestado pela (GM) Guarda Municipal, atribuição ampliada e interpretada como uma atividade policial preventiva. O descolamento de viaturas (rondas) da GM na rede de escolas públicas do município tem como objetivo principal proteger a sociedade, garantindo a utilização das unidades escolares e prevenindo possíveis ações criminosas. Os gastos com o transporte destes agentes públicos (Guardas Municipais) são fundamentais no sistema de segurança pública municipal. Gurgel (2010) concluiu que os estudos que buscam aperfeiçoar a roteirização na atividade policial podem trazer melhorias amplas para toda a sociedade, reduzindo custos operacionais e diminuindo o tempo de resposta em possíveis emergências.

Além da distância a ser percorrida, existem outros fatores de roteirização subjetivos que influenciam nos custos de deslocamento. Por exemplo, pode ocorrer a redução do consumo de combustível com a redução das distâncias percorridas no deslocamento entre as escolas. Dada uma determinada quantidade de pontos (escolas da rede municipal), como aplicar um modelo de roteirização utilizando um método analítico para realização de rondas preventivas da guarda municipal de uma cidade da (RMS) Região Metropolitana de Salvador, onde todos os pontos sejam visitados a menor distância possível considerando os principais fatores de roteirização existentes?

Esta pesquisa tem como objetivo principal apresentar um modelo de roteirização de rondas preventivas realizadas por uma GM da RMS na rede de ensino pública municipal, com base no (PCV) Problema do Caixeiro Viajante, metodologia (AHP) Analytic Hierarchy Process e na proposta realizada por Sangsawang et al (2005).

2. ANALYTIC HIERARCHY PROCESS

O método AHP desenvolvido pelo matemático Thomas Lorie Saaty, tem como propósito auxiliar pessoas a tomarem decisões complexas. Gomes, et al (2003) definem que o AHP é um método de tomada de decisão ótima, onde a melhor escolha considera fatores qualitativos ou quantitativos.

O método AHP é largamente utilizado em problemas de decisão que envolve seleção, evolução, análise de custo benefício, atribuições, planejamento e desenvolvimento, hierarquia de prioridade, tomada de decisão, previsão, medicina e áreas afins, entre outras aplicações (Vaidya e Kumar, 2006).

Para aplicação a metodologia AHP é necessária construir uma árvore hierárquica inversa (figura 1), onde o objetivo da decisão está no topo, em seguida os critérios, subcritérios e as alternativas (Saaty, 1990, 1991).

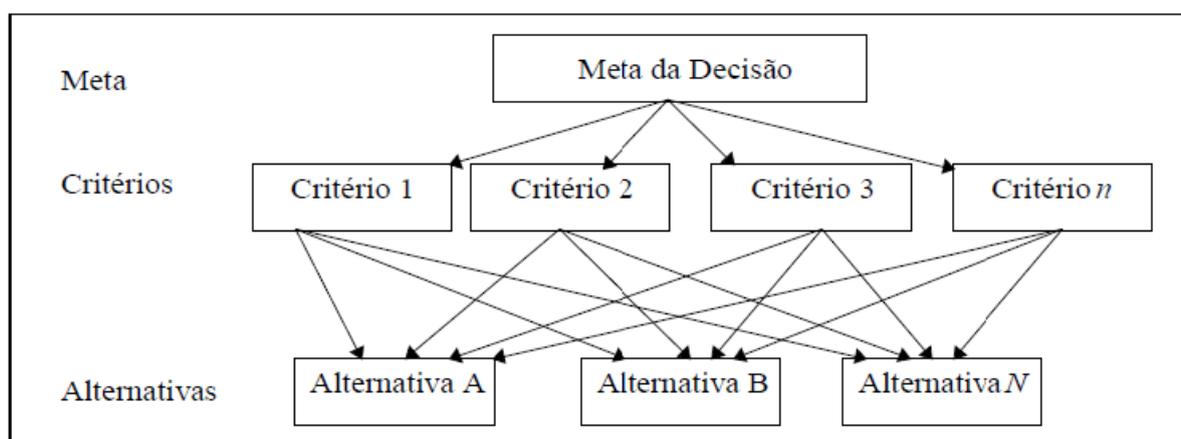


Figura 1 - Estrutura hierárquica inversa de problemas de decisão. Fonte: Adaptado de Saaty (1990, 1991).

Depois da estrutura hierárquica inversa pronta, é necessário avaliar com a comparação dos pares entre os critérios e subcritérios, e assim serão determinados os pesos de cada destes. Os critérios são comparados de acordo com uma escala de julgamentos que pode seguir o modelo do quadro 1 (Saaty, 1990, 1991).

Quadro 1 - Escala de julgamentos.

Pesos	Definição
1	Igual
3	Fraca
5	Forte

7	Um pouco mais do que forte
9	Extrema
2, 4, 6, 8	Intermediários
Recíprocos	Se a atividade tem pesos de 1 a 9 quando comparada com outra atividade, então essa outra atividade tem valor recíproco quando comparado com a primeira atividade.

Fonte: Saaty (1990, 1991).

Os resultados são apresentados na formal matricial:

Figura 2 – Forma matricial no AHP.

$$B = \begin{bmatrix} 1 & b_{12} & \dots & b_{1n} \\ \frac{1}{b_{12}} & 1 & \dots & b_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{1}{b_{1n}} & \frac{1}{b_{2n}} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Fonte: Saaty (1991).

Atendendo as condições:

- a) $b_{ij} = \beta;$
- b) $b_{ji} = 1 / \beta;$
- c) $b_{ii} = 1.$

Onde, b = comparação entre os critérios e β = pesos. Esta matriz possui simetria em relação à sua diagonal principal: os elementos julgam critérios semelhantes, porém um julgamento é o inverso do outro, $b_{ij} = 1/b_{ji}$. Se o valor $b_{ij} = 2$, i é 2 vezes mais importante j .

Se $b_{ji} = 1/2$, j possui um meio da importância de i . O resultado desta matriz é o autovetor de prioridades, que expressa os pesos. Com os pesos e níveis de preferência das alternativas é necessário atribuir valores a cada uma das alternativas, através do método da soma ponderada (Saaty, 1991):

Figura 3 – Valor da alternativa.

$$V(b) = \sum_{j=1}^n p_j v_j(b)$$

$$\text{com } \sum_{j=1}^n p_j = 1 \text{ e } 0 < p_j < 1 \text{ (j= 1, \dots, n),}$$

Fonte: Saaty (1991).

Onde:

- a) $V(b)$: é o valor da alternativa;
- b) p_j : a importância do critério j ;
- c) v_j : é a preferência da alternativa no critério j .

O método AHP calcula a RC (Razão de Consistência) dos julgamentos, onde $RC =$

IC/IR , onde IR (Índice de Consistência Randômico) é obtido em uma matriz recíproca de ordem n , com elementos que não podem ser negativos e gerada aleatoriamente. O IC (Índice de Consistência) é $IC = (b_{\max} - n)/(n-1)$, onde b_{\max} é o maior autovetor da matriz de julgamentos.

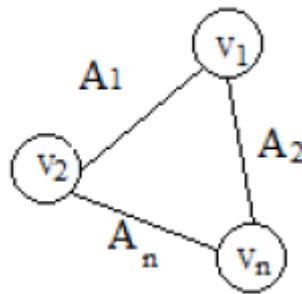
Os trabalhos de Saaty (1990, 1991) indicam que o ideal seria um $IC \leq 0.1$, porém isto é apenas uma regra geral.

4. PROBLEMA DO CAIXEIRO VIAJANTE

O PCV pode ser descrito como um grafo $G = (V, A)$, onde $V = \{1, \dots, n\}$ é o conjunto dos vértices do grafo e $A = \{(i, j) \mid i, j = 1, \dots, n\}$ é um conjunto de arcos ligando esses vértices.

Associado a cada arco existe um custo c_{ij} , tal que $c_{ii} = \infty$. O problema consiste na determinação de um caminho hamiltoniano de custo mínimo sobre G . PCV é NP-difícil, ou seja, ainda não existe algoritmo que encontre soluções em tempo polinomial para qualquer entrada (Rodrigues, 2000).

Figura 4 – Grafo no PCV.



Fonte: Adaptado de Rodrigues (2000).

De acordo com a figura 4, os vértices (V) seriam as unidades escolares que formam a rede pública de ensino de Lauro de Freitas. As rotas ou caminhos seriam representados pelos arcos (A).

5. EXPERT CHOICE

O Expert Choice é um programa de computador que tem como objetivo auxiliar e facilitar a aplicação do método AHP, utilizando recursos computacionais para solucionar problemas reais. Ishizaka e Labib (2009) desenvolveram um estudo onde analisam algumas das vantagens e desvantagens da aplicação do método AHP com o programa de computador Expert Choice:

- a) Critérios com um grande número de subcritérios tendem a receber mais peso do que quando são menos detalhados. Ao configurar a hierarquia AHP com um grande número de elementos, estes devem ser organizados em grupos semelhantes.
- b) As comparações são realizadas em uma matriz positiva recíproca, em alguns problemas não é possível trabalhar com essas matrizes (o problema deste estudo pode ser tratado com matriz positiva recíproca), o Expert Choice só trabalha com este tipo de matriz.

c) O uso de comparações verbais é intuitivamente atraente, amigável e mais comum em nosso cotidiano do que números. Preferências não podem ser representadas com escalas de razão por não existir um zero absoluto em problemas complexos.

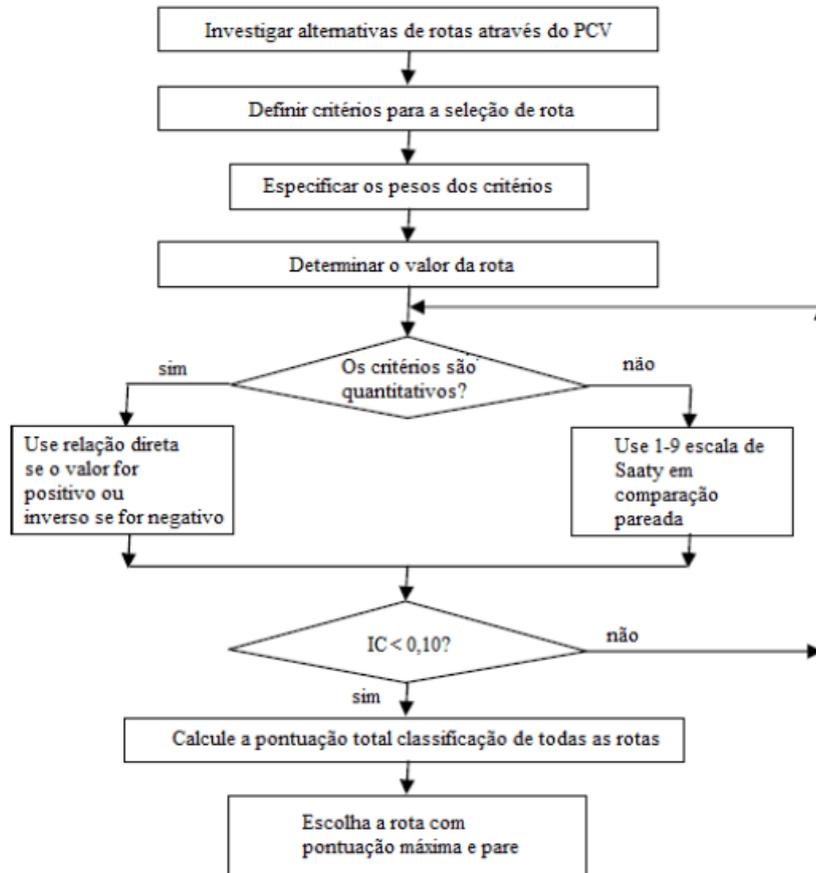
d) Expert Choice utiliza a razão de consistência, relação criticada por permitir decisões contraditórias em matrizes.

O programa de computador Expert Choice é largamente utilizado como ferramenta computacional para aplicação do AHP, porém seu uso requer conhecimento de algumas das vantagens e desvantagens da utilização deste programa como recurso.

6. MODELO DE SANGSAWANG ET AL (2005)

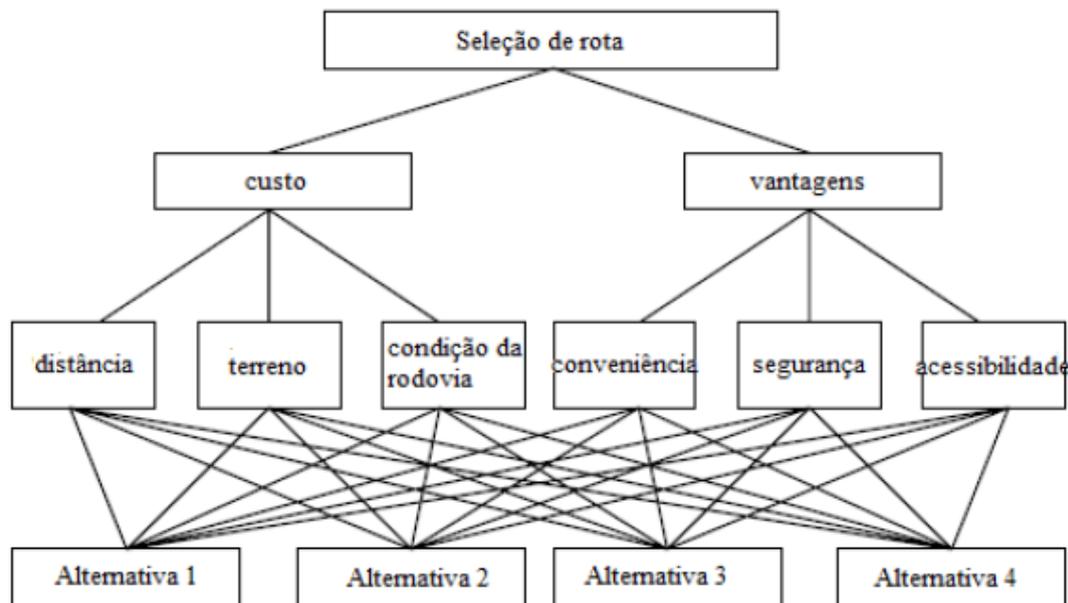
O trabalho desenvolvido por Sangswand et al (2005) tem como objetivo principal determinar a melhor rota para o abastecimento de água, através do algoritmo (sequência de passos) e modelo representado pela figura 5 e 6.

Figura 5 – Algoritmo para seleção de rotas.



Fonte: Adaptado de Sangswand et al (2005).

Figura 6 – Modelo de seleção de rota no AHP.



Fonte: Adaptado de Sangswand et al (2005).

Sangswand et al (2005) propõe identificar as possíveis rotas utilizando o PCV com os possíveis critérios definidos. Determinar os pesos de cada critério, valorando cada rota. Se os critérios forem quantitativos deve-se fazer relação direta com valores positivos e negativos, caso contrário é necessário realizar a comparação pareada do AHP. Se o IC for maior que 0,10 é obrigatório determinar mais uma vez os valores das rotas, no caso oposto todas as rotas devem ser classificadas por intermédio de uma determinada pontuação.

7. MODELO PROPOSTO

As figuras 7 e 8 representam o algoritmo e modelo proposto por esta pesquisa. Primeiro é necessário determinar o maior número de rotas possíveis com as unidades escolares localizadas na cidade estudada por intermédio do Google Maps. Depois é necessário definir os critérios de seleção de rotas e seus respectivos pesos na matriz de comparação relativa (Pairwise Verbal Comparisons no Expert Choice) com o Comando da Guarda Municipal, utilizando o programa Expert Choice 11. A próxima etapa consiste em construir uma planilha com valores normalizados de cada um dos fatores de roteirização e avaliar cada rota em uma escala de Likert (Fraco, Abaixo da média, média, acima da média e excelente). Com um ranking dos pontos obtidos por cada caminho é possível determinar qual a melhor rota. Para obter os pontos utilizase a seguinte formulação.

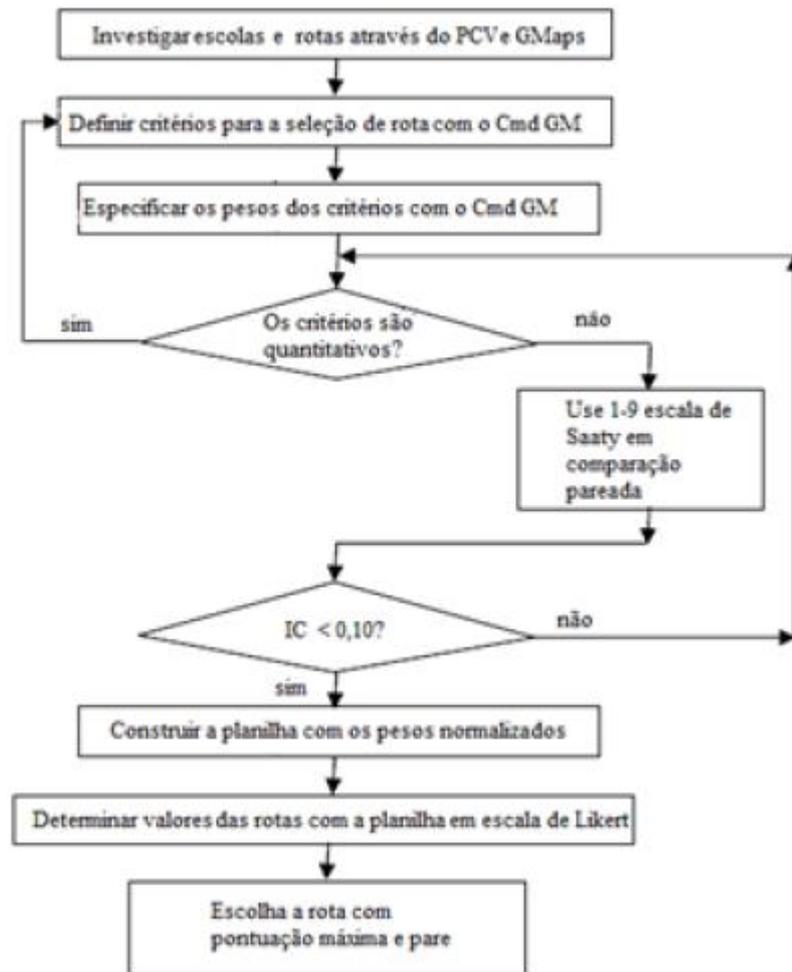
Exemplo 1:

Pontos obtidos = Escala de julgamentos x Peso do fator x Peso da classe.

Pontos obtidos = $0,510 \times 0,078 \times 0,281$.

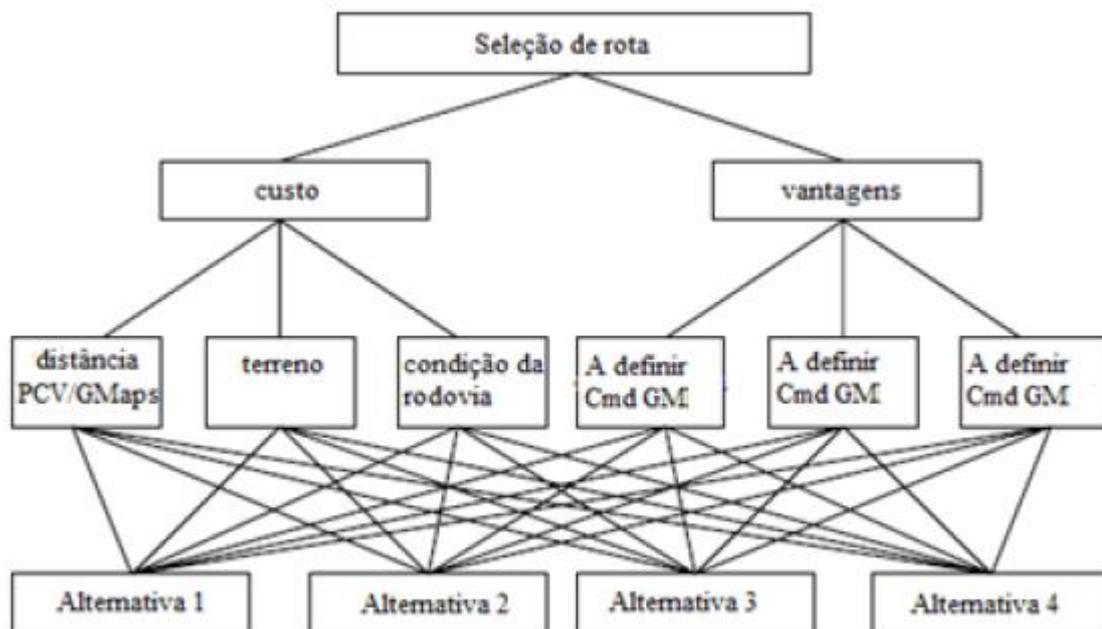
Pontos obtidos = 0,011.

Figura 7 – Algoritmo GM para seleção de rotas.



Fonte: Adaptado de Sangswand et al (2005).

Figura 8 – Modelo GM de seleção de rota no AHP.



Fonte: Adaptado de Sangswand et al (2005).

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora a metodologia AHP tenha como objetivo reduzir a subjetividade dos julgamentos das pessoas envolvidas em processos decisórios de alta complexidade, não está isenta de erros humanos. Embora a utilização do Problema do Caixeiro Viajante pode exigir grande esforço computacional, seguindo o caminho de Gurgel (2010) que buscou melhorias nas rondas e localização das unidades policiais utilizando o PCV, alcançou redução de 900 km/ronda para 700 km/ronda (minimização de 22%). O modelo proposto por esta pesquisa pode contribuir empiricamente para redução de custos da GM e como consequência para toda a Prefeitura, esta minimização de gastos neste setor pode gerar economia do dinheiro público e fornecer a GM um modelo analítico e aplicação móvel capaz contribuir para minimizar custos no descolamento das viaturas da GM.

9. REFERENCIAL TEÓRICO

CURY, José Eduardo. O papel do gestor público municipal da segurança pública. Revista de Direito. v. 1, n. 14, 2008. Acesso:

<http://sare.anhanguera.com/index.php/rdire/article/view/241/239>. Acessado em 20 de fevereiro de 2014.

GOMES, L. F. A. M. GOMES, C. F. S. ALMEIDA, A. T. Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério. 4. ed. Atlas, S. Paulo, 2012.

GURGEL, André Morais. Melhoria da Segurança Pública: uma proposta para alocação de unidades policiais utilizando o modelo P – Medians e do Caixeiro Viajante. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção. 2010.

ISHIZAKA, Alessio. LABIB, Ashraf. Analytic hierarchy process and expert choice: benefits and limitations. *OR Insight*, 22 (4). pp. 201-220, 2009.

RODRIGUES, Marco Antonio Pereira. Problema do Caixeiro Viajante. Um Algoritmo para Resolução de Problemas de Grande Porte Baseado em Busca Local Dirigida. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção. 2000.

SANGSAWANG, Sunarin Chanta. Et Al. Application of AHP for Traveling Salesman Problem. *Proceedings of the International Conference on Computer and Industrial Management, ICIM*, October 29-30, 2005,

Bangkok, Thailand. Acesso: <http://www.ijcim.th.org/SpecialEditions/v13nSP2/pdf/p16.1-5%20Application%20of%20AHP.pdf>. Acessado em 20 de fevereiro de 2014

SAATY, T. L. How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*, North Holland, v.48, p. 9-26, 1990.

SAATY, T. L. Método de Análise Hierárquica. São Paulo: Makron Books, 1991.

VAIDYA, O. S. KUMAR, S. S. Analytic hierarchy process: an overview of applications. *European Journal of Operational Research*, 169, 1-29, 2006.

Capítulo 16

DETERMINAÇÃO DE MODELO DE ESTRUTURA ORGANIZACIONAL COM FOCO EM INOVAÇÃO UTILIZANDO STRATEGIC CHOICE APPROACH (SCA)

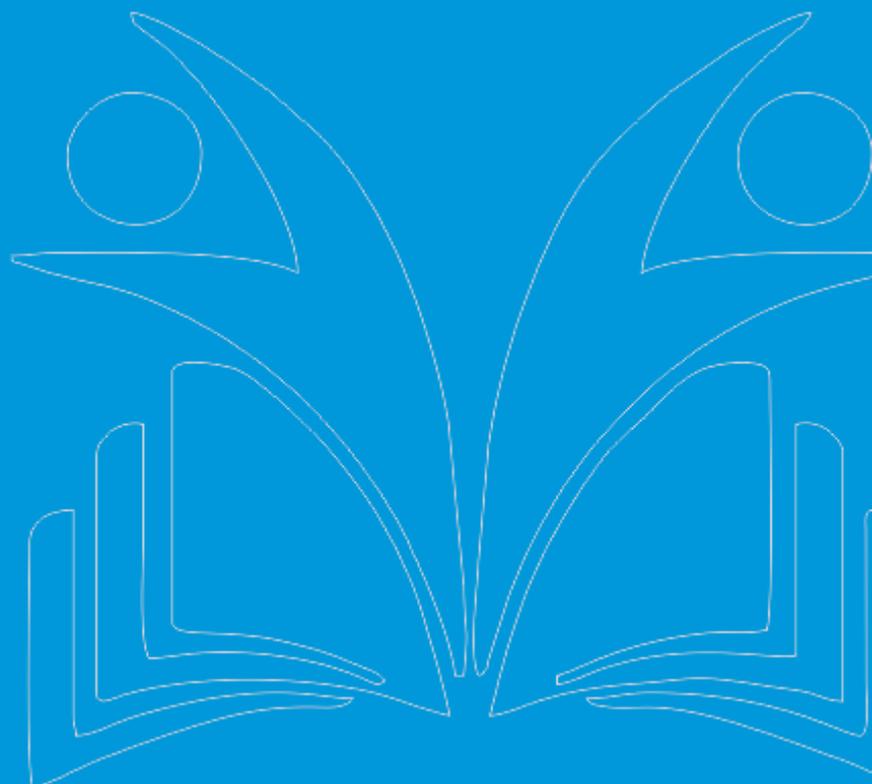
[DOI: 10.37423/200400780](https://doi.org/10.37423/200400780)

Rafael Chaves de Sousa Ichihara - rafael_ichihara@hotmail.com

Mischel Carmen Neyra Belderrain -carmen@ita.br

Alexandre Secolo Morgan - alesecolomorgan@gmail.com

Juliana Gavini Uliana - juliana.gavini@gmail.com



1. INTRODUÇÃO

A estratégia de introduzir novos produtos é importante para a conquista de novas fatias no mercado e permite a lucratividade da empresa neste novo segmento. A capacidade de desenvolver novos produtos também pode ser motivada por mudanças socioeconômicas, como a expectativa do consumidor, por exemplo. Em outros casos é motivada por uma questão competitiva, como no caso da comercialização de computadores, caracterizado por uma mercadoria de curto ciclo de vida e, por este motivo, versões mais modernas devem ser lançadas com frequência no mercado e, se possível, antes que os concorrentes (TIDD; BESSAT; PAVITT, 2005).

Em adição a estas necessidades, inovar processos produtivos e melhorar a capacidade de oferta de serviços trazem vantagens significativas para as empresas. O desenvolvimento de métodos mais eficientes leva à alta produtividade e à capacidade de fabricar produtos exclusivos e cada vez mais complexos. Da mesma forma, a prestação de serviços de forma mais rápida, econômica e de maior qualidade também torna a empresa cada vez mais competitiva. Por outro lado, as medidas inovadoras de uma empresa devem ser progressivas já que os benefícios gerados por elas atenuam à medida que as empresas concorrentes copiam os métodos desenvolvidos (TIDD; BESSAT; PAVITT, 2005).

Lopes e Barbosa (2008) conceituam inovação de forma mais abrangente, sob os pontos de vista estratégico, padrões, processos e dos seus tipos. Da perspectiva da estratégia, a inovação está relacionada com a obtenção de vantagens competitivas sustentáveis, posicionamento competitivo, capacidade de inovação e aprendizagem organizacional. Sob o ponto de vista do padrão, a inovação pode ser entendida pelo grau da novidade e o impacto desta na empresa, produto e mercados-alvo (FREEMAN; PEREZ, 1988 *apud* LOPES; BARBOSA, 2008). Já a ideia de inovação como um processo está relacionado com a identificação das necessidades dos consumidores, formulação de estratégias, desenvolvimento de soluções, prototipação, testes, produção e disponibilização de produtos novos ou melhorados (TIDD; BESSAT; PAVITT, 2005).

Assim, a inovação não envolve apenas as atividades de criação e desenvolvimento de novas tecnologias, impulsionadas por pesquisas básicas e/ou aplicadas, mas também por atividades de gestão que facilitem a difusão e implantação das novidades (LOPES; BARBOSA, 2008).

Entretanto, o alto nível de formalização da estrutura organizacional é um dos aspectos que dificulta a implantação de uma gestão voltada para inovação pois este tipo de organização visa processos estáveis e repetitivos. (VASCONCELLOS E HEMSLEY ,2002)

Além disso, existem incertezas relacionadas com a tomada de decisão mediante às dinâmicas de mercado que serão determinantes para alocar os recursos financeiros, efetuar mudanças nos processos e aquisição de maquinários, preparação das pessoas envolvidas e *expertise* quanto à atividade que a empresa desenvolve (SILVA, 2014).

Dentro deste contexto, definir uma estrutura organizacional que fomente a inovação pode ser abordada com a utilização de métodos de estruturação de problemas (*Problem Structuring Methods* - PSM), por necessitar de uma tomada de decisão quanto à indicação da configuração estrutural da empresa, sendo uma definição estratégica que pode envolver mudanças significativas e adequação de papéis. Problemas deste tipo, que possuem diferentes perspectivas a partir de múltiplos atores, com objetivos conflitantes e incertezas envolvidas, necessitam de técnicas como os PSMs para o devido entendimento e posterior tomada de decisão (MINGERS; ROSENHEAD, 2004). Um desses métodos PSM que além de analisar problemas complexos trata também incertezas é o método *Strategic Choice Approach* (SCA).

Desta forma, o objetivo deste trabalho é apresentar uma proposta de reestruturação organizacional em uma empresa em processo de migração para um Instituto de Tecnologia e Inovação utilizando o método *Strategic Choice Approach* (SCA).

Estruturamos este artigo em quatro seções: (1) Introdução, onde se faz um breve enquadramento do tema; (2) Fundamentação Teórica, com os estudos realizados para suportar a pesquisa; (3) Estudo de caso onde se faz uma apresentação da empresa estudada; (4) Aplicação do método *Strategic Choice Approach* (SCA) e os resultados obtidos; (5) Conclusões do trabalho.

2.FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 ESTRUTURA ORGANIZACIONAL

Uma das dificuldades verificadas na maioria das empresas para implantação de uma política de gestão que incentive a inovação tecnológica está relacionada à sua estrutura organizacional baseada em modelos tradicionais, caracterizadas por um alto nível de

formalização, obediência ao princípio da unidade de comando, utilização das formas tradicionais de departamentalização, elevada especialização e comunicação vertical (VASCONCELLOS; HEMSLEY, 2002).

Para os autores, as estruturas tradicionais necessitam de ambientes estáveis e desenvolvimento de atividades repetitivas. Intensas mudanças tecnológicas, o efeito da globalização na internacionalização dos negócios, o aumento da complexidade das organizações e o crescimento de restrições, como preservação do meio ambiente e utilização de fontes renováveis, por exemplo, são alguns dos fatores que contribuiram para destacar a fragilidade do modelo de estrutura organizacional tradicional.

Vasconcellos e Hemsley (2002) também enfatizam as principais características de organizações inovativas: baixo nível de formalização, departamentalização com estruturas avançadas, multiplicidade de comando, elevada diversificação e viabilização de comunicação horizontal e diagonal.

Conforme a Figura 2, uma organização deve ter cinco partes: núcleo técnico, gerência superior, gerência intermediária, suporte técnico e apoio administrativo (MINTZBERG, 1979 *apud* DAFT, 2012).

Figura 2 - As cinco partes de uma organização.



Fonte: Adaptado de MINTZBERG, 1979 *apud* DAFT, 2012.

O tamanho e a interação entre essas cinco áreas podem variar entre as empresas. Assim, essas áreas não ancoram um único modelo organizacional, mas cabe a cada empresa balanceá-las em prol de se obter um melhor arranjo organizacional.

2.2 MÉTODOS DE ESTRUTURAÇÃO DE PROBLEMAS

Indicar uma estrutura organizacional ideal para desenvolver inovação requer uma análise mais aprofundada de determinados eventos e sistemas que estão inseridos em um contexto. Desta forma, um dos métodos adequados é o estudo de caso (MIGUEL, 2012). Segundo Voss, Tsiriktsis e Frohlich (2002) o estudo de caso é a ferramenta de pesquisa adequada tratando-se de gestão e engenharia de produção, principalmente quando se trata do desenvolvimento de novas teorias, justamente por trazer aspectos relevantes sob várias óticas utilizando a correlação entre fatos e fenômenos obtidos por quantos instrumentos de coletas de dados forem necessários.

Desta forma, métodos de estruturação de problemas (PSMs) podem ser utilizados, pois permitem que várias perspectivas sejam consideradas para interligar com outras; são cognitivamente acessíveis aos envolvidos de diferentes origens e sem formação especializada no assunto, para que o desenvolvimento possa informar um processo participativo de estruturação de problemas; operam de forma interativa, para que a representação do problema leve à reflexão sobre o estado e estágio de discussão entre os envolvidos e vice-versa; e permitem que melhorias parciais ou locais sejam identificadas ou comprometidas, ao invés de exigir uma solução global, que implicaria numa união de vários interesses envolvidos (MINGERS; ROSENHEAD, 2004).

Dentre os principais PSMs aplicados em processos de estruturação de problemas, tem-se o *Strategic Choice Approach* (SCA) que se caracteriza por uma abordagem de planejamento centrado na gestão de incerteza em situações estratégicas, permitindo ao grupo a identificação das áreas prioritárias para estabelecer um compromisso parcial e planejar os planos de contingência (MINGERS; ROSENHEAD, 2004).

A seguir as etapas do SCA descritas por Levino e Morais (2013):

Na fase de “pré-estruturação” do problema, deve-se realizar reuniões com todos os atores envolvidos para esclarecer o método, reduzir diferenças e conflitos e obter mais informações.

Na primeira etapa do método, conhecida como Modo de Modelagem, os decisores direcionam as preocupações sobre o conjunto de problemas de decisão em questão, denominadas Áreas de Decisão. Nesta etapa ocorrem debates sobre a maneira em que as

escolhas devem ser formuladas, no quão longe uma decisão deve ser vista e como estas áreas de decisão estão ligadas umas com as outras.

Em seguida, na etapa denominada Modo de *Design*, os atores debatem se existem opções suficientes ou se existem restrições técnicas ou políticas que impeçam a combinação das opções das áreas de decisão. Esta combinação de opções de decisão viáveis definem as alternativas.

Na próxima etapa, conhecida como Modo de Comparação, os tomadores de decisão abordam as preocupações sobre a forma em que implicações de diferentes alternativas devem ser comparadas. Os atores consideram diversos critérios, ou Áreas de Comparação, e debatem sobre a forma que as avaliações das alternativas devem ser realizadas.

Por fim, a última etapa ou Modo de Escolha é caracterizado pelo foco dos atores no comprometimento das ações previstas na alternativa viável ao longo do tempo. Assim, isto pode significar não apenas compromissos com ações que podem ser realizadas de imediato, mas também de que forma o processo futuro pode ser gerenciado face às incertezas.

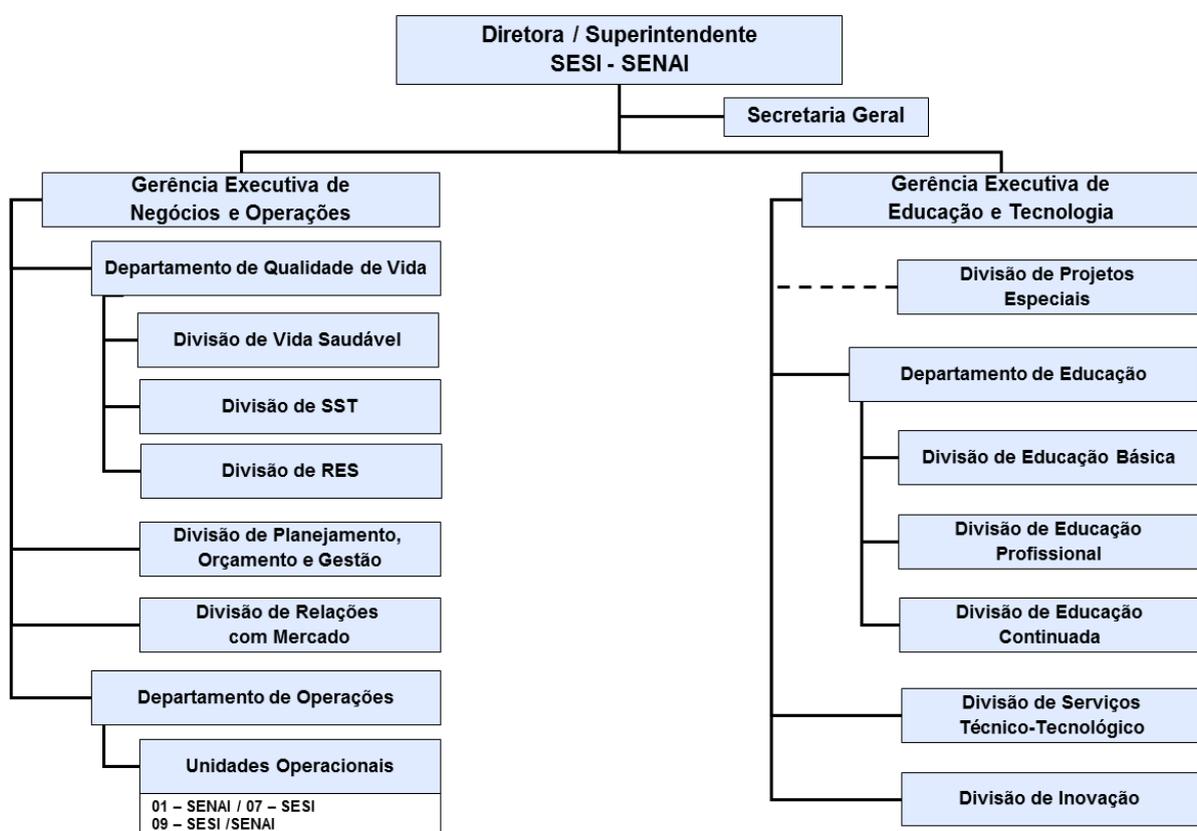
3. ESTUDO DE CASO

O Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial do Espírito Santo (SENAI-ES), empresa estudada neste artigo, faz parte de um sistema denominado Sistema FINDES (Federação das Indústrias do Estado do Espírito Santo), que é composto por, além dessas duas, outras cinco entidades (CINDES, SESI-ES, IEL-ES, Ideies e IRI). Cada uma destas entidades possui sua missão, visão e valores bem definidos e estão relacionadas a um setor de interesse estratégico do industrial local (dentro do próprio estado). Estas entidades buscam trabalhar de forma integrada para o desenvolvimento da indústria capixaba. O SENAI-ES tem como missão “promover a educação profissional e tecnológica, a inovação e a transferência de tecnologias industriais, contribuindo para elevar a competitividade da indústria capixaba” e visão “consolidar-se como líder em educação profissional, reconhecido em educação tecnológica e indutor da inovação e de transferência de tecnologias para a indústria capixaba, atuando com padrão internacional de excelência” (SENAI, 2013).

Devido ao longo tempo de existência do SENAI no seguimento de educação profissional e tecnológico este mantém uma estrutura organizacional do tipo funcional, como pode ser visto na Figura 3. Contudo, devido ao novo seguimento que a empresa busca em destacar-se, “...indutor da inovação e de transferência de tecnologias para a indústria capixaba,

atuando com padrão internacional de excelência”, ela está implantando o Instituto SENAI de Tecnologia (IST) no Espírito Santo com foco no setor metalmeccânico, necessitando assim, de uma avaliação quanto à efetividade de sua organização e uma reestruturação para possibilitar o cumprimento dos objetivos deste instituto. Assim sendo acredita-se que a aplicação do SCA permitirá definir alternativas de uma nova estrutura organizacional com base na gestão estratégica e administração dos recursos financeiros desejados para o instituto.

Figura 3 - Atual estrutura organizacional SESI-SENAI.



Fonte: Documentação Interna da FINDES (2013).

4. APLICAÇÃO DO STRATEGIC CHOICE APPROACH

A seguir serão apresentados os quatro modos previstos no SCA: modelagem, *design*, comparação e escolha. Eles ocorrem de forma cíclica e sequencial e o decisor tem liberdade para retomar qualquer modo para os devidos ajustes (SANTOS; BELDERRAIN, 2010).

O método foi aplicado com os gerentes executivos de Negócios e Operações e de Educação e Tecnologia do SENAI-ES, responsáveis pelas unidades operacionais, projetos especiais,

serviços técnicos-tecnológico e inovação, conforme Figura 2. As áreas de decisões foram obtidas por meio de questionários e utilização da técnica de *Brainstorming*.

4.1 MODO DE MODELAGEM

Neste modo foram levantadas algumas áreas de decisão (focos principais de preocupação) por meio de um questionário aplicado entre os profissionais da área de assessoria e consultoria e suas gerencias imediatas. Esse grupo escolhido faz parte direta da estrutura organizacional em estudo. As áreas de decisão definidas bem como os rótulos sugeridos, estão apresentados na Tabela 1.

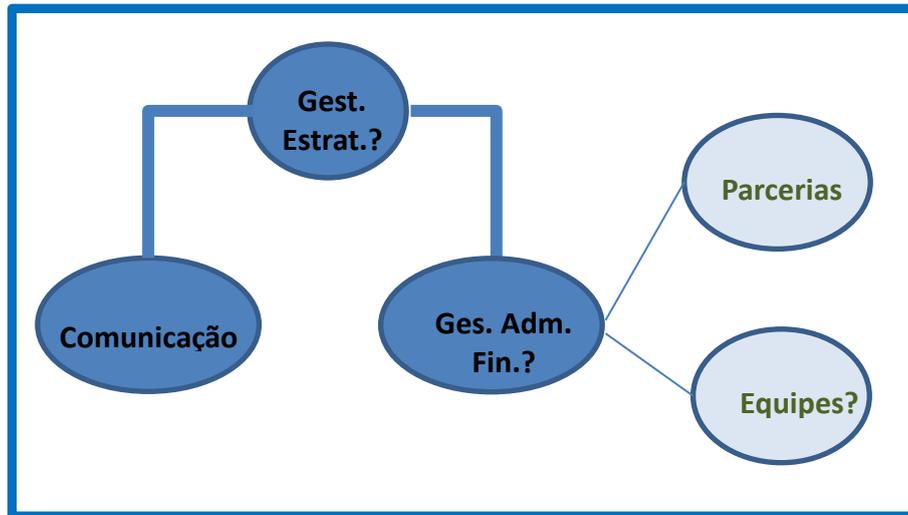
Tabela 1 - Relação de áreas de decisão.

Área de decisão	Rótulo
Como o IST quer ser reconhecido pelo mercado metalmecânico nos próximos 5 anos?	Gest. Estrat.?
Como deve ser a comunicação entre os setores do IST e a atual estrutura organizacional?	Comunicação?
Qual deve ser a autonomia financeira e administrativa dos gestores do IST?	Gestão Adm. Fin?
Como devem ser feitas as parcerias entre o IST e outras entidades de pesquisa?	Parcerias?
Qual deve ser a composição das equipes do IST?	Equipes?

Fonte: Elaborado pelos autores.

Para a geração das alternativas é necessário estruturar um gráfico para melhor visualização da interação entre as áreas de decisão podendo-se avaliar as que são de maior importância para os estudos seguintes, conforme Figura 4.

Figura 4 - Relação entre as áreas de decisão.



Fonte: Elaborado pelos autores.

4.2 MODO DE DESIGN

Para cada área de decisão serão elencadas e analisadas as opções de decisão. Uma vez definidas as opções de decisão viáveis, elas serão as alternativas a serem avaliadas. Foi realizado um *Brainstorming* com os profissionais participantes da pesquisa. Para as principais áreas de decisão foram elaboradas as opções de decisão indicadas na Tabela 2.

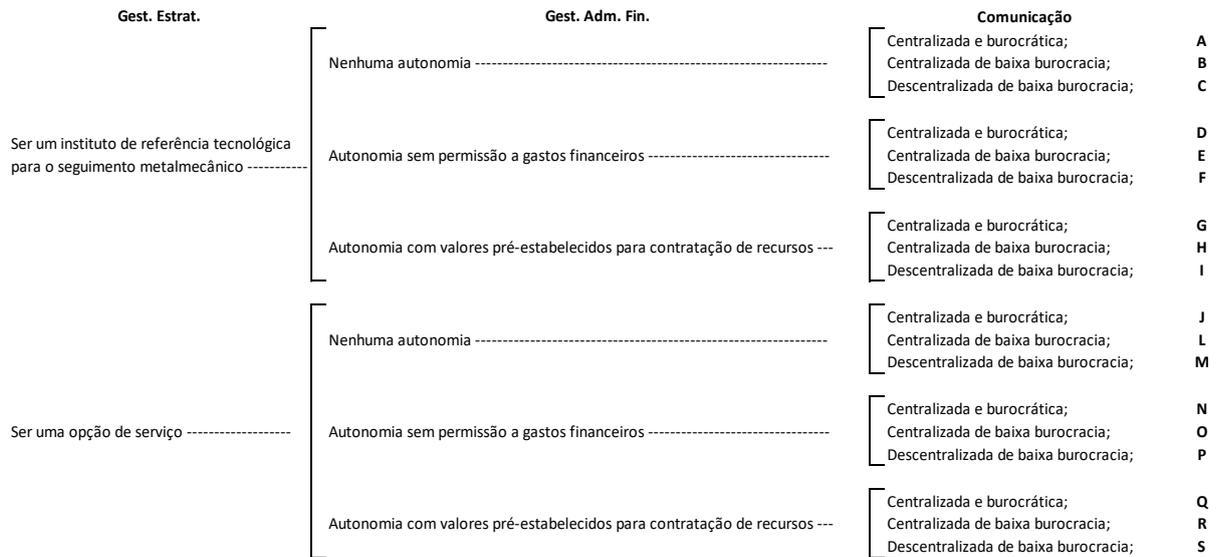
Tabela 2 - Opções de decisão.

Áreas de decisão	Opções de decisões	Rótulo
Como o IST quer ser reconhecido pelo mercado metalmeccânico nos próximos 5 anos?	Ser um instituto de referência tecnológica para o seguimento;	Gest. Estrat.?
	Ser uma opção de serviço;	
Como deve ser a comunicação entre os setores do IST e a atual estrutura organizacional?	Centralizada e burocrática;	Comunicação?
	Centralizada de baixa burocracia;	
	Descentralizada de baixa burocracia;	
Qual deve ser o poder de gestão do representante do IST?	Nenhuma autonomia;	Gest. Adm. Fin.?
	Autonomia sem permissão a gastos financeiros;	
	Autonomia com valores pré-estabelecidos para contratação de recursos	

Fonte: Elaborado pelos autores.

As opções geradas permitiram construir a árvore de decisão composta por 18 alternativas, que estão representadas por letras na Figura 5. As alternativas foram obtidas através da combinação das opções estratégicas de cada área de decisão.

Figura 5 - Árvore de decisão.



Fonte: Elaborado pelos autores.

4.4 MODO DE COMPARAÇÃO

Neste modo devem ser definidas as Áreas de Comparação ou critérios de avaliação das alternativas definidas no Modo de *Design*. Para um melhor funcionamento da estrutura organizacional, o grupo de estudo identificou 5 áreas de comparação e a sua ordem de importância, como pode ser visto na Tabela 3.

Tabela 3 - Áreas de comparação.

Importância	Áreas de comparação	Rótulos
1º	Contribuição técnica e tecnológica para as empresas do seguimento metalmeccânica	Cont. Local
2º	Tempo de resposta para o atendimento às empresas	Tempo de resposta
3º	Alternativas para atendimento as empresas	Forma de atendimento
4º	Contribuição técnica e tecnológica para as empresas do estado	Cont. Estadual
5º	Contribuição técnica e tecnológica para as empresas do país	Cont. Nacional

Fonte: Elaborado pelos autores.

Para cada área de comparação foi elaborada uma escala de pontuação através da utilização de símbolos explicados a seguir:

- a) Para a área de comparação “Tempo de resposta”, quanto maior a quantidade de símbolos, pior o desempenho da opção de decisão em análise;
- b) Para a área de comparação “Forma de atendimento”, quanto maior a quantidade de símbolos, melhor o desempenho da opção em análise;
- c) Para a área de comparação “Cont. Local”, quanto maior a quantidade de símbolos, melhor o desempenho da opção em análise;
- d) Para a área de comparação “Cont. Estadual”, quanto maior a quantidade de símbolos, melhor o desempenho da opção em análise;
- e) Para a área de comparação “Cont. Nacional”, quanto maior a quantidade de símbolos, melhor o desempenho da opção em análise;

A Tabela 4 apresenta a avaliação das áreas de decisão com base nas áreas de comparação definidas.

Tabela 4 - Escala de pontuação para as áreas de comparação. Fonte: Elaborada pelos autores.

Opções de decisão	Áreas de comparação				
	Tempo de resposta	Forma de atendimento	Cont. local	Cont. estadual	Cont. Nacional
Ser um instituto de referência tecnológica para o seguimento metalmecânico			+++++	+++	++
Ser uma opção de serviço			+++	++	+
Nenhuma autonomia			+		
Autonomia sem permissão a gastos financeiros			++	+	
Autonomia com valores pré-estabelecidos para contratação de recursos			+++	++	+
Centralizada e burocrática			+		
Centralizada de baixa burocracia			++		
Descentralizada de baixa burocracia			+++	++	+

Fonte: Elaborado pelos autores.

Para cada alternativa (opção de decisão), as pontuações das áreas de comparação, definidas na Tabela 4, foram somadas de acordo com as opções de decisão e estão representadas na Tabela 5. Após somadas, os símbolos foram substituídos por números para melhorar a representação.

Assim, para a opção A (“Ser um instituto de referência tecnológica para o seguimento metalmecânico” com “Nenhuma autonomia” e “Centralizada e Burocrática”), o resultado para cada área de comparação seria: Tempo de resposta = $0+3+3=6$; Forma de atendimento = $0+1+1=2$; e assim por diante.

Tabela 5 - Comparação das alternativas por meio de pontuação. Fonte: Elaborada pelos autores.

Alternativa	Cont. local	Tempo de resposta	Forma de atendimento	Cont. estadual	Cont. Nacional
A	7	6	2	3	2
B	8	5	2	3	2
C	9	4	3	5	3
D	8	5	3	4	2
E	9	4	3	4	2
F	10	3	4	6	3
G	9	4	4	5	3
H	10	3	4	5	3
I	11	2	5	7	4
J	5	6	2	2	1
L	6	5	2	2	1
M	7	4	3	4	2
N	6	5	3	3	1
O	7	4	3	3	1
P	8	3	4	5	2
Q	7	4	4	4	2
R	8	3	4	4	2
S	9	2	5	6	3

Fonte: Elaborado pelos autores.

Com o objetivo de filtrar parte das alternativas geradas, estabeleceu-se uma pontuação mínima para cada área de comparação apresentada na Tabela 6.

Tabela 6 - Limite de pontuação para filtro das alternativas. Fonte: Elaborada pelos autores.

Rótulos	Escolha
Cont. local	9
Tempo de resposta	4
Forma de atendimento	3
Cont. estadual	5
Cont. Nacional	2

Fonte: Elaborado pelos autores.

Das 18 alternativas, 06 atendem aos requisitos estabelecidos. As alternativas selecionadas podem ser vistas na Tabela 7.

Tabela 7: Alternativas selecionadas para análise.

Alternativa	Cont. local	Tempo de resposta	Forma de atendimento	Cont. estadual	Cont. Nacional
C	9	4	3	5	3
F	10	3	4	6	3
G	9	4	4	5	3
H	10	3	4	5	3
I	11	2	5	7	4
S	9	2	5	6	3

Fonte: Elaborada pelos autores.

4.4 MODO DE ESCOLHA

Considerando que o IST será uma instituição que prestará serviço de assessoria e consultoria, tem-se que quanto menor for o tempo de resposta ao cliente, mas satisfeito este ficará. Assim, reavaliando as 06 alternativas restantes e selecionado o menor valor de tempo de resposta ficam apenas duas alternativas – I e S, que estão descritas conforme a Tabela 8.

Entre as alternativas finais (I e S), podemos observar que ambas contêm a mesma solução de “Gestão Administrativa e Financeira” e de “Comunicação”, porém, a alternativa I aponta para um modelo de gestão estratégica voltada para elevação da competitividade do SENAI-ES no seguimento metal mecânico, tornando-se mais atrativa. Além disso, a alternativa I apresentou maior pontuação nas demais áreas de decisão, no que diz respeito às contribuições “Local”, “Estadual” e “Nacional”, que estão alinhadas com a missão do SENAI de “promover a educação profissional e tecnológica, a inovação e a transferência de tecnologias industriais, contribuindo para elevar a competitividade da indústria Capixaba”.

Tabela 8: Alternativas finas para escolha.

Alternativa	Gest. Estrat.	Gest. Adm. Fin.	Comunicação
I	Ser um instituto de referência tecnológica para o seguimento metalmeccânico	Autonomia com valores pré-estabelecidos para contratação de recursos	Descentralizada de baixa burocracia
S	Ser uma opção de serviço	Autonomia com valores pré-estabelecidos para contratação de recursos	Descentralizada de baixa burocracia

Fonte: Elaborada pelos autores.

Portanto, a melhor opção é de “instituto de referência tecnológica no seguimento metalmeccânico com uma gestão financeira autônoma e com valores pré-estabelecidos para contratação de recursos, adotando uma comunicação entre setores descentralizada de baixa burocracia”.

5.CONCLUSÕES

O estudo de caso com a aplicação do SCA mostrou-se uma interessante abordagem para a estruturação e definição da solução para o problema da escolha de uma estrutura organizacional condizente com os objetivos do IST de ser líder em educação profissional, reconhecido em educação tecnológica e indutor da inovação e de transferência de tecnologias para a indústria capixaba, atuando como padrão internacional de excelência.

O estudo de caso do SENAI-ES gerou 18 alternativas relacionadas às áreas de decisão relevantes ao problema. Estas alternativas geradas foram reduzidas a 2 que, quando comparadas, apresentaram grande similaridade quanto à estrutura organizacional de forma geral, sendo diferentes em relação à gestão estratégica, que é diretamente influenciada pelos objetivos do SENAI-ES.

Portanto, é possível concluir que o resultado encontrado é plausível e consistente, enfatizando que para o desenvolvimento de inovação e tecnologia, conforme este estudo de caso apresentado, é preciso que haja uma estrutura organizacional flexível e autônoma que facilite a interação entre as áreas e fomente, assim, a criatividade, a prestação de

serviços e o desenvolvimento tecnológico gerando competitividade industrial. Além disso, vale ressaltar que o método SCA é uma opção viável para a solução de problemas estratégicos como este, podendo ser adaptado e modelado conforme a análise necessária, concretizando-se assim como uma importante ferramenta de apoio à decisão.

REFERÊNCIAS

COSTA, M. C. F.; SOUZA, B. S. S.; FELL, A. F. A. Um estudo da estrutura organizacional e as mudanças organizacionais: proposta de um novo modelo. *Navus - Revista de Gestão e Tecnologia*. v. 2, n. 1, p. 57 - 74, jan./jun. 2012.

DAFT, R. L. *Organization Theory & Design. Organizations and Organization Theory*. 11. ed. South-Western, 2012. Cap. 1, p.2-50.

DAFT, R. L. *Understanding the theory and design of organizations*. China: International Student Edition, 2007.

FARIA, J. A.; MADEIRA, R. B. Impacto da estrutura organizacional de dois hospitais públicos portugueses na execução dos seus objetivos. *Perspectivas em Gestão & Conhecimento*. v. 1, n. 1, p. 106-124, jan./jun. 2011.

FINDES. O Sistema Findes. Disponível em: <<http://www.sistemafindes.org.br/index.php/o-sistema-findes/o-sistema>>. Acesso em 18 nov. 2013.

FREEMAN, C; PEREZ, C. Structural crisis of adjustment: business cycles and investment behaviour. In: DOSI, G. et al. (orgs.). *Technical change and economic theory*. London: Pinter Publishers, 1988.

LEVINO, N. D. A; MORAIS, D. C. Applying Strategic Choice Approach for Decision Making of Watersheds Committees. 2013 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, p. 38-43, 2013.

LOPES, D. P. T.; BARBOSA, A. C. Q. Inovação: Conceitos, metodologias e aplicabilidade. Articulando um construto à formulação de políticas públicas – uma reflexão sobre a lei de inovação de Minas Gerais. 2008. Disponível em: <http://www.cedeplar.ufmg.br/seminarios/seminario_diamantina/2008/D08A007.pdf>. Acesso em 19 de nov. 2013.

MIGUEL, P. A. C. (organizador). *Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações*. 2ª ed., Elsevier: ABEPRO, Rio de Janeiro, 2012. Cap. 4, p. 66.

MINGERS J., ROSENHEAD, J. Problem structuring methods in action. *European Journal of Operational Research*. v. 152, p. 530–554, 2004.

MINTZBERG, H. *The Structuring of Organizations: The Synthesis of the Research*. Englewood Cliffs, N.J.:Prentice-Hall, 1979, p. 215–297.

SANTOS, P. R.; BELDERRAIN, M. C. N. Utilização de Strategic Choice Approach para auxílio em planejamento de evento acadêmico. In: Simpósio de Engenharia de Produção, 17., 2010, Bauru. Anais. São Paulo: SIMPEP, 2010.

SENAI/ES. Missão e Visão do SENAI/ES. Disponível

em:<http://www.es.senai.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=3&Itemid=32>. Acesso em 18 nov. 2013.

SILVA, G. Riscos e incertezas na decisão de inovar das micro e pequenas empresas. v. 15, n. 4, p. 229-255, 2014

TIDD, J.; BESSAT, J.; PAVITT, J. *Gestão da Inovação*. Porto Alegre: ARTMED Editora S.A., 2005.

VASCONCELLOS, E.; HEMSLEY, J. R. Estrutura das organizações. Estruturas tradicionais, estruturas para inovação, estrutura matricial. São Paulo: Thomson Learning, 2002.

VOSS, C.; TSIKRIKTSIS, N.; FROHLICH, M. Case research in operation management. *International Journal of Operations & Production Management*. Vol. 22, nº 02, 2002, pp. 195-219.

Capítulo 17

MÉTODO BDF PARA SIMULAÇÃO DINÂMICA DE SISTEMAS ELÉTRICOS DE POTÊNCIA

[DOI: 10.37423/200400785](https://doi.org/10.37423/200400785)

Carlos Enrique Portugal Poma (Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT).
portugal@ufmt.br

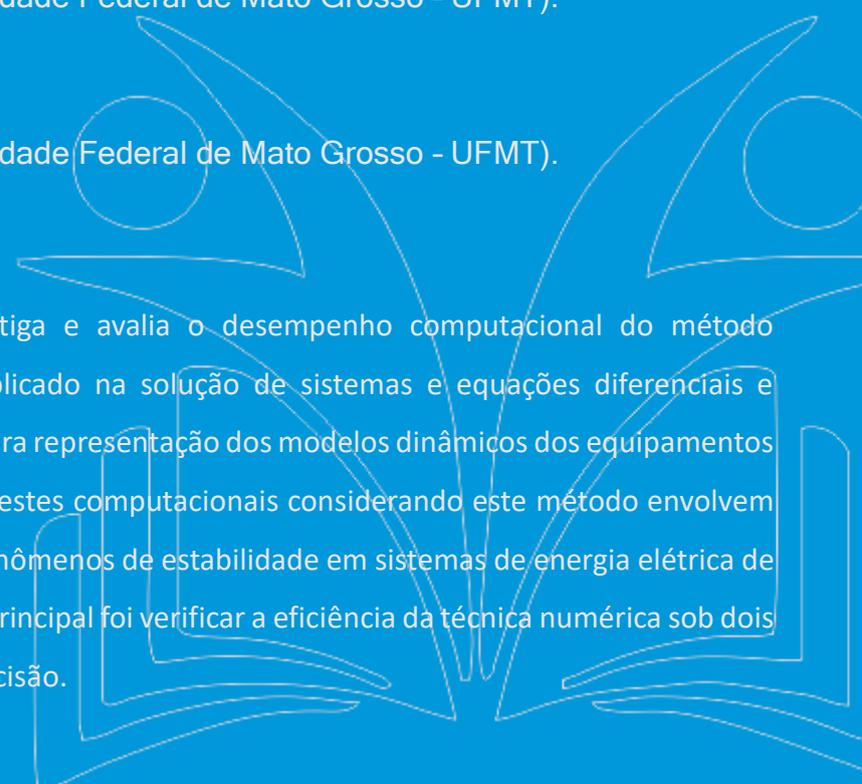
Vanessa de Oliveira Campos (Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT).
vanessa@ic.ufmt.br

Yuri Percy Molina Rodriguez (Universidade Federal da Paraíba - UFPB).
molina.rodriguez@cear.ufpb.br

Marco Antônio Bressanelli (Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT).
marco bressanelli@hotmail.com

Jhonatan de Oliveira Silva (Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT).
jdeoliveira1992@gmail.com

RESUMO: O presente trabalho investiga e avalia o desempenho computacional do método Backward Differentiation Formulae aplicado na solução de sistemas e equações diferenciais e algébricas de grande-porte utilizadas para representação dos modelos dinâmicos dos equipamentos de Sistemas Elétricos de Potência. Os testes computacionais considerando este método envolvem simulações no domínio do tempo de fenômenos de estabilidade em sistemas de energia elétrica de curta-, e de longa-duração. O objetivo principal foi verificar a eficiência da técnica numérica sob dois aspectos, a saber, computacional e precisão.



O aspecto computacional está relacionado com o tempo de CPU gasto nas simulações. Já o aspecto precisão está relacionado com os valores numéricos obtidos já que estes métodos utilizam, em geral, técnicas de aproximação. Nas análises computacionais, foram usados os seguintes sistemas-testes: 5 barras, IEEE118 e uma configuração de um sistema Norte-Nordeste de 320 barras com 44 geradores. Os resultados comprovaram eficiência do método Backward Differentiation Formulae.

PALAVRAS CHAVE: Backward Differentiation Formulae, Integração Numérica, Sistemas Elétricos de Potência.

Área Principal: SIM – Simulação

1. INTRODUÇÃO

A simulação no domínio do tempo é uma forma de análise muito útil para as concessionárias de energia elétrica desenvolverem estudos computacionais envolvendo fenômenos de estabilidade em sistemas de energia elétrica (SEEs). As técnicas aplicadas nessas análises estão sob constante investigação em função das dificuldades que podem surgir quando se pretende desenvolver simuladores que agregam modelos matemáticos complexos e métodos numéricos eficientes, Pessanha (2004). Um simulador para análise da estabilidade de Sistemas Elétricos requer a solução de sistemas de equações diferenciais e algébricas (EDAs) não lineares, rígidas e de grande porte, Astic (1994), processo que pode ser longo em termos de tempo computacional. Este esforço computacional depende principalmente das características dos métodos numéricos usados, da complexidade dos modelos matemáticos implementados, da dimensão do sistema elétrico simulado, das constantes de tempo envolvidas, da velocidade do fenômeno simulado (curta ou longa duração), da capacidade do computador e do tempo total da simulação, Paz (2004).

A eficiência de um método numérico neste caso é avaliada em termos de precisão/confiabilidade de resultados e de tempo de processamento gasto (CPU). Uma boa precisão é garantida, ou não, pela capacidade em manter sob controle os erros associados às técnicas de aproximação usadas pelo método. Já a sua eficiência computacional é medida em termos de tempo CPU, ou seja, o tempo de processamento gasto pelo computador em cada simulação. Quanto menor for o tempo de CPU, melhor sua eficiência computacional.

Existem simuladores de grande porte que agregam essas características desejáveis. Alguns além de possuírem métodos numéricos eficientes, geralmente com algoritmos de passo de integração variável, disponibilizam para o usuário uma biblioteca com uma grande variedade de modelos matemáticos, e oferecem também a possibilidade de implementação de novos, caso não disponíveis. Geralmente, o custo associado à aquisição de um simulador dessa natureza é muito elevado.

Paralelamente existe um incessante interesse da comunidade científica pelo desenvolvimento de novas metodologias numéricas e algoritmos eficientes de integração de sistemas de EDAs, que visam satisfazer cada um dos requisitos e necessidades dos principais problemas que a engenharia atualmente impõe, Ascher (1998), Cash (2000), Mazzia

2003), Petzold (2000).

Este trabalho procura integrar e aproveitar adequadamente os avanços na área de métodos numéricos tirando proveito das características encontradas nesses métodos e testando-os em problemas de estabilidade.

2. APLICAÇÃO DE SISTEMAS DE EDAS EM SISTEMAS ELÉTRICOS DE POTÊNCIA

Como já mencionado, o interesse por modelos matemáticos complexos baseados em sistemas de EDAs de grande porte tem crescido bastante. Deve-se ter cuidado e atenção na formulação das EDAs representando modelos muito complexos, uma vez que sistemas de índices superiores apresentam uma grande tendência à instabilidade, Ascher (1998).

A seguir, é apresentada uma estrutura geral do modelo representando o sistema de energia elétrica para a análise de fenômenos no domínio do tempo de curta- e de longa-duração, Kundur (1994). As equações que descrevem o modelo completo de um sistema elétrico de potência podem ser expressas nas seguintes formas, Pessanha (1997):

$$\dot{y}' = f(y,x,z,t) \quad (1)$$

$$g(y,x,z,t) = 0 \quad (2)$$

y: Vetor m-dimensional contendo as variáveis de estado dinâmicas, por exemplo; deslocamentos angulares dos rotores dos geradores δ , velocidades angulares ω , tensões de saída dos reguladores automáticos de tensões y_6, y_7, y_8, E_{fd} , etc.

Figura 1: Diagrama Para Equação de Oscilação Eletromecânica de um Gerador de Energia Elétrica

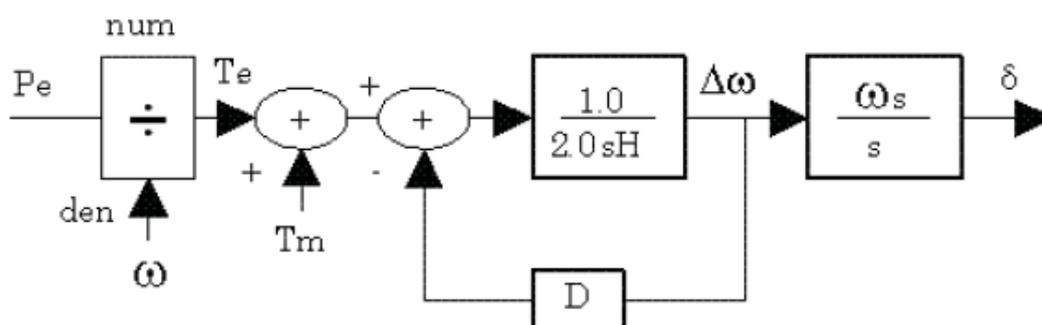
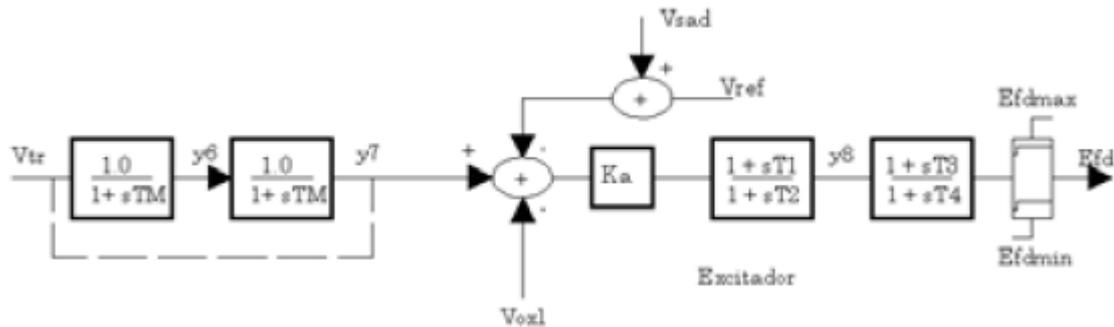


Figura 2: Regulador Automático de Tensão (AVR)



x: Vetor n-dimensional contendo as variáveis de estado algébricas, por exemplo; componentes de eixo direto e em quadratura do estator da máquina síncrona, potência ativa e reativa injetadas, amplitude e ângulo das tensões nas barras do sistema, etc.

z: Vetor q-dimensional contendo as variáveis que sofrem alterações através de passos discretos, por exemplo; relação de espiras dos transformadores com troca automática ou manual de tapes, corrente de campo das máquinas síncronas monitorada pelo limitador de sobre-excitação(OXL), etc.

t: tempo em segundos, minutos ou horas.

3. O MÉTODO BACKWARD DIFFERENTIATION FORMULAE

Os métodos mais utilizados para resolver sistemas de EDAs rígidas são os conhecidos métodos Backward Differentiation Formulae (BDF), usados por Curtis-Hirschfelder em 1952 e por Henrici em 1962. Em 1971, Gear implementou o algoritmo para solução de sistemas de EDAs rígidas conhecido na literatura especializada como DIFSUB, baseado na metodologia BDF com estratégias de mudança de passo e controle de ordem, obtendo resultados interessantes, Hairer (1996).

As fórmulas BDF são construídas mediante um processo de interpolação dos pontos solução y_{j-k+1} , y_j e y_{j+1} . A interpolação polinomial $P_k(t)$ dada pela Equação 3 é uma combinação linear dos polinômios de Lagrange $L_r(t)$ definidos pela Equação 4 e representa uma aproximação da trajetória solução no intervalo t_{j+1} . Portanto $P_j(t)$ avaliada nesse intervalo é igual à derivada $y_j'(t_{j+1})$ (ver Equação 5), onde k representa o número de pontos solução a se considerar no processo de interpolação e t_j é o j-ésimo

intervalo.

$$P_k(t) = \sum_{r=0}^k y_{j+1-r} \cdot L_r(t) \quad (3)$$

$$L_r(t) = \prod_{\substack{m=0 \\ m \neq r}}^k \frac{t - t_{j+1-m}}{t_{j+1-r} - t_{j+1-m}}, \quad r = 0, \dots, k \quad (4)$$

$$P'_{k(t_{j+1})} = \sum_{r=0}^k y_{j+1-r} \cdot L'_{r(t_{j+1})} = f(t_{j+1}, y_{j+1}) \quad (5)$$

A partir das Equações 3, 4 e 5 obtemos a fórmula geral de diferenciação regressiva BDF, representada pela Equação 6 onde o valor dos coeficientes α_r é calculado avaliando a Equação 7.

$$\sum_{r=0}^k y_{j+1-r} \cdot \alpha_r = \Delta t \cdot f(t_{j+1}, y_{j+1}) \quad (6)$$

$$\alpha_r = \sum_{\substack{l=0 \\ l \neq r}}^k \left[\frac{1}{(l-r)} \cdot \prod_{\substack{m=0 \\ m \neq r, l}}^k \frac{m}{(m-r)} \right]_{t_{j+1}} \quad (7)$$

Depois da avaliação das constantes α_r na Equação 7 e substituindo-as para cada valor de k (menor ou igual a seis) na expressão 6, obtém-se as fórmulas BDF listadas na Tabela 1, onde q significa a ordem de convergência da fórmula, Portugal (2005).

Tabela 1: Fórmulas BDF com ordem de convergência $q = k$

k	q	Fórmulas de Diferenciação Regressiva (BDF)
1	1	$y_{j+1} - y_j = \Delta t \cdot f_{j+1}$
2	2	$\left(\frac{3}{2} \cdot y_{j+1} - 2 \cdot y_j + \frac{1}{2} \cdot y_{j-1}\right) = \Delta t \cdot f_{j+1}$
3	3	$\left(\frac{11}{6} \cdot y_{j+1} - 3 \cdot y_j + \frac{3}{2} \cdot y_{j-1} - \frac{1}{3} \cdot y_{j-2}\right) = \Delta t \cdot f_{j+1}$
4	4	$\left(\frac{25}{12} \cdot y_{j+1} - 4 \cdot y_j + 3 \cdot y_{j-1} - \frac{4}{3} \cdot y_{j-2} + \frac{1}{4} \cdot y_{j-3}\right) = \Delta t \cdot f_{j+1}$
5	5	$\left(\frac{137}{60} \cdot y_{j+1} - 5 \cdot y_j + 5 \cdot y_{j-1} - \frac{10}{3} \cdot y_{j-2} + \frac{5}{4} \cdot y_{j-3} - \frac{1}{5} \cdot y_{j-4}\right) = \Delta t \cdot f_{j+1}$
6	6	$\left(\frac{147}{60} \cdot y_{j+1} - 6 \cdot y_j + \frac{15}{2} \cdot y_{j-1} - \frac{20}{3} \cdot y_{j-2} + \frac{15}{4} \cdot y_{j-3} - \frac{6}{5} \cdot y_{j-4} + \frac{1}{6} \cdot y_{j-5}\right) = \Delta t \cdot f_{j+1}$

4. DESCRIÇÃO DO ESQUEMA PREVISOR-CORRETOR NO MÉTODO BDF

O método BDF apresenta dois estágios, utilizando uma fórmula explícita para o estágio previsor e uma fórmula implícita BDF no corretor, só se formando um sistema de equações não lineares no estágio corretor. A Figura 3 ilustra a aplicação do método BDF no esquema previsorcorretor.

4.1. ESTÁGIO 1 (PREVISOR)

Como já mencionado no parágrafo anterior, no estágio previsor utiliza-se uma fórmula de extrapolação explícita (ou polinômio de diferenças divididas) que interpola os pontos solução

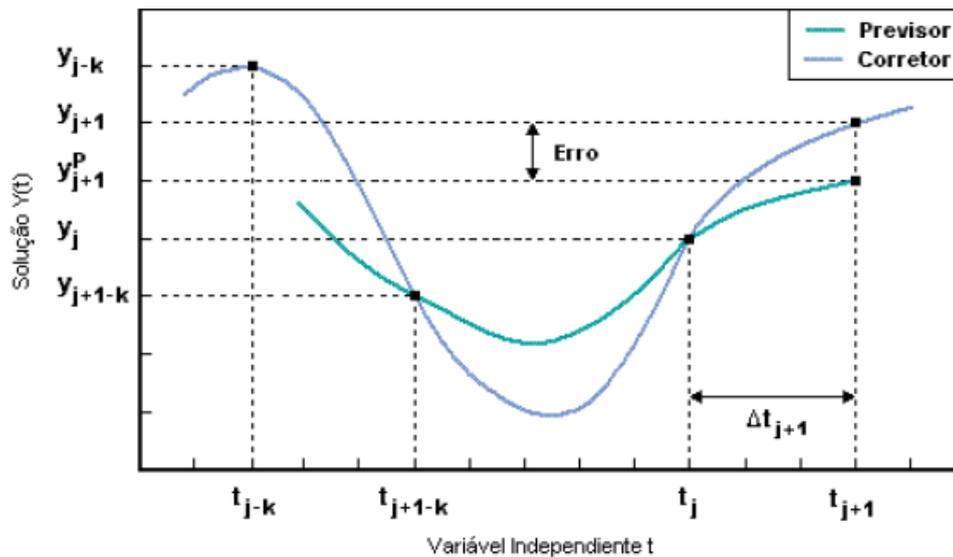
y_{j+1-k} nos últimos k intervalos de tempo. O previsor é responsável pela primeira aproximação y_{j+1} através de uma simples avaliação no intervalo de tempo y_{j+1} da Equação 8, Portugal (2005).

$$y_{j+1}^P(t) = y_j + (t - t_j) \cdot [y_j, y_{j-1}] + \dots + (t - t_j)(t - t_{j-1}) \dots (t - t_{j-k+1}) \cdot [y_j, \dots, y_{j-k}] \quad (8)$$

Onde as diferenças são definidas na Equação 9.

$$[y_j, \dots, y_{j-k}] = \frac{[y_j, y_{j-1}, \dots, y_{j-k+1}] - [y_{j-1}, y_{j-2}, \dots, y_{j-k}]}{t_j - t_{j-k}} \quad (9)$$

Figura 3: Esquema Previsor-Corretor do Método BDF



Esta primeira aproximação será usada no estágio corretor para a determinação da solução fina no intervalo t_{j+1} . Da mesma forma, o vetor $y_j(0)$ é obtido diferenciando-se o polinômio previsor (Equação 8) no instante t_{j+1} .

4.2. ESTÁGIO 2 (CORRETOR)

Na etapa de correção, algumas hipóteses apresentadas por Byrne (1975) permitem o conhecimento implícito do vetor solução y_{j+1} no instante t_{j+1} através da relação com os valores aproximados na etapa de previsão. O polinômio corretor interpolará o polinômio previsor em k pontos igualmente espaçados anteriores a t_{j+1} (onde k é a ordem das fórmulas BDF) obtendo-se o sistema de equações algébricas não lineares representadas por:

$$F(t_{j+1}, y_{j+1}, \alpha \cdot y_{j+1} + \beta) = 0$$

$$\alpha = -\frac{\alpha_s}{\Delta t_{j+1}} \quad \beta = y_{j+1}' + \frac{\alpha_s}{\Delta t_{j+1}} \cdot y_{j+1}^{(0)} \quad \alpha_s = -\sum_{j=1}^k \frac{1}{j} \quad (10)$$

Nesta metodologia considera-se o estágio corretor o mais relevante dentro do esquema previsor-corretor, com maior interesse na escolha e implementação do método de solução do sistema de equações não-lineares (Equação 10), onde a constante α está em função

do comprimento do passo de integração determinado em t_{j+1} e permanece fixa enquanto não houver variação no comprimento do passo e/ou a ordem do método. Da mesma forma, β permanece constante durante todo o processo iterativo, uma vez que as funções $y(0)$ e $y'(0)$ são calculadas pelo polinômio predictor na Equação 8, Portugal (2005).

5.VALIDAÇÃO E AVALIAÇÃO DO SIMULADOR DE SISTEMAS ELÉTRICOS DE POTÊNCIA

Considera-se aqui, para efeitos de avaliação, simulações computacionais envolvendo eventos que podem acontecer normalmente durante a operação dos Sistemas Elétricos de Potência. Os sistemas-teste usados para este fim foram: Sistema teste de 5 barras e 2 geradores, CEPEL (1999), IEEE 118 barras e 54 geradores, PST (2000) e uma configuração do sistema Norte-Nordeste de 320 barras com 44 geradores, CEPEL (2005).

5.1.CASO I (SISTEMA DE 5 BARRAS):

A Figura 4 apresenta o sistema-teste de 5 barras e 2 geradores utilizado nesta seção para validar a eficiência do simulador e consequentemente o método em termos de precisão. Para isso, utiliza-se o simulador ANATEM, CEPEL (1999), para fins de comparação de resultados.

O modelo matemático completo de um gerador, que inclui efeitos transitórios e subtransitórios, amortecimento e saturação, é usado para representar o gerador da barra 1. São considerados também dispositivos de controle como regulador automático de tensão e o estabilizador de potência. A Tabela 2 resume os dados desta simulação.

Figura 4: Sistema teste de 5 barras

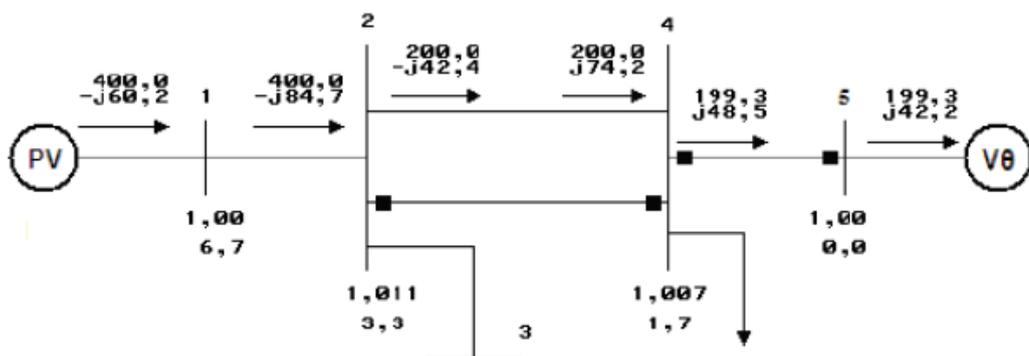
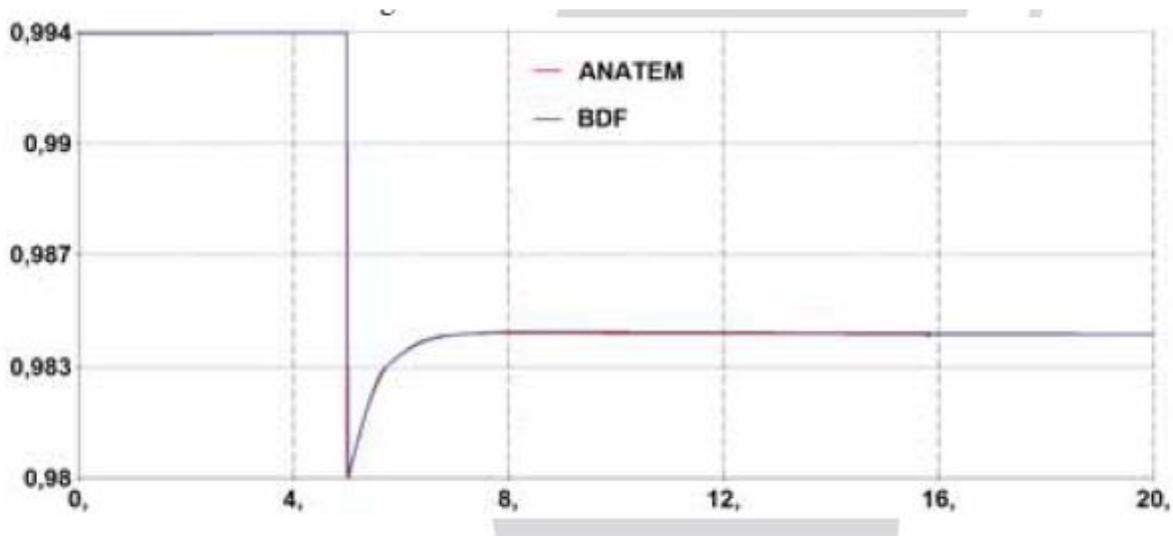


Tabela 2: Informações sobre a simulação do Caso I

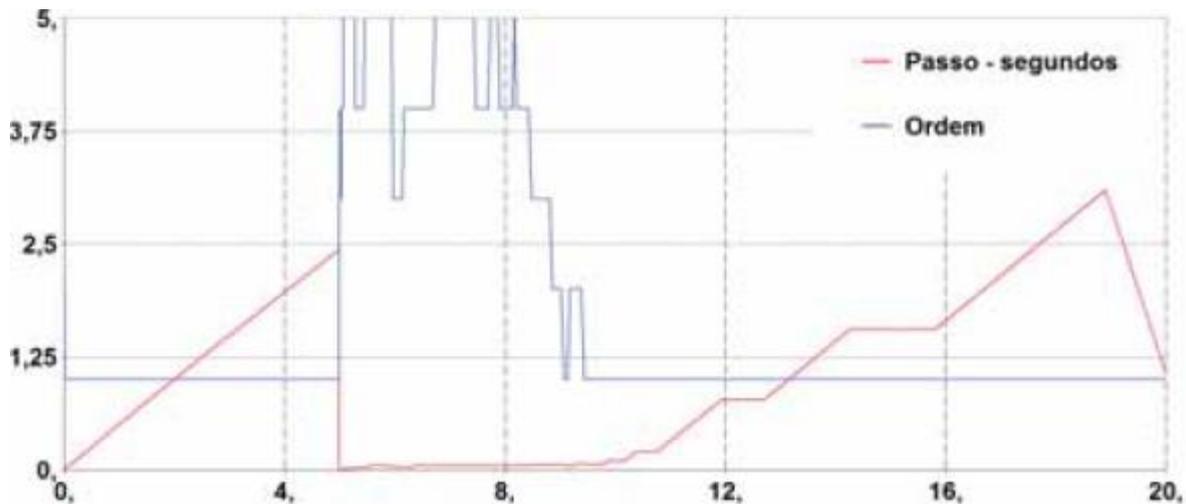
TIPO DE PERTURBAÇÃO	
Inserção do reator de 100 Mvar.	
Número de Barra	4,0
Tempo de início da perturbação (s)	5,0
Tempo de duração da Simulação (s)	20,0
Tempo de CPU do simulador BDF (s)	0,647
Tempo de CPU do simulador ANATEM (s)	7,524

Figura 5: Tensão terminal na barra 4



O resultado da simulação está ilustrado na Figura 5 oferecendo uma comparação entre os resultados obtidos por cada simulador. A tensão (em p.u) é uma grandeza selecionada para comparação, que ajuda na validação da eficiência numérica. A Figura 6 mostra a mudança da ordem e do passo de integração do simulador BDF, observa-se que a mudança de passo de integração justifica a melhor eficiência do simulador BDF se comparado com o simulador ANATEM, isto é, possui menor Tempo CPU. Em todas as simulações os mesmos modelos foram implementados em ambos os simuladores a fim de amenizar perda de precisão dos resultados devido à incompatibilidade na representação dos equipamentos e seus dispositivos de controle.

Figura 6: Passo de integração e ordem BDF

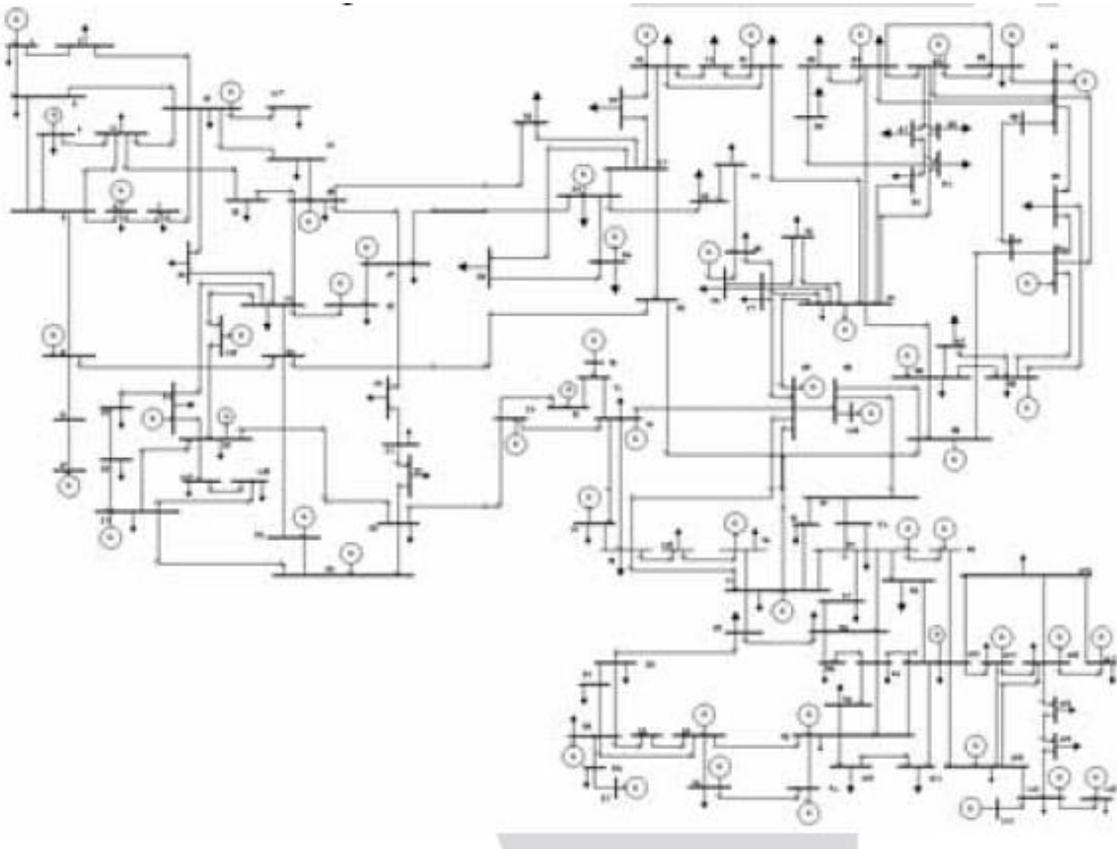


5.2.CASO II (SISTEMAS DE 118 BARRAS):

A Figura 7 mostra a configuração do sistema IEEE118, de 118 barras e 54 geradores, adaptado para estudos de estabilidade de tensão de longo-termo. Nesta nova configuração, além dos cinco transformadores de tape variável, o sistema de controle da excitação da máquina síncrona (regulador automático de tensão) passa a ser monitorado por limitadores de sobre-excitação nos 54 geradores. Com isso, pretende-se capturar os efeitos relevantes ao fenômeno da estabilidade de tensão de longo-termo e aumentar a complexidade do processo de simulação. A Tabela 3 resume os dados desta simulação.

Os resultados obtidos nesta simulação estão ilustrados na Figura 8. Neste cenário estão incluídos fenômenos rápidos, associados à estabilidade transitória angular, bem como fenômenos lentos, associados, por exemplo, as ações dos transformadores de tape variável (ULTC) e dos limitadores de corrente de campo dos geradores (OXL).

Figura 7: Sistema teste de 118 barras



À medida que a demanda de potência reativa aumenta, os geradores vão atingindo seus limites de capacidade de geração, limite imposto pelo limitador de sobre-excitação. Quando os geradores atingem seus limites, uma tensão terminal não é mais mantida constante, como mostra a Figura 8. O fenômeno simulado é conhecido como Colapso de Tensão e provoca a interrupção total do fornecimento de energia elétrica aos consumidores.

Figura 8: Tensão terminal nas barras 6, 12, 15, 18 e 19

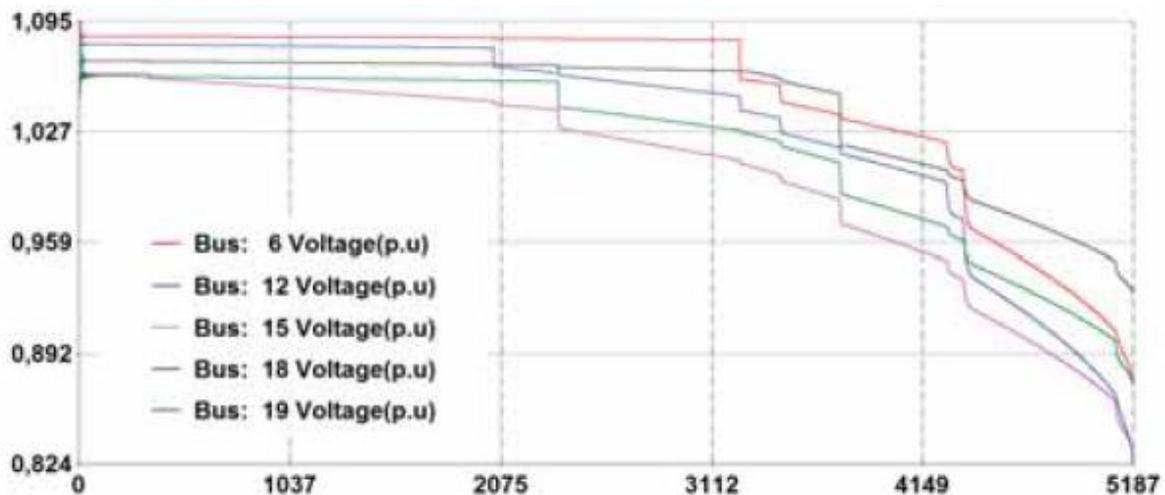


Tabela 3: Informações sobre a simulação do Caso II

SEQUÊNCIA DE EVENTOS	
1) Curto-circuito trifásico	
Número de Barra	59
Tempo de início da perturbação (s)	5,0
2) Acréscimo Linear de consumo de energia elétrica	
Barras	Taxa de Incremento (p.u.s-1)
6, 12, 14, 15, 117, 18, 19	0,001
Tempo de Início de Evento (s)	200,0
Tempo de CPU do simulador BDF (s)	3,530
Tempo de CPU do simulador ANATEM (s)	237,67

Observa-se, na Tabela 3, que o simulador com o método BDF demorou 3,53 segundos para finalizar a simulação, enquanto que, o ANATEM foi 67,3 vezes mais lento.

5.3.CASO III (SISTEMA NORTE-NORDESTE):

O objetivo aqui é avaliar o desempenho numérico e computacional do simulador para um sistema elétrico com características reais. Neste caso, é usado um equivalente do Sistema Elétrico Brasileiro Norte-Nordeste, possuindo 320 barras e 44 geradores, onde simula-se a desconexão de uma linha de transmissão entre as subestações de ITABAIANA e JARDIM,

conforme descrito na Tabela 4e na Figura 9.

Os resultados obtidos estão ilustrados na Figura 10. A figura ilustra o comportamento dinâmico da tensão de barras selecionadas. Diferentemente dos casos anteriores, o comportamento oscilatório nesta cenário é bem severo, como pode ser visto através do comportamento das tensões nas subestações envolvidas. Os impactos resultantes do evento são sentidos pelos geradores. O fenômeno simulado é conhecido como Perda de Estabilidade Angular dos geradores e pode produzir o desligamento em grandes áreas do Sistema Interconectado Nacional. Observa-se que, o simulador proposto obteve melhor desempenho computacional que os simuladores ANATEM.

6.CONCLUSÕES

Este trabalho investigou o desempenho do método numérico Backward Differentiation Formulae (BDF) aplicado a` soluç,a~o de sistemas de equações diferenciais e algébricas, enfocando seu desempenho computacional em cada uma das simulações computacionais de fenômenos de estabilidade em sistemas de energia elétrica (transitória angular e de tensão de longo-termo).

As estratégias de mudança de ordem e passo de integração implementadas no BDF influenciam no desempenho do processo de solução dos sistemas de EDAs, podendo tornar o método ainda

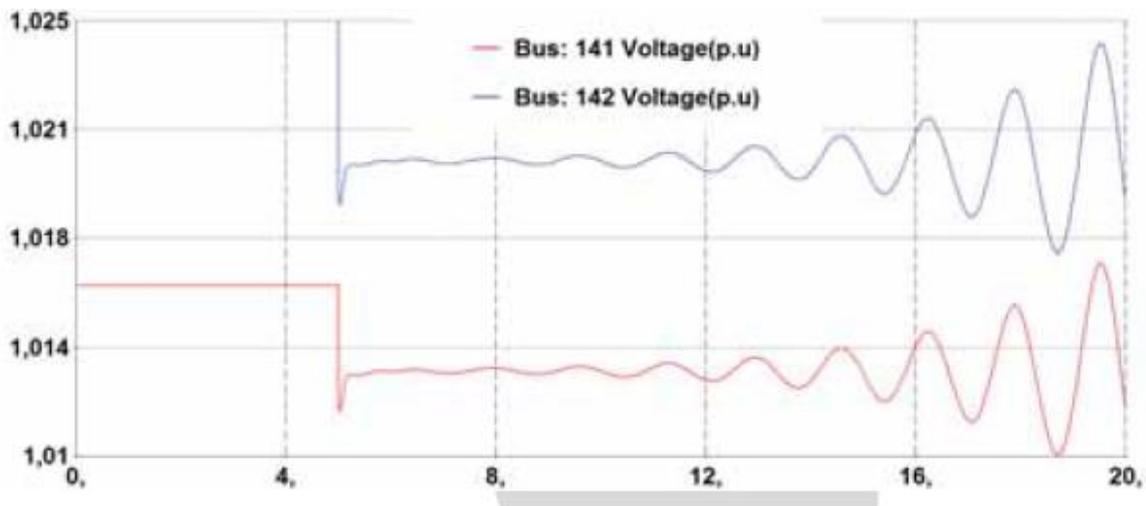
Tabela 4: Informações sobre a simulação do Caso III

TIPO DE PERTUBAÇÃO	
Desconexão de uma linha de transmissão	
Número de Barra no início da linha de transmissão	141
Número de Barra no final da linha de transmissão	142
Tempo de início da perturbação (s)	5,0
Tempo de duração da Simulação (s)	20,0
Tempo de CPU do simulador BDF (s)	0,337
Tempo de CPU do simulador ANATEM (s)	3,916

Figura 9: Sistema Norte-Nordeste de 320 barras, fonte: ONS



Figura 10: Tensão terminal nas barras 141 (ITABAIANA) e 142 (JARDIM)



Mais eficiente, principalmente na redução do tempo de processamento computacional. O Método BDF, utilizado no simulador proposto, sempre obteve melhor desempenho computacional, isto é, menor Tempo CPU de simulação.

Menor Tempo CPU para finalizar a simulação facilita a tomada de decisões dos operadores do sistema, principalmente quando os Sistemas Elétricos de Potência são submetidos a

perturbações que podem decorrer em perda parcial ou total do serviço de eletricidade, problema comumente conhecido como apagão ou blackout.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo suporte financeiro, sem o qual não seria possível a realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

Ascher U.M, and Petzold L.R., *Computer Methods for Ordinary Differential Equations and Differential-Algebraic Equations*. Philadelphia, PA: SIAM Press, 1998.

Astic, J.Y., Brihain, A. & Jerosolimski (1994), The Mixed Adams-BDF Variable Step Size Algorithm to Simulate Transient and Long-Term Phenomena in Power Systems, *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol.9, No. 2, May.

Byrne G.D and Hindmarch A.C., *Polyalgorithm* (1975), A for the Numerical Solution of Ordinary Differential Equations, *ACM Transactions on Mathematical Software*, vol. 1, nº 1, pp. 71 - 96, March.

Cash J.R. (2000), Modified Extended Backward Differentiation Formulae for the Numerical Solution of Stiff Initial Value Problems in EDOs and DAEs, *Comput. Math.* 125. 117 - 130.

CEPEL, Manual de Treinamento do Programa de Análise de Transitórios Eletromecânicos ANA-TEM/CEPEL. Versão V07-08/99. Manual do Usuário, Maio 1999.

CEPEL, Comunicação Privada com o CEPEL, 2000.

Hairer E., Wanner G., *Solving Ordinary Differential Equations II. Stiff and Differential-Algebraic Problems*, 2nd revised Edition, Springer Series in Comput. math., Vol. 14, Springer, Berlin, 1996, 614p.

Kundur P., *Power System Stability and Control*, McGraw-Hill, 1994.

Mazzia F. and Iavernaro F., Test Set for Initial Value Problem Solvers, Department of Mathematics University of Bari ITALY, Report 40/2003.

Paz A.R.A., Implementação de um Simulador Numérico Num Programa Computacional de Estabilidade, Dissertação de mestrado, CPGEE, UFMA, Fevereiro, 2004.

Pessanha J.E.O., Análise do Fenômeno da Estabilidade de Tensão no Domínio do Tempo: Simulação dos Períodos Transitórios e de Longo-Termo, tese de Doutorado, Departamento de Engenharia Elétrica, PUC-Rio, Dezembro, 1997.

Pessanha J.E.O., A.R.A. Paz (2004), Time Domain Power System Stability Simulation Using A Differential-Algebraic Equation Solver, Congresso Temático de Dinâmica, Controle e

Aplicações, DINCON, Ilha Solteira - S.P.

Petzold L.R. (1983), A descriptions of DASSL: A differential/algebraic system solver, in Scientific Computing, R.S. Stepleman et al., eds., North-Holland, Amsterdam, 65-68.

PST - Power System Test case archive, the archive is available

at <http://www.ee.washington.edu/research/pstca>.

SETOR VAREJISTA: PERCEPÇÃO DOS GESTORES ACERCA DO COMPORTAMENTO DISFUNCIONAL DO CONSUMIDOR

[DOI: 10.37423/200400799](https://doi.org/10.37423/200400799)

Cristian Sparemberger - sparemberger@hotmail.com

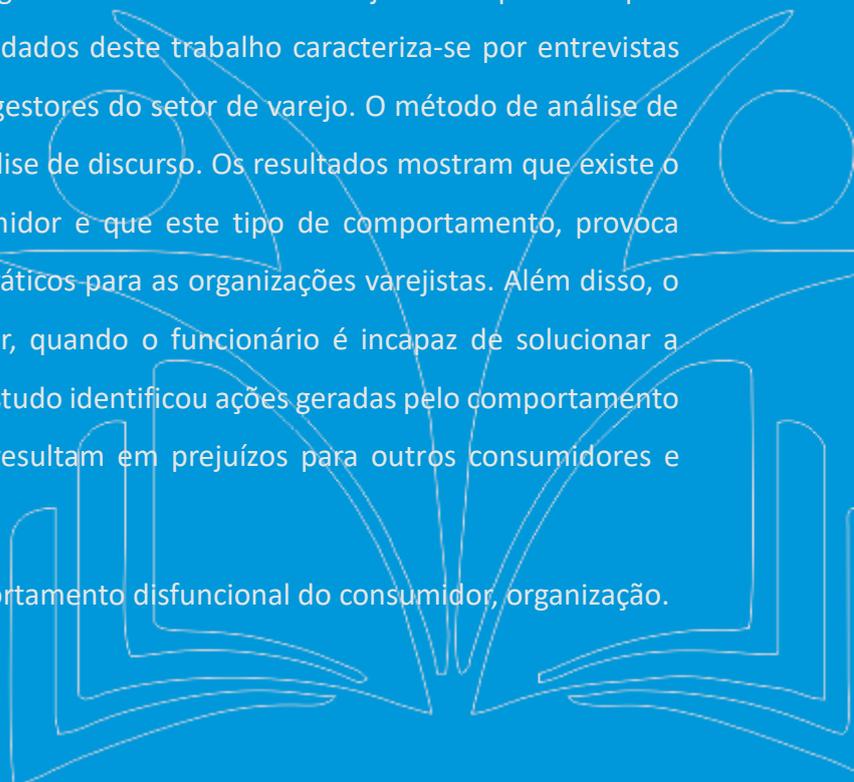
Luciano Zamberlan - Lucianoz@unijui.edu.br

Vaneza Lima dos Santos - vaneza.santos@unijui.edu.br

Ariosto Sparemberger - ariosto@unijui.edu.br

RESUMO: Identificar as consequências do comportamento disfuncional do consumidor para outros consumidores, funcionários e organizações, segundo a percepção dos gestores do setor varejista é o objetivo principal deste estudo. Para atingir o objetivo principal desta pesquisa, foi aplicado um questionário a sete gestores do setor de varejo com questões pré-estabelecidas. Dessa forma, a coleta de dados deste trabalho caracteriza-se por entrevistas com questões abertas direcionadas aos gestores do setor de varejo. O método de análise de dados utilizados nesta pesquisa foi a análise de discurso. Os resultados mostram que existe o comportamento disfuncional do consumidor e que este tipo de comportamento, provoca prejuízos financeiros e problemas burocráticos para as organizações varejistas. Além disso, o estudo mostrou a intervenção do gestor, quando o funcionário é incapaz de solucionar a contrariedade com o cliente. Por fim, o estudo identificou ações geradas pelo comportamento antiético de alguns consumidores que resultam em prejuízos para outros consumidores e funcionários.

Palavras-chave: setor varejista, comportamento disfuncional do consumidor, organização.



1 INTRODUÇÃO

O varejo passa por mudanças decorrentes de pressões externas impostas pelo novo cenário da globalização e de fatores internos, os quais estão revolucionando o processo de gestão empresarial. Mudanças, principalmente tecnológicas e no comportamento do cliente, têm causado preocupações constantes aos indivíduos e às organizações.

O consumidor vive em um novo contexto e o acesso à informação foi determinante na transformação desse comportamento. Isto provocou mais responsabilidade por parte das empresas com o consumidor, desprendendo transformações nos hábitos de consumo, na mídia, nas relações comerciais e institucionais. Prova disto foi a própria criação do Código de Proteção e Defesa do Consumidor - CPDC, que trata dos direitos básicos dos consumidores, dos quais decorrem todas as normas preventivas e punitiva.

Porém, estudos que possam entender e compreender o outro lado do consumidor estão ganhando atenção no meio empresarial e acadêmico. Pesquisas relacionadas ao Comportamento Disfuncional do Consumidor (CDC) contribuem, por meio dos seus resultados, no processo de tomada de decisão dos gestores, além de trazer para a academia novos elementos de análise contribuindo para o debate entre docentes e estudantes. E é, nesta direção, que o presente estudo foca seu objetivo, vislumbrando enriquecer o conhecimento em uma área ainda pouco estudada e investigada.

As indicações de que os consumidores se tornariam mais exigentes quanto à ética nas práticas das empresas basearam-se principalmente na crença de que a disponibilidade de informações e o nível de conhecimento acerca dos direitos do consumidor, entre outros fatores, produziriam consumidores mais sofisticados (WEBSTER,1997; CARRIGAN & ATTALLA, 2001), dispostos a punir empresas de comportamentos antiéticos e, com o tempo, privilegiar aquelas que reconhecidamente adotavam práticas corretas.

Nesta direção, além do CPDC, a Lei 8.078/90 Código de Defesa do Consumidor a proteção (ou tutela) de um grupo específico de indivíduos de uma coletividade de pessoas. É uma Lei de função social, que traz normas de direito privado, mas de ordem pública, que permite a proteção coletiva dos interesses dos consumidores (BENJAMIM, et al. 2008).

Portanto, os estudos relacionados ao comportamento do consumidor e ao marketing estão ganhando cada vez mais importância, principalmente pelas mudanças provocadas pela

tecnologia (web-site, e-commerce) que oferecem ao consumidor condições, comodidades e uma diversidade de produtos e ofertas com muita facilidade para sua aquisição.

Esboços mostram que o começo dos estudos sobre o CDC - comportamento disfuncional de clientes deu-se nas áreas da sociologia desviante, da criminologia e da psicologia anormal (FULLERTON; PUNJ, 1993) e tem sido foco de estudos na área da administração, principalmente devido ao seu impacto direto nos custos das empresas.

O comportamento em ambientes de consumo considerados inadequados pela empresa e pela sociedade pode ser chamado de comportamento disfuncional do consumidor. (DAUNT; HARRIS, 2012). Os principais termos utilizados na literatura sobre clientes disfuncionais e comportamento disfuncional do cliente Fullerton e Punj (1993), Babin e Babin (1996), Budden e Griffin (1996) e comportamento em ambientes de troca que viola as normas geralmente são marcados percebidos em descrédito pelos profissionais de marketing e pela maioria dos consumidores. (FULLERTON E PUNJ,1993), (BABIN E BABIN,1996), (BUDDEN E GRIFFIN,1996).

Telli (2016) destaca o impacto negativo provocado pelo CDC às empresas e a importância do tema para a área do marketing. Segundo estudos, o CDC pode causar sérios danos financeiros à empresa, aos funcionários e aos próprios clientes éticos e leais. Os danos podem estar relacionados com os gastos referentes aos danos à propriedade, perdas com roubos e fraudes, investimentos em segurança, redução da produtividade, custos de retenção, contratação e treinamento de funcionários e impactos negativos para a marca.

Os diversos danos não são restritos apenas ao curto prazo, pois em longo prazo, podem afetar a lucratividade e o crescimento em vendas, causar a redução da satisfação e da lealdade dos clientes. (WILKES, 1978; HARRIS, 2008; YAGIL, 2008; McCOLL-KENNEDY et al., 2009; BAKER et al. 2012). A interface permanente do marketing com o mercado consumidor e o mercado empresarial confere visibilidade maior às suas práticas, colocando-as sob julgamento público permanente (SMITH, 2002).

Pesquisas sobre o CDC trazem como enfoque de estudo três percepções: (a) o cliente que age de forma disfuncional; (b) o funcionário da empresa onde o cliente age de forma disfuncional; e (c) a empresa que é o ambiente utilizado para o ato disfuncional do cliente. Há, portanto, espaço para o entendimento do papel dos outros consumidores no ambiente de troca em que o CDC acontece. (TALLI,2016).

A decisão quanto à escolha do presente tema, deu-se principalmente pela carência de pesquisas e estudos mais específicos e empíricos nesta área do marketing e por entender que as consequências e impactos gerados pela exposição do CDC acabam interferindo nos resultados sociais e econômicos das organizações do setor varejista.

Considerando ainda outros conceitos, Mills e Bonoma (1979) dizem que o comportamento disfuncional pode ser entendido como comportamento em uma loja de varejo, que a sociedade considera inadequado ou em conflito com uma norma social previamente aceita. E para Lovelock (1994), o CDC pode ser entendido como sendo o cliente que deliberadamente age de forma impensada ou abusiva, causando problemas para a empresa, funcionários ou outros clientes. Vários elementos podem influenciar e ou provocar o comportamento disfuncional praticado pelo cliente, entre eles, podem-se citar: os amigos, o seu apego aos seus pais, aspectos sociais e demográficos, nível de educação e à baixa renda. O que chama mais a atenção é que quanto mais alto o nível de maus comportamentos no passado, maior a intenção em se comportar de forma disfuncional no futuro. (DAUNT E HARRIS,2011).

Os motivos pelos quais os consumidores desencadeiam o comportamento disfuncional são inúmeros, múltiplas motivações podem contemplar determinadas formas de má conduta. Fullerton e Punj (2004), como por exemplo, citam: aspirações por realizar; busca de emoção; ausência de restrições morais; associação diferencial; socialização patológica; fatores situacionais provocantes; e oportunismo.

As consequências do comportamento disfuncional do consumidor são várias e brandas, manifestando-se através de efeitos psicológicos, emocionais, cognitivos, atitudinais e psicossociais negativos aos outros consumidores e funcionários, para as organizações e além de custo financeiro tem várias implicações que diminuem a prospecção de crescimento organizacional (DAUNT; HARRIS, 2012).

Duas consequências principais do comportamento disfuncional sobre outros consumidores são indicadas por Reynolds e Harris (2009): efeito dominó e “spoilt consumption effect”. O efeito dominó revela que, ao testemunhar um comportamento disfuncional, o consumidor pode reagir de forma positiva ou negativa. No primeiro caso, a reação ocorre através de expressões públicas de simpatia e apoio aos funcionários quando os mesmos são vítimas de algum comportamento disfuncional.

A reação negativa corresponde ao contágio do consumidor que presencia o comportamento disfuncional, podendo manifestar-se através de reclamações ilegítimas à empresa, de boca-a-boca negativo para outros consumidores, e até mesmo de propagação e imitação de determinado comportamento. E o “spoilt consumption effect” pode afetar negativamente a experiência de outros consumidores quando o comportamento disfuncional torna o ambiente de troca inseguro, como nos casos de embriaguez e violência (REYNOLDS; HARRIS, 2009).

A partir da percepção dos gestores do varejo, o estudo tem por principal objetivo, identificar as consequências do CDC para outros consumidores, funcionários e organizações do setor varejista da Região Fronteira Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Desta forma, este artigo (além desta introdução, que contempla também o referencial teórico), apresenta a metodologia com o detalhamento dos procedimentos metodológicos utilizados para a realização da pesquisa, na sequência, resultados e discussão e finaliza com as considerações finais e referências.

2 METODOLOGIA

Classifica-se esta pesquisa da seguinte forma: bibliográfica, exploratória e qualitativa. O objetivo da pesquisa exploratória é descobrir um problema ou uma situação para prover critérios e compreensão. A etapa exploratória assume basicamente a forma de pesquisa bibliográfica focada no marketing, CDC, varejo, ética do consumidor e comportamento do consumidor. Visa à busca de informações já existentes relacionadas ao tema da pesquisa. Essa técnica de pesquisa contribui principalmente para a identificação das variáveis utilizadas no instrumento de coleta de dados.

Para este estudo, os questionários foram aplicados por meio da técnica de entrevista pessoal, contendo características, tais como: entrevistas feitas pessoalmente e contato direto entre entrevistado e entrevistador.

Segundo Malhotra (2001), nem sempre é possível utilizar métodos estruturados ou formais para a busca de informações dos respondentes. Também porque as pessoas podem não querer responder a certas perguntas, ou ainda não desejarem dar respostas verdadeiras a perguntas que julgarem ser invasão da sua privacidade. Os pesquisadores qualitativos têm à disposição diversas técnicas de coleta de dados, de informações, a principal está associada à realização de entrevistas em profundidade. Esta pesquisa apresenta uma abordagem

predominantemente qualitativa, pois oferece possibilidade de compreensão mais detalhada do contexto através da concepção das características situacionais apresentadas pelos entrevistados, à medida que possibilitou ao pesquisador contato direto com o fenômeno em estudo.

Em relação a amostragem, Cooper e Scindler (2003), salientam que a ideia básica de amostragem é a de que, ao selecionarem-se alguns elementos em uma população, pode-se tirar conclusões sobre toda a população. As técnicas de amostragem podem ser classificadas como probabilística e não-probabilística. Na amostragem probabilística, as unidades amostrais são escolhidas por acaso, e cada elemento da população tem uma probabilidade conhecida de integrar a amostra. Entre as técnicas de amostragem não-probabilística pode-se citar a amostragem por conveniência. Na amostragem por conveniência procura-se obter uma amostra de elementos convenientes, sendo a seleção das unidades amostrais de responsabilidade do entrevistador. Normalmente esta técnica é usada em estudos exploratórios, e seus resultados podem apresentar evidências tão significativas que um procedimento de amostragem sofisticado se torna desnecessário. Nesta pesquisa, a amostra é por conveniência.

Os sujeitos são definidos pelo pesquisador e também pela técnica da amostra não-probabilística, não havendo o uso de método estatístico. Ou seja, os elementos da pesquisa são selecionados por estarem disponíveis no período em que a pesquisa realizada. Os elementos da amostra são definidos de forma a representar o setor varejista da Região Fronteira Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Envolveu gestores das principais áreas do varejo, tais como supermercados e mercados, bazar, presentes e decorações, móveis e eletroeletrônicos, farmácias e perfumaria e tecidos, vestuário e calçados.

Entende-se que estes setores estejam mais suscetíveis e apresentam maior risco de ação do CDC, por estarem em contato direto com os consumidores e por apresentar exposição de vários tipos de produtos. Para a construção deste estudo e coleta de dados primários, há realização de várias entrevistas com o apoio de questionário semi-estruturado, com perguntas abertas, aplicado pelo método de contato direto, com o objetivo de procurar respostas para os objetivos propostos que são: identificar as consequências do comportamento disfuncional do consumidor para outros consumidores, funcionários e organizações, a partir da percepção dos gestores, identificar as principais ações de comportamento de consumidores que violam as normas de condutas no ambiente da

organização, conhecer as principais prevenções dos gestores com vistas a inibir o comportamento disfuncional do consumidor, e propor estratégias gerenciais de prevenção e de combate ao comportamento disfuncional do consumidor no setor varejista.

Os dados secundários são aqueles que já foram coletados para objetivos que não os do problema em pauta. Nickels e Wood (1999) contribuem neste aspecto, afirmando que mesmo que estes dados já tenham sido colhidos para um outro propósito, a informação pode ser valiosa quando se quer um estudo rápido e barato de um problema atual. Os dados secundários também podem dar ideias importantes a respeito da natureza ou extensão do problema, áreas para pesquisa futura e possíveis soluções.

Segundo Mattar (1997), uma das formas mais rápidas e econômicas de aprofundar um problema de pesquisa é pelo conhecimento de trabalhos já realizados, via levantamentos bibliográficos. A pesquisa bibliográfica, na concepção de Lakatos (2003), consiste no passo inicial de qualquer estudo, ou seja, após a escolha de um assunto, torna-se necessário realizar uma revisão bibliográfica sobre ele. Essa pesquisa auxilia na escolha de um método mais apropriado, assim como no conhecimento das variáveis e na autenticidade da pesquisa. Para a realização deste trabalho, foi utilizado dados secundários existentes na literatura. Ou seja, pesquisa bibliográfica com base em material publicado em livros, teses, artigos, revistas, jornais e redes eletrônicas.

Para a coleta dos dados, os sujeitos foram contatados, pessoalmente ou por telefone, para verificar a disponibilidade e o seu interesse em contribuir com informações acerca do tema em estudo. Nesses contatos antecipasse-se o principal objetivo e a finalidade do trabalho. As entrevistas em profundidade foram realizadas com os gestores do setor varejista, definidos pela amostra de sete gerentes nos anos de 2018 e 2019. Segundo Collis e Hussey (2005), entrevista é um método utilizado para coletar os dados necessários para o desenvolvimento da pesquisa. Neste estudo, utilizou-se para a coleta dos dados a técnica de entrevista com apoio de perguntas conforme pode ser observado no Quadro 1.

Todas as entrevistas realizadas ocorreram por meio do contato direto. Os entrevistados estavam cientes e concordaram que a entrevista fosse utilizada de forma anônima para fins de pesquisa. As entrevistas tiveram duração aproximada de 1 hora, estendendo-se até 1 hora e 15 minutos, caso o entrevistado aceitasse. Para preservar o anonimato dos entrevistados e de suas organizações todos os gerentes são identificados por um número sendo:

Entrevistado 1, Entrevistado 2, Entrevistado 3, Entrevistado 4, Entrevistado 5, Entrevistado 6, Entrevistado 7.

Minayo (1992) chama a atenção aos obstáculos que os pesquisadores enfrentam quando partem para a análise dos dados pesquisados. O primeiro diz respeito à ilusão do pesquisador em ver as conclusões, à primeira vista, como transparentes, pensando que os dados se apresentam de forma nítida. O segundo obstáculo se refere ao fato de o pesquisador se envolver tanto com os métodos e as técnicas a ponto de esquecer os significados presentes em seus dados. O último relaciona-se à dificuldade que o pesquisador pode ter em articular as conclusões, de juntar teoria e conceitos abstratos aos dados pesquisados no campo. De acordo com Vergara (2005), a análise de discurso é uma técnica utilizada para o tratamento de dados que objetiva identificar o que está sendo dito a respeito de determinado tema. Este método adota transcrições de entrevistas, documentos institucionais, entre outros, e permite abordagens tanto quantitativas quanto qualitativas.

Para interpretar e entender os dados coletados, o estudo utiliza a técnica da análise de discurso. Segundo Fernandes (2008) a análise de discurso é a análise da fala em contexto. Ela ajuda a compreender como as pessoas pensam e agem no mundo concreto.

Quadro 1- Roteiro de perguntas

Questões

1. Constata-se que o cliente age de diferente maneira variando muito o seu comportamento dependendo da situação e também devido ao fato da incorporação da sua cultura, crença e outros fatores que interferem. Comente em relação aos diferentes tipos de comportamento:
2. Na visão da organização, quais são os motivos para levarem um cliente a ter comportamento disfuncional quando do contato com a empresa? Justifique.
3. Na empresa já ocorreu alguma ação suspeita do cliente? Comente.
4. Em termos de prejuízos financeiros já houve na empresa alguma situação em função do CDC?
5. Ao se deparar com um ato suspeito do cliente, quais as medidas tomadas pela empresa?
6. Comente sobre as normas de conduta dos consumidores no ambiente da organização.
7. Quais as instruções da empresa para o colaborador para que se tenha uma boa abordagem ou reação no momento do ato?
8. A empresa age sozinha quando acontece um ato suspeito? Comente.
9. Existe algum exemplo que tenha sido comentado e ou servido de análise por parte da empresa considerando o CDC? Comente.
10. Na sua opinião, quais são as principais causas do comportamento disfuncional?
11. Como a empresa previne-se do comportamento disfuncional? Possui alguma estratégia voltada para a prevenção em relação ao comportamento do cliente? Quais? Como é tratada esta questão? Comente.
12. Você possui alguma sugestão para prevenção? Comente.
13. Quais as consequências para a empresa no ponto de vista gerencial, quando acontecer um ato disfuncional? Também consequências para os demais colaboradores e clientes? Comente.
14. É possível uma medida mais drástica caso a mesma pessoa for pega em mais de uma vez no ato? Como atua a empresa? Comente e justifique.
15. Na visão da gerência, o comportamento disfuncional pode ser problema psicológico no qual a pessoa não tem controle dos seus atos? Comente e justifique.

Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

Na análise de discurso foi realizada a transcrição dos resultados conforme a opinião e ponto de vista dos gestores entrevistados. Os dados foram tratados de forma qualitativa. Esta forma, segundo Vergara (2005), caracteriza-se por ser uma análise do tipo descritiva, observando o conteúdo das respostas obtidas.

Os dados são tratados principalmente de forma qualitativa, utilizando-se os conceitos teóricos e de outros estudos (pesquisas) para melhor explicar os objetivos e responder à questão de estudo e entender as relações existentes entre os setores do varejo quanto ao entendimento e ações do CDC.

3. ANÁLISE E APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Os resultados corroboram com estudos anteriores (Tellii,2017; Tomazelli & Espartel, 2016), que apontam e identificam a existência de consumidores que provocam danos financeiros, sociais, mentais, éticos, burocráticos gerando problemas e desafios aos gestores do setor.

Constatou-se por meio dos derivados, exemplos do CDC, pois quando perguntado aos gestores do varejo, quanto aos diferentes tipos de comportamento e dos possíveis danos, como descrito pelo Entrevistado 1:

“O comportamento adotado por cada indivíduo é influenciado basicamente pela sua criação e exemplos, já outros acabam agindo por ocasião. Há aqueles que fazem compras e não pagam e somem, e o que é sem sucesso de cobrança é lançado em perdas. Há falta de caráter e vive-se em uma sociedade impune”.

A mesma situação é percebida da seguinte forma, pelo gerente, entrevistado 2:

“Isso vem da criação, na família com a sua cultura, clientes agressivos, de difícil compreensão, não aceitam normas. A correria do dia a dia no trabalho, pouco tempo para estar com a família e assim acabam perdendo a paciência. Há clientes revoltados quando estão com restrição de crédito”.

Conforme entrevistado 5, que está na gestão de supermercados a mais de 20 anos, entende que:

“O comportamento disfuncional sempre ocorreu, com o passar dos anos e a experiência acaba identificando de imediato uma pessoa que chega com má intenção. Este tipo de situação ocorre com bastante frequência”.

Para Mills e Bonoma (1979) o comportamento disfuncional pode ser entendido como comportamento em uma loja de varejo, que a sociedade considera inadequado ou em conflito com uma norma social previamente aceita.

Quando os gerentes questionados sobre as consequências do CDC têm-se as seguintes percepções:

“As principais consequências são em relação a questão financeira, que traz para os demais clientes um aumento burocrático”. (Entrevistado 1.) “Não é bom, pois a nossa empresa presa pelo melhor atendimento, para que o cliente fique satisfeito”. (Entrevistado 2).

“As consequências também estão relacionadas ao stress que a situação provoca em especial para o gestor. Muitas vezes há o envolvimento com a polícia, abordagens, ação judicial, intervenção e furto, gerando uma situação constrangedora para todos os envolvidos. Além da necessidade da instalação de câmaras de segurança”. (Entrevistado 3).

Os clientes possuem suas particularidades nas questões relacionadas ao comportamento. Há clientes que são agressivos, querem resolver as coisas com alteração de voz, com maus tratos aos colaboradores. Os casos que mais acontecem são os relacionados a pagamentos e garantia de produtos. (Entrevistado 4).

“Quando acontece algo de diferente um furto, ou um ato de agressão verbal por algo que tenha ocorrido sempre desestrutura um pouco as pessoas que trabalham, porque é uma equipe e se alguém está passando por um aperto todos se colocam no lugar desta pessoa e o clima fica tenso. Assim como os demais clientes que estão por perto também ficam incomodados com situações inusitadas. Imagina chega ao supermercado pra comprar alguma coisa e se depara com pessoas gritando e gesticulando, bravas o cliente fica assustado e pode até ficar com vontade de ir embora sem comprar nada o que gera prejuízo pra gente”. (Entrevistado 6).

Muitas vezes o cliente não possui todas as informações necessárias para exigir seus direitos e age muito pelo senso comum a partir de experiências, vivências e observações, gerando problemas no ambiente da loja. Nesta direção, o entrevistado 4, destaca que:

“O cliente possui dificuldades no entendimento de regras da empresa. Precisamos sempre explicar e passar todas as informações para que o cliente esteja ciente e não tenha o argumento do não sabia. e para que não ocorram furtos, buscando manter seguros os nossos produtos expostos. É preciso deixar sempre tudo claro e explicado ao cliente”.

Visando a normatização, surgiu em 1990 a Lei Federal que inclusive possui normas de natureza punitiva contra aqueles que contribuirão à efetiva lesão ao consumidor. O Código

de Proteção e Defesa do Consumidor - CPDC, trata os direitos básicos dos consumidores, dos quais decorrem todas as normas preventivas e punitiva.

Entre as quais podemos destacar a proteção à vida, saúde e segurança contra os riscos decorrentes do fornecimento de produtos considerados perigosos, educação e divulgação sobre a forma adequada de consumo, a informação clara e precisa sobre os produtos, proteção contra a publicidade enganosa entre outros.

A legislação exige a participação ativa do empresário e, em alguns casos, a mudança de sua política de mercado, com vistas a evitar eventuais danos aos consumidores. De acordo com Morgado & Gonçalves (1999), cabe ao empresário algumas providências em defesa do consumidor, entre as quais se destaca a necessidade de evitar a colocação no mercado de produtos nocivos à saúde, produtos defeituosos, que possuem vícios de qualidade, fornecer peças de reposição e assegurar informações corretas.

O varejo é sem dúvida um segmento que está mais exposto a sofrer danos, principalmente por apresentar características específicas e devido ao contato direto dos funcionários com os consumidores. Como característica, o varejo possui a vantagem de estar permanentemente próximo ao consumidor o que possibilita mais agilidade na detecção de tendências e na percepção de toda e qualquer mudança no perfil do consumidor, razão pela qual o gestor pode promover mudanças quase que simultâneas para atender às necessidades dos clientes.

Quando ocorrem casos de CDC envolvendo empresas que possuem uma estrutura de matriz e filial, o padrão e a qualidade dos serviços prestados não podem ser alterados, ainda que os estabelecimentos funcionem em lugares diferentes. Da mesma forma, o nível da burocracia existente, além do distanciamento psicológico entre o cliente e a organização, facilita a ação do CDC. Por ter uma estrutura organizacional que apresenta dependência na relação das filiais com a matriz, e depender desta, para encaminhar e resolver problemas, o processo torna-se ainda mais complexo na busca de solução dos problemas gerados pelo CDC.

Ademais percebe-se que o tamanho físico da loja e a quantidade de produtos expostos nos estabelecimentos, influencia o consumidor a se comportar de maneira antiética. Conforme o gestor entrevistado, a percepção é vista da seguinte forma:

“No comércio em cidades menores, se tem bem menos incidência de disfunções de conduta, pois as pessoas se conhecem e logo se cria um conceito bem negativo sobre pessoas que tem esse tipo de conduta”. (Entrevistado 3).

“Somos reflexos dos ambientes que convivemos desde a infância, o que define nosso caráter e perfil como cidadão. O mau comportamento é resultado de uma má instrução cultural, por não possuir a sensibilidade de se colocar no lugar do outro.” (Entrevistado 7).

O varejo é um setor que requer diariamente ações que visam à inovação. Hoje as relações entre vendedores e compradores estão completamente modificadas, sendo imprescindível que as empresas estejam estendendo seus negócios à internet, uma vez que já não podem ignorar o número de e-consumidores que vêm crescendo a cada dia.

No entanto, a ação do gestor, requer muito controle e cautela nos negócios, pois ele é o elo entre o operacional e a alta cúpula de uma empresa. É necessário que o gestor desenvolva capacidade analítica e crítica frente às situações do CDC.

Conforme o gestor entrevistado 4, essa situação ocorre e gera problemas com o consumidor, havendo certa preocupação para que a empresa não venha a perder o cliente.

“Essas situações podem causar perda de clientes, pois o mesmo além de se sentir insatisfeito poderá influenciar outros clientes a pensar o mesmo sobre a empresa. Pode acontecer casos em que queiram agredir um colaborador fora do ambiente de trabalho interferindo na sua segurança. Um colaborador pode se sentir constrangido e não querer trabalhar mais na empresa”. (Entrevistado 4).

Na visão de Doin & Sillas (2007), a principal função do varejo é a prestação de serviço ao consumidor, pois leva produtos e serviços ao alcance dele e adiciona-lhes valor além de assegurar o desenvolvimento da empresa, através da geração sustentada de lucros. E neste sentido o ideal é trabalhar para que os clientes não possuam motivo para o CDC, pois segundo a percepção dos gestores, todos os funcionários são orientados a receber bem os clientes e dar atenção para que se sintam bem no ambiente da loja.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo, ao objetivar identificar as consequências do CDC para outros consumidores, funcionários e organizações do setor varejista da Região Fronteira Noroeste do Estado do

Rio Grande do Sul, constatou impactos negativos para as organizações do varejo, provocados pelo CDC e que precisam ser observadas com atenção pelos gestores e funcionários com vistas a minimizar os problemas gerados.

O ambiente no qual o consumidor está inserido pode abalar a perspectiva de ele repetir o comportamento disfuncional ao qual foi exposto. Porém, havendo baixa probabilidade de algum risco, aumenta a probabilidade do consumidor em agir de maneira desleal e ou antiética junto a outros consumidores e funcionários da organização, ao qual está exposto. Desta forma, também pode-se supor que o medo de ser repreendido pode deter e impactar no sentido de não haver repetição de comportamento disfuncional.

De modo geral, observa-se que a postura dos gestores em relação à ética no marketing não se configura de forma mais punitiva aos consumidores CDC. Assim, o marketing se torna desarticulado da sua posição de culpado e de contribuir para o lado destrutivo dos consumidores. O ato de compra e troca é o que interessa. Não é comum a organização varejista materializar ações e experiências negativas.

Em termos de contribuições científicas, a pesquisa articula iniciativas de produção do conhecimento no grupo de estudo dos docentes e acadêmicos, fortalecendo a produção e difusão do conhecimento científico de caráter interdisciplinar acerca do tema ampliado. Por ser um tema ainda pouco explorado no meio acadêmico, espera-se que os resultados da pesquisa possam contribuir para a reflexão sobre a questão do Comportamento Disfuncional do Cliente - CDC, tanto do ponto de vista teórico, quanto fomentar e trazer questões e proposições que possam agregar elementos para o debate e para a construção de novos conhecimentos na área do marketing.

A pesquisa já motivou acadêmicos a desenvolver seus estudos na área do Comportamento Disfuncional do Consumidor, por entender a importância em aprofundar a pesquisa e provocar a discussão no meio universitário. Da mesma forma, há docentes que também estão alinhando suas pesquisas voltadas para este campo do conhecimento.

Por fim, o estudo orienta para a necessidade do desenvolvimento de estratégias por parte das organizações varejistas, para que estas possam combater e prevenir o CDC, devido principalmente, este tipo de comportamento, provocar ações semelhantes por parte de outros consumidores e até de funcionários. Resultando em uma desordem repetitiva para todos os públicos envolvidos neste segmento.

REFERÊNCIAS

- BABIN, Barry J.; BABIN, Laurie A. Effects of moral cognitions and consumer emotions on shoplifting intentions. *Psychology & Marketing*, v. 13, n. 8, p. 785-802, 1996.
- BAKER, M. A.; MAGNINI, V. P.; PERDUE, R. R. Opportunistic customer complaining: Causes, consequences, and managerial alternatives. *International Journal of Hospitality Management*, v. 31, n. 1, p. 295-303, 2012.
- BENJAMIN, Antonio Herman V. et.al. Manual de direito do consumidor. São Paulo: editora Revista dos Tribunais, 2008.
- BUDDEN, Michael C.; GRIFFIN III, Thomas F. Explorations and implications of aberrant consumer behavior. *Psychology and Marketing*, v. 13, n. 8, p. 739-740, 1996.
- CALLEN-MARCHIONE, K. S.; OWNBEY, S. F. Associations of unethical consumer behavior and social attitudes. *Journal of Fashion Marketing and Management*, v. 12, n. 3, p. 365-383, 2008.
- CNC. Projeção de crescimento das vendas do varejo. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2017/07/projecao-de-crescimento-das-vendas-do-varejo-sobem-para-1-6-segundo-cnc>>. Acesso em: mai.2017.
- COOPER, D.R. SCHINDLER, P.S. Métodos de pesquisa em administração. 7. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2003.
- CARRIGAN, Marylyn.; ATTALLA, Ahmad. "The myth of the ethical consumer - do ethics matter in purchase behaviour", *Journal of Consumer Marketing*, Vol. 18 Iss: 7 pp. 560 – 578, 2001.
- COLLIS, Jill; HUSSEY, Roger. Pesquisa em Administração: Um guia prático para alunos de graduação e pós-graduação. Trad. Lucia Simonini. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- DAUNT, Kate L.; HARRIS, Lloyd C. Exploring the forms of dysfunctional customer behaviour: a study of differences in servicescape and customer disaffection with service. *Journal of Marketing Management*, v. 28, n. 1-2, p. 129-153, Feb. 2012a.
- DAUNT, Kate L.; HARRIS, Lloyd C. Motives of dysfunctional customer behavior: an empirical study. *Journal of Services Marketing*, v. 26, n. 4, p. 293-308, 2012b.
- DOIN, Eliane; SILLAS, Edson Paes. Marketing no varejo. Curitiba: Ibpex, 2007. EGAN, Vincent; TAYLOR, David. Shoplifting, unethical consumer behaviour, and personality. *Personality and Individual Differences*, v. 48, n. 8, p. 878-883, 2010.
- FERNANDES, Cleudemar Alves. Análise do discurso: Reflexões introdutórias. São Carlos: Editora Claraluz, 2008.
- FULLERTON, Ronald A.; PUNJ, Girish. Choosing to Misbehave: a Structural Model of Aberrant Consumer Behavior. *Advances in Consumer Research*, v. 20, p. 570-574, 1993.

FULLERTON, Ronald A.; PUNJ, Girish. Can consumer misbehavior be controlled? A critical analysis of two major control techniques. *NA-Advances in Consumer*

Research, v. 24, 336-339, 2004.

Disponível em <<http://www.acrwebsite.org/search/view-conference-proceedings.aspx?Id=8065>> Acesso em 19/03/2019.

GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo, Atlas, 2002.

HARRIS, Lloyd C. Fraudulent return proclivity: an empirical analysis. *Journal of Retailing*, 86 v. 84, n. 4, p. 461-476, 2008.

HARRIS, Lloyd C.; DAUNT, Kate L. Managing customer misbehavior: challenges and strategies. *Journal of Services Marketing*, v. 27, n. 4, p. 281-293, 2013. LAKATOS, E. Maria. Fundamentos de metodologia científica. São Paulo, Atlas, 2003.

LOVELOCK, C. WRIGHT, L. Serviços: marketing e gestão. São Paulo, Saraiva, 1994.

MALHOTRA, Naresh K. Pesquisa de Marketing: Uma Orientação Aplicada. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

MATTAR, Fauze N. Pesquisa de Marketing. Ed. Compacta. São Paulo: Atlas, 1997.

MCCOLL-KENNEDY, Janet R.; PATTERSON, Paul G.; SMITH, Amy K.; BRADY, Michael K. Customer Rage Episodes: Emotions, Expressions and Behaviors. *Journal of Retailing*, v.85, n.2, p.222-237, 2009

MINAYO, Maria Cecília de S. (Org.). Pesquisa social: teoria, método e criatividade. Petrópolis, RJ: Vozes, 1992.

MILLS, Michael K.; BONOMA, Thomas V. Deviant Consumer Behavior: a different view. *Advances in Consumer Research*, v.6, p. 347-352, 1979.

MORGADO, Maurício G.; GONÇALVES, N. Marcelo. Varejo: administração de empresas comerciais. São Paulo: Editora SENAC São Paulo, 1999.

MUNCY, James; VITELL, Scott J. The Muncy-Vitell Consumer Ethics Scale: a modification and application. *Journal of Business Ethics*, v. 62, n.3, p.267-275, 2005.

REYNOLDS, K. L.; HARRIS, L. C. Dysfunctional customer behavior severity: an empirical examination. *Journal of Retailing*, Nova Iorque, v. 85, n. 3, p. 321-335,

2009. Disponível em: < <https://www.slideshare.net/leamerindra/dysfunctionalcustomer-behaviour>> Acesso em 15/03/2019.

TELLI, G. Denise. Os impactos de efeito dominó causados em outros clientes pela exposição ao comportamento disfuncional do cliente. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Administração, PUCRS. Porto Alegre-RS, 2016.

TOMAZELLI, B.J.; ESPARTEL, B.L. Comportamento Disfuncional do consumidor: explorando conceitos, motivações e consequências para o Varejo. CLAV 2016. VERGARA, Sylvia Constant. Projetos e relatórios de pesquisa em administração. São Paulo: Atlas, 2005.

WEBSTER, F. E. Jr. (1997). The future role of marketing in the organization. In D. R. Lehmann, & K. E. Jocz. Reflexions on the futures of marketing: practice and education (pp. 39-66). Cambridge, MA: Marketing Science Institute.

WILKES,R.E.Fraudulent Behavior By Consumers. Journal of Marketing, v.42,n.4,p.67-75, 1978

YAGIL, Dana. When the customer is wrong: a review of research on aggression and sexual harassment in service encounters. Aggression and Violent Behavior, v.13,n.2,p.141-152,2008.

PICAT: UMA LINGUAGEM PARA PLANEJAMENTO EM PESQUISA OPERACIONAL

[DOI: 10.37423/200400792](https://doi.org/10.37423/200400792)

Claudio Cesar de Sá (Departamento de Ciência da Computação - Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC)).

claudio.sa@udesc.br

Lucas Hermann Negri (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul (IFMS)).

lucas.negri@ifms.edu.br

Alexandre Gonçalves Silva (Departamento Informática e Estatística - Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)).

alexandre.goncalves.silva@ufsc.br

RESUMO: Este artigo apresenta a linguagem de programação Picat, destinada à resolução de problemas gerais utilizando diferentes paradigmas de programação, tais como os paradigmas funcional, lógico, por restrições e procedural. Além deste suporte a múltiplos paradigmas, a linguagem possui por padrão o suporte a problemas SAT e de planejamento, sendo este último o foco deste artigo. Considerando que muitos solvers da pesquisa operacional não apresentam uma modelagem imediata aos problemas de planejamento, este trabalho apresenta a linguagem Picat como uma alternativa atrativa para o ensino e também como ferramenta para planejamento. Deste modo, a linguagem Picat apresenta perspectivas de uso em disciplinas introdutórias de programação, bem como na resolução de problemas de planejamento.

PALAVRAS CHAVE. Linguagem de programação, paradigmas de programação, pesquisa operacional.

1. INTRODUÇÃO

A área de planejamento é recorrente em vários problemas reais. Esta teve suas raízes na década de 60, com implementações computacionais dos primeiros algoritmos planejadores. Um planejador elabora um plano, dado um estado inicial, um estado final e um conjunto de ações que possibilitam transições entre estes estados. A modelagem do problema consiste em definir os estados e as movimentações possíveis, remetendo ao conceito de esquemas. A complexidade dos problemas desta área são classe PSPACE, haja vista que há dois encaminhamentos sobre encontrar um plano satisfatível¹

- A existência de um plano dadas as condições previstas nas restrições exigidas para um plano. Este fato torna o problema computacionalmente semidecidível. Há casos em que nem sempre se encontra um plano;
- A existência de um plano em até k-passos. Este fato o torna difícil pela otimização exigida. Neste caso, o problema torna-se PSPACE-difícil.

Na década de 90, a área de planejamento recebeu atenção da indústria com várias aplicações de sucesso. A linguagem STRIPS de Nilsson foi precursora [Russell e Norvig, 2010] e a comunidade trabalhou sobre uma linguagem que fosse padrão em escrever seus códigos (modelos) e testarem sobre os diversos planners existente até então. Nesta direção, em 1998 foi definida a linguagem PDDL (Planning Domain Definition Language) pela comunidade de planejamento para que houvesse um padrão na definição de seus problemas e estes serem testados e comparados nos diversos planejadores. Neste sentido, tanto a linguagem PDDL apresenta seu próprio planejador, como há tradutores para outras sintaxes de outros planejadores. Ou seja, para que pudessem comparar a eficiência dos diversos planejadores, era necessário que todos tivessem um único modelo de entrada. E assim, desde 1998 existe a IPC (International Planning Competition), uma competição entre os planejadores sob diversos modelos escritos em PDDL [Russell e Norvig, 2010].

Suportando uma sintaxe muito próxima ao PDDL, a linguagem Picat [Zhou et al., 2015b] se destaca com um módulo de planejamento clássico com muita flexibilidade. Além deste módulo, Picat tem um módulo com um solver SAT, e este também se destacou em benchmarks da área de programação por restrições, e problemas de planejamento. Nesta direção, Picat é atrativa pelo fato de exibir uma sintaxe multiparadigma, com módulos (bibliotecas) nas áreas de planejamento, SAT e programação por restrições. Estes atributos

vão permitir que a linguagem exiba uma flexibilidade ímpar em seus modelos computacionais, e com isto permitindo heurísticas diversas na construção de planos.

1.1. MOTIVAÇÃO

Considerando que problemas das áreas de planejamento e escalonamento (um planejamento com precedências de ações – tarefas, temporalidade e recursos) apresentam respostas eficientes mediante heurísticas em suas implementações, a flexibilidade é um item mandatório em um planejador com o objetivo de contornar a complexidade inicial destes problemas da classe PSPACE. Assim, planejadores e linguagens (mais flexíveis que planners) são ferramentas úteis no desenvolvimento de soluções de problemas complexos. Neste sentido, este artigo discute a linguagem Picat sob o ponto de vista de ser uma linguagem para construir modelos de problemas de planejamento. Utiliza-se um problema clássico para apresentar o potencial desta linguagem de programação. Outrossim, esta linguagem exibe facilidades em seu aprendizado e possibilidades de incorporar solvers, tais como o Gurobi, na resolução de seus modelos. Ou seja, uma linguagem versátil de propósitos gerais, com interseção ao ensino da pesquisa operacional (PO).

1.2. ORGANIZAÇÃO DO ARTIGO

Este artigo está organizado da seguinte forma: inicia-se (seção 1) com uma breve introdução à área de planejamento, apresentando também a motivação para o estudo da linguagem Picat. As principais características da linguagem Picat são descritas na seção 2, que acompanha exemplos do uso dos paradigmas de programação suportados pela linguagem, sendo eles o imperativo, o lógico e o funcional. Na seção 3 apresenta-se a configuração geral de um problema de planejamento, enquanto que na seção 4 é discutida a implementação de uma instância deste problema em Picat. As conclusões são apresentadas na seção 5.

2. A LINGUAGEM PICAT

O Picat é uma linguagem multiparadigma projetada para aplicações gerais de programação [Zhou et al., 2015b]. Esta foi criada em 2013 por Neng-Fa Zhou e Jonathan Fruhman utilizando o B-Prolog como base na implementação, onde regras lógicas são utilizadas na programação destas linguagens. Alguns dos elementos do Picat seguem a base teórica da linguagem Prolog [Zhou et al., 2015b], isto é, a lógica de primeira-ordem [Enderton, 2001], onde os objetos são chamados por termos. Os destaques do Picat é a sua natureza

declarativa, funcional, tipagem dinâmica e sintaxe simples com elementos da programação imperativa. O nome Picat é um anacrônico P.I.C.A.T., onde cada letra representa uma de suas funcionalidades:

Pattern-matching:

Utiliza o conceito de casamento de padrão para selecionar um predicado, o qual define uma regra de programa. Um predicado define uma relação, podendo ter nenhum valor de retorno ou vários argumentos como respostas. Quanto as funções, estas são predicados especiais que sempre retornam um único valor. Análogo às funções clássicas das linguagens de programação. Tanto os predicados e funções são definidos por regras e seguem as regras do casamento estabelecidas pela unificação.

Intuitive:

O Picat oferece atribuições explícitas e laços de repetição (loops). Uma variável atribuída pode imitar várias variáveis lógicas, alterando seu valor seguindo o estado da computação. As atribuições são úteis para associar os termos, bem como utilizadas nas estruturas de laços repetitivos.

Constraints:

Picat suporta a programação por restrições. Dado um conjunto de variáveis, cada variável possui um domínio de valores possíveis e restrições para limitar os valores a serem atribuídos às variáveis.

Actors:

Atores são chamadas orientadas a eventos. Em Picat, as regras descrevem ações e comportamentos dos atores, os quais podem receber um objeto e disparar uma ação. Os eventos são postados via canais de mensagem e um ator pode ser conectado a um canal, permitindo verificar e/ou processar seus eventos postados no canal. Neste ponto, a linguagem Picat se prepara para suportar interfaces de entrada tais como mouse, teclado, touchpad, etc.

Tabling:

Considerando que operações entre variáveis podem ser armazenadas parcialmente em uma tabela na memória, um programa pode acessar valores já computados. Assim, evita-se a

repetição de operações já realizadas, mais precisamente as definidas recursivamente. Esta técnica é conhecida como memoization, utilizada na programação dinâmica (PD).

2.1. ELEMENTOS DA LINGUAGEM

Os elementos desta linguagem seguem os conceitos da lógica de primeira-ordem [Kowalski, 1974] e linguagens imperativas clássicas. A terminologia do Picat tem heranças do Prolog, uma linguagem com 40 anos de existência e ainda largamente utilizada na indústria e academia. Assim, um conhecimento elementar de lógica [Enderton, 2001] auxilia significativamente no processo de aprendizagem do aluno. Sob este ponto vista, estudantes e pesquisadores com conhecimentos prévios em linguagens de programação, matemática, e, preferencialmente, lógica formal, terão uma adaptação rápida a esta linguagem.

Qualquer elemento da linguagem do Picat é chamado de termo e este se divide entre variáveis e valores. Os valores são instâncias das variáveis, e podem ser do tipo atômico ou estruturados como: listas, vetores, mapas, arquivos, etc.

2.2. EXEMPLO

Para uma apresentação concisa da linguagem Picat, escolheram-se exemplos clássicos vistos nos cursos introdutórios de programação. Estes exemplos foram abordados por diferentes paradigmas de programação, sendo eles o imperativo, o funcional e o lógico. O detalhamento dos recursos da linguagem encontra-se em [Zhou e Fruhman, 2017].

2.2.1. PARADIGMA IMPERATIVO

O exemplo abordado é a soma dos primeiros números naturais de 0 até N. Formalmente esta soma é dada por:

$$S(N) = 0 + 1 + 2 + 3 + 4 + \dots + (N - 1) + N$$

ou seja, sob uma visão imperativa temos um laço de repetição que soma os valores de 0 até N. Picat dispõe de estruturas de repetição, como ilustrado no exemplo abaixo:

```

%% Usando laços para soma de 0 até N
main => soma_01(7), soma_02(7).

soma_01 (N) => %% uso da estrutura foreach
    S := 0,
    foreach(Aux in 1 .. N)
        printf("%d ", Aux),
        S := S + Aux
    end,
    printf("\nSOMA de 1 ate %d: %d\n", N, S).

soma_02 (N) => %% uso da estrutura while-do
    S := 0,
    Aux := 1,
    while (Aux <= N)
        printf("%d ", Aux),
        S := S + Aux,
        Aux := Aux + 1
    end,
    printf("\nSOMA de 1 ate %d: %d\n", N, S).

```

A execução no console para a função **main** é dada por:

```

$ picat lacos soma N.pi
1 2 3 4 5 6 7
SOMA de 1 ate 7: 28
1 2 3 4 5 6 7
SOMA de 1 ate 7: 28

```

2.2.2. VISÃO LÓGICA E FUNCIONAL

Este problema pode ser reformulado sob uma visão matemática, mais especificamente, pela indução finita definida por:

$$S(n) = \begin{cases} 0 & \text{para } n = 0 \\ S(n-1) + n & \text{para } n \geq 1 \end{cases}$$

Sob esta visão recursiva, escreve-se em Picat sob o paradigma funcional e lógico, dado pelo código a seguir:

```

main =>
    soma_p(7, S1),
    printf("Visao logica: %d\n", S1),
    printf("Visao funcional 1: %d\n", soma_f1(7)),
    printf("Visao funcional 2: %d\n", soma_f2(7)).

% Soma como predicado -- visão lógica

```

```
soma_p(0, S) => S = 0.  
soma_p(N, S), N > 0 =>  
    soma_p(N - 1, Parcial),  
    S = N + Parcial.  
  
% Soma como funcao -- visão clássica  
soma_f1(0) = S => S = 0.  
soma_f1(N) = S, N > 0 => S = N + soma_f1(N - 1).  
  
% Soma como função de fatos -- próximo a Haskell  
soma_f2(0) = 0.  
soma_f2(N) = N + soma_f2(N - 1).
```

A execução no console para a função main é dada por:

```
$ picat soma_ate N.pi  
Visao logica: 28  
Visao funcional 1: 28  
Visao funcional 2: 2
```

2.2.3. RESUMO

Assim, sejam as bases de conhecimento que um estudante/pesquisador apresentar ao aprender uma nova linguagem de programação, os vários paradigmas permitem uma liberdade de escolha na modelagem de um problema. Esta liberdade, sob o aspecto pedagógico, permite que um aprendiz se sinta confortável em seguir um paradigma ou outro. Finalmente, permite que estes sejam combinados conforme a visão do problema.

3. PLANEJAMENTO

Um plano é uma atividade de organizar ações fundamentadas numa construção e execução de estruturas simbólicas, como programas computacionais. Os estudos sobre planos iniciaram-se na década de 50. Uma das primeiras abordagens, feita por Karl Lashley, em 1951, como neurofisiologista, estudava o comportamento da atividade neural no processo cognitivo da estrutura fonética da linguagem. A ideia era que elementos básicos da linguagem, os fonemas, possuísem estruturas neurais “simples” e não decomponíveis. Uma ordem serial dessas estruturas geraria uma sequência de ações primitivas pela aplicação de esquemas (“schemata”) habituais [Agre, 1995]. Segundo Lashley, uma frase falada se traduz numa sequência neural primitiva, no caso um esquema. Contudo, a primeira definição aceita de plano vem do livro “Plans and the Structure of Behavior” de George Miller, Eugene Galanter e Karl Pribram em 1961:

“Um plano é qualquer processo hierárquico de um organismo tal que possa controlar a ordem na qual uma sequência de operações possa ser executada” [George Miller e Pribam, 1960], página 16.

Outro trabalho mais conhecido no contexto da inteligência artificial (IA) refere-se aos estudos desenvolvidos por Allen Newell e Hebert Simon sobre a modelagem computacional na solução de problemas por meio de buscas. Os conceitos de planejamento tinham a conotação de dirigir uma sequência de operações, de modo que pudessem desencadear uma pesquisa num espaço de estados. Eles suportavam a ideia de que a cognição humana poderia ser estruturada de forma hierárquica. Há uma decomposição hierárquica sobre a sequência geradora de ações, de modo que disparem suas buscas locais.

Em resumo, um plano contém um repertório de padrões habituais sobre uma sequência de ações conhecidas previamente a serem executadas em situações futuras. O exemplo clássico sobre planejamento é o programa STRIPS, desenvolvido por Nilsson e Fikes [Russell e Norvig, 2010].

3.1. DEFINIÇÕES

Um plano pode ser gerado a partir de uma representação de três pré-requisitos: do domínio, dos objetivos e dos operadores. A representação de um domínio visa uniformizar o conhecimento sobre o conjunto de seus objetos e suas propriedades invariantes. Essas propriedades não mudam, assim como as ações planejadas e executadas pelo sistema.

A uniformização tem se mostrado útil nas implementações e interações com usuários [Wilkins, 1983]. A representação do objetivo deve ser congruente ao domínio modelado. O objetivo é um estado particular construído a partir dos objetos identificados no domínio. Os operadores descritos para um domínio representam as ações que o sistema pode realizar sobre os objetos. Nas ações possíveis, alguns pontos são avaliados: os objetos participantes, quais tentam atingir a meta, seus efeitos e seus pré-requisitos. Um operador possui uma descrição de como as ações mudam o estado em um domínio. Exemplo: PUTON(X,Y), colocar o bloco “X” sobre o bloco “Y”.

Após o efeito de uma ação, um planejador defronta-se com o problema do “frame”. Esse problema descreve a manutenção das consistências dos estados e uma análise da evolução do sistema. O número de relacionamentos internos começa a crescer a cada ação. Há uma estrutura de dados que deve ser mantida na avaliação desses estados.

Como se observa pelas definições acima, o problema de planejamento se reduz em encontrar um caminho de um estado inicial a um final desejado. Há uma busca por meio dos estados possíveis e pela aplicação sucessiva e sistemática dos operadores sobre os objetos do domínio. Para que se estabeleça uma busca eficiente é necessário um esquema de controle para evitar problemas como:

- A “visita” a estados já explorados anteriormente, isto é, a ciclicidade;
- A explosão combinatorial sobre estados gerados, mas inconsistentes com o histórico (“frame problem”);
- A sistematização sobre a completude do processo. Ou seja, visitar todos estados que apresentem uma boa perspectiva de solução;
- A solução em um tempo factível.

Esses são alguns itens que a área tem assumido no contexto de controle para planejamento convencional ou de “planejamento como um programa” [Agre e Chapman, 1991]. Quanto melhor o planejamento, menor é a necessidade de controle [Wilkins, 1983]. Dentro dessa sistematização, há necessidade de estruturas de dados que armazenem de forma esquemática os estados permitidos pelo sistema. Normalmente, essas estruturas apresentam-se sob a forma de árvores ou grafos. Os nós dessas estruturas representam os possíveis estados do sistema, que o plano deve avaliar ou “visitar”. Para que a visita aos estados do sistema ocorra, é necessário técnicas de buscas (ou visitas) sistemáticas sobre essa representação do problema. As descrições dessas técnicas de buscas são encontradas em [Russell e Norvig, 2010].

3.2. UM MODELO FORMAL DE PLANO

Considerando as definições acima, podemos construir um modelo para definir um plano. Um plano é definido por um conjunto de pares estados e ações, dado por:

$$\underline{plano} = \{ (e_0, a_0), (e_1, a_1), \dots, (e_f, a_n) \}$$

onde e_0 é o estado inicial e e_f é um dos estados finais, tal que $e_f \in E_f$, e a_i é uma ação, tal que $a_i \in A$. Assim um planejador define uma tupla dada por:

$$(e_0, E_f, E, A, \Pi)$$

onde E é o conjunto de estados e $E \ni E_f$, A , o conjunto de ações possíveis em qualquer estado, e Π uma função de transição $E \times A \rightarrow E$. Um plano gerado é considerado completo, se e_f for alcançado por uma sequência de a_i , repetidos ou não. Este é o ponto da complexidade em gerar planos, pois uma determinada ação pode ser aplicada sucessivamente um número de vezes. Adicionalmente, se um dado estado se repetir, sob uma nova ação aplicada, ou a partir deste estado, então o problema admite múltiplos planos. Sob esta enumerabilidade, um plano é considerado semidecidível (semicomputável), pois nem sempre um e_f é alcançado [Russell e Norvig, 2010], e se para cada estado há um subconjunto de ações possíveis, então tem-se um conjunto de planos factíveis.

4. EXPERIMENTAÇÃO DO MÓDULO PLANNER

Para o uso deste módulo na linguagem Picat basta inserir o comando: `import planner.` no início do código fonte. Neste módulo há vários predicados prontos para uso em problemas de planejamento. Basicamente há dois tipos de esquemas de construção de planos: com buscas limitadas ou não-limitadas. As construções de planos limitadas utilizam parâmetros extras, a fim de avaliar uma determinada heurística de construção. Estas medidas ou limites podem ser estabelecidas por critérios como: o custo de um plano, o valor da pilha de chamadas que estabelece um limite quanto a recursos utilizados.

Quanto as não-limitadas, utilizam uma estratégia de busca ilimitadas, onde um limite pode ser estabelecido, bem como o custo do plano. As estratégias limitadas utilizam busca baseada em aprofundamente iterativo e branch-bound [Zhou et al., 2015a]. Contudo, o diferencial do planner do Picat encontra-se no armazenamento dos estados calculados. Aqui, Picat utiliza um armazenamento dinâmico e que não recalcula estados existentes na tabela. Ou seja, a técnica de memoization é utilizada na construção destes planos. Assim, as ramificações a partir de estados já conhecidos ou já expandidos, não são exploradas novamente. A eficiência deste planner pode ser ilustrada em [Zhou et al., 2015a] onde vários problemas são resolvidos em Picat e em um planner conhecido como Symba [Zhou et al., 2015a]. O número de instâncias otimamente resolvidas é maior no Picat para todos os 9 problemas tratados.

Para modelagem do problema e uso do planner, há dois predicados pré-definidos obrigatórios:

action:

Neste predicado são especificadas as pré-condições, o efeito da ação e seu custo. Em geral este é definido com regras não-determinísticas via casamento de padrões. A exploração ordem destas regras de ações seguem um padrão do Prolog. Isto é, tenta as regras na ordem que vai encontrando de cima para baixo.

final:

Aqui se especifica um ou vários critérios de parada ou estado final para o plano. Quanto ao estado inicial, este é um termo aterrado definido no predicado de estratégia do plano.

No exemplo aqui apresentado, este conceito e outros permitem ilustrar a facilidade e flexibilidade de se resolver problemas com este módulo. Outros exemplos podem ser encontrados em [Zhou et al., 2015a].

4.1. EXEMPLO DE USO

O exemplo utilizado para ilustrar o módulo de planejamento do Picat é o de um robô varredor (cleaner) que busca todos os símbolos '@' de sujeira em um ambiente reticulado. Ao encontrar o símbolo '@', este será substituído por '.'. As ações permitidas de movimento a partir de uma célula qualquer pelo agente 'c' são: para cima (up_move), para baixo (down_move), para esquerda (left_move) e para direita (right_move). Estes movimentos são ilustrados na figura 1.

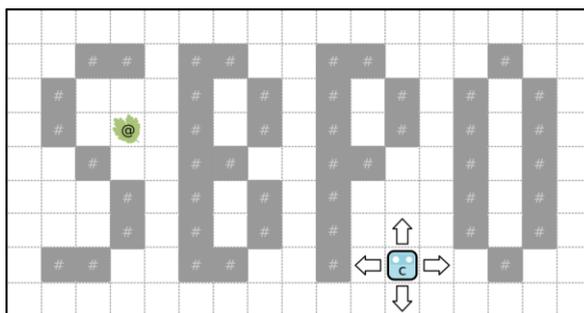


Figura 1: Exemplo de ambiente matricial contendo paredes #, sujeira @, além de um robô varredor 'c' e seus quatro movimentos possíveis.

Caso o agente 'c' encontre '#' em seu próximo movimento, este símbolo equivale a bloqueio de uma parede ou muro, e o próximo movimento não pode se suceder nesta direção.

O agente 'c' também não pode se movimentar além das extremidades dos limites do ambiente (domínio) definido pela entrada.

Um exemplo de entrada neste programa é ilustrado na figura 2, via um arquivo texto que contém a descrição do ambiente.

```

1 9 17
2 . . . . . . . . . . . . . . . .
3 . . # # . # # . . # # . . # . .
4 . # . . . # . # . # . # . # . # .
5 . # . @ . # . # . # . # . # . # .
6 . . # . . # # . . # # . . # . # .
7 . . . # . # . # . # . . . # . # .
8 . . . # . # . # . # . . . # . # .
9 . # # . . # # . . # . c . . # . .
10 . . . . . . . . . . . . . . . .
    
```

Figura 2: Exemplo de uma entrada

Este exemplo tem o número de estados dado por $m \cdot n$, onde m é o número de linhas e n número de colunas nesta matriz. Em cada estado o agente pode ter 4 movimentos possíveis. Logo, o número total de movimentos é dado por $4 \cdot m \cdot n$. Contudo, a complexidade de um plano bem sucedido, vai depender de cada uma das trajetórias possíveis entre um ponto inicial e seu destino, deste agente. Se considerarmos uma distância euclidiana k entre os 2 pontos de origem e destino, uma aproximação ilustrativa, estima-se que a complexidade para este plano é da ordem de $O((4 \cdot m \cdot n)^k)$. Esta complexidade é aproximada para uma linha direta entre 2 pontos com k células entre eles. Como era de se esperar, a complexidade é exponencial para um simples caso em que nenhuma heurística é aplicada e as 4 direções são testadas a cada passo.

Neste exemplo, ao assumir a ausência de informações prévias sobre o ambiente, tem-se que nenhum algoritmo polinomial como o de Dijkstra possa ser aplicado, e a complexidade do plano torna-se PSPACE-hard. Assim heurísticas sobre algoritmos de planos se fazem necessário tornando esta uma das áreas produtivas de pesquisas em algoritmos de buscas. Um plano é construído a partir de buscas exaustivas com ou sem heurísticas. Felizmente, em casos práticos, planos quase-ótimos tem sido encontrados em tempo viável. Ilustra-se o caso do algoritmo simplex, o qual tem o seu pior caso sendo um NP-hard, mas na prática, na maioria dos casos é um algoritmo eficiente [Russell e Norvig, 2010].

4.2. SAÍDA

Os resultados do experimento (planner do Picat) podem ser observados na figura 3.

```
CPU time 0.124 seconds.  
PLAN: [down move, left move, left move, left move, left move, left move,  
left move, left move, up move, up move, up move, up move, up move, left move]  
Total of states: 14  
Total of movements: 13
```

Figura 3: Parte textual final dos resultados da execução do programa.

A execução deste programa ilustra toda trajetória do agente 'c' durante a busca pelos símbolos '@'. Para acompanhar as ações do plano, veja a figura 4.

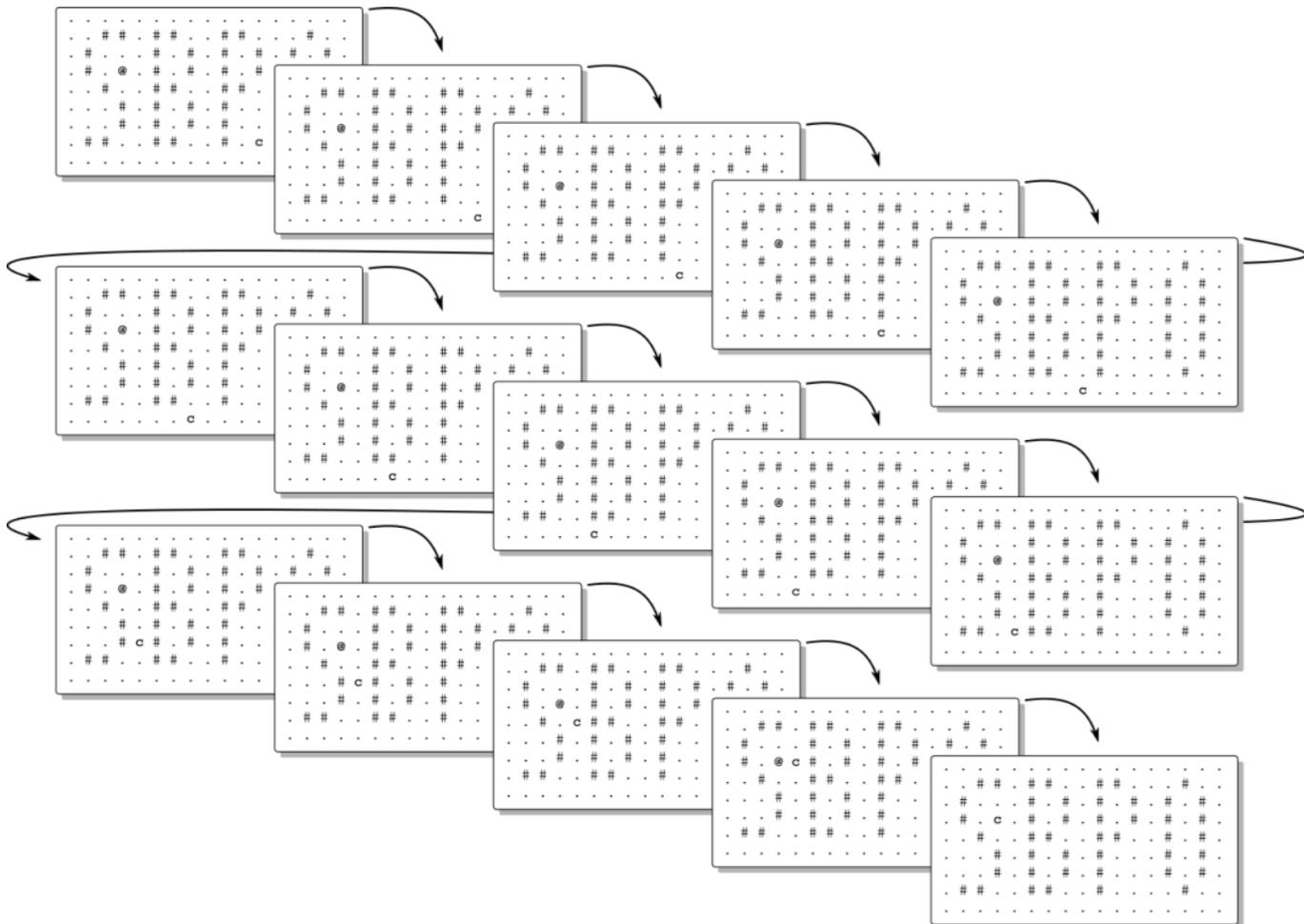


Figura 4: Ações do plano, do estado inicial até o estado final, exibidas, na tela, pelo programa.

O código completo encontra-se

em: https://github.com/claudiosa/CCS/tree/master/picat/sbpo_2017.

4.3. COMENTÁRIOS SOBRE O CÓDIGO

Ao se utilizar o planner do Picat, a importação deste módulo é feita pela linha: `import planner.` [Zhou e Fruhman, 2017] Em seguida há uma cláusula `main` que organiza este código nas seguintes seções:

1. Ler o arquivo de entrada
2. Chamada ao planner
3. Imprimir os resultados.

Há várias cláusulas construídas neste experimento, contudo, para o uso do planner, apenas dois predicados necessitam ser definidos: `final` e `action`. Para este experimento, o código de `final` é dado por:

```
final( Grid ) =>  
    array matrix to list(Grid) = List,  
    not member('@', List ).
```

Basicamente, `final` recebe o estado corrente do sistema, representado pela instância em `Grid` (esta é o tabuleiro completo e suas peças), converte o mesmo para uma lista, a qual é testada com o predicado `member`. Este verifica a não existência de nenhum símbolo '@' no tabuleiro. Quando não ocorrer nenhum símbolo '@' no tabuleiro, o planner apresenta uma resposta.

Quanto a `action`, este modela os propósitos do problema, seguindo os conceitos de pré e pós condição, definidos em planners tais como STRIPS e PDDL. No código aqui desenvolvido foram definidos 4 actions, que são os movimentos do robô cleaner: {←,→,↓,↑}.

Na cláusula `action` são definidos 4 argumentos, que definem em ordem os elementos do planner:

1º argumento:

O estado corrente, no caso deste problema são as posições das barreiras–obstáculos, da sujeira e do agente. Tudo isto é sumarizado pelo variável `tabuleiro` ou `Grid`;

2º argumento:

O novo estado, caso esta ação seja bem-sucedida. Este novo estado segue para o histórico do planner; neste problema é sumarizado pela variável `New_Grid`;

3º argumento:

Define uma ação, neste problema, uma descrição atômica textual era o suficiente. Para as ações possíveis foram definidas por: `down_move`, `left_move`, `up_move`, e `right_move`.

4º argumento:

Define um custo para ação. Importante caso se deseje priorizar e/ou ordenar algumas sub-sequências de ações. Neste problema todas ações eram equiprováveis.

Assim, um exemplo de código para action, que o robô se mova uma célula acima de sua posição corrente (as demais ações seguem a mesma ideia) é dado por:

```
action(Grid, New_Grid, Action, Action_Cost ) ?=>
  /** UP MOVE **/
  Grid TEMP = copy term(Grid),    %% Uma variável temporária
Grid TEMP
  Action_Cost = 1,                %% Define um custo para esta ação
  Action = up_move,              %% Descrição da ação -- para saída
  position c XY( [X,Y], Grid ),  %% Obtém a posição do agente
  %% PRÉ-CONDIÇÕES:
  (X > 1, (Grid[X-1,Y] == '.' ; Grid[X-1,Y]!='@') ),
  %% AÇÕES
  Grid TEMP[X,Y] := '.' ,
  Grid TEMP[X-1,Y] := 'c',
  %% PÓS-CONDIÇÕES
  %% atualização do tabuleiro em New_Grid
  New_Grid = Grid TEMP .
```

Observações:

- A cláusula action é backtrackable, definida por `?=>`, isto significa que se a mesma falhar, outras abaixo desta serão testadas até encontrar uma ação consistente. A vantagem do Picat sob o Prolog, é que seu mecanismo de backtracking é controlável [Zhou e Fruhman, 2017];
- As pré-condições avaliam se a ação é factível. No caso verifica se a direção é permitida, e os limites do tabuleiro;
- A ação neste exemplo é dado por: se célula está livre um movimento é possível, caso haja sujeira '@', igualmente possível;
- A pós-condição, é a atualização em `New_Grid` pelo movimento ou ação causada pelo robô.

Os detalhes de instanciações e casamento de variáveis seguem a programação em lógica. As atribuições existentes são mecanismos disponíveis no Picat a fim de dar legibilidade de código [Zhou e Fruhman, 2017].

5. Conclusões

A linguagem Picat é jovem (menos de 4 anos), porém oferece um avanço significativo desde seu principal antecessor, o Prolog [Scott, 2000]. A linguagem Prolog tem sido largamente utilizada na indústria e academia, sendo que outras linguagens a sucederam buscando aprimoramentos a partir desta, tais como: Mercury, Erlang, Oz, Goedel e Curry [Sestoft, 2012; Sebesta, 2003; Tate, 2010]. Contudo, cada uma destas linguagens tiveram seus objetivos bem definidos, enquanto Picat é de propósito geral, portátil e multiparadigma quanto a sua sintaxe [Zhou et al., 2015b].

Neste artigo, a linguagem Picat foi apresentada com o objetivo de ser utilizada na área de PO, haja vista que a mesma apresenta módulos para áreas de programação por restrições, planejamento e problemas SAT. Além de apresentar a sintaxe desta linguagem via exemplos, a área de planejamento é revisada sob a visão da IA.

Como motivação do uso desta linguagem em planejamento, destacam-se:

- A flexibilidade de implementação que uma linguagem de programação oferece frente aos solvers utilizados na área de PO;
- Linguagens orientadas a modelos, tais como Minizinc, Cometa, etc, são eficazes na descrição precisa dos modelos e seu uso com solvers. Contudo, não resolvem problemas que envolvam a dinâmica de ações versus estados, um inicial, intermediários e finais;
- Enquanto linguagens de modelagem utilizam uma representação fatorada do problema, em Picat a representação é estruturada [Zhou et al., 2015a];
- A linguagem enfatiza uma visão moderna e controlável quanto ao seu mecanismo de backtracking, tornando-o mais legível, motivado pela clareza de construir regras declarativas para predicados e funções.

Assim, Picat demonstra um potencial de uso devido uma variedade de características dos diversos paradigmas de programação, módulos prontos para problemas da PO, com suporte à solvers externos. Além desta disponibilidade como front-end para alguns solvers, neste

artigo ilustra-se o uso do módulo do seu próprio planner. Neste quesito, o planner do Picat torna-o atrativo como uma linguagem de uso a PO, combinatória, IA, pois apresenta flexibilidade e legibilidade.

REFERÊNCIAS

Agre, P. E. e Chapman, D. (1991). What are plans for. In Maes, P., editor, *Designing Autonomous Agents - Theory and Practice from Biology to Engineering and Back*, Special Issues of Robotics and Autonomous Systems, p. 17–34. Bradford Book - MIT Press.

Agre, P. E. (1995). Computational research on interaction and agency. *Artificial Intelligence*, 72:1–52.

Enderton, H. (2001). *A Mathematical Introduction to Logic*. Harcourt/Academic Press. ISBN 9780122384523.

George Miller, E. G. e Pribam, K. (1960). *Plans and the Structure of Behavior*. Holt, New York. Apud in Agre [1995].

Kowalski, R. A. (1974). Predicate logic as programming language. In *IFIP Congress'74*, p. 569–574. Russell, S. J. e Norvig, P. (2010). *Artificial Intelligence - A Modern Approach* (3. internat. ed.). Pearson Education. ISBN 978-0-13-207148-2.

Scott, M. L. (2000). *Programming Language Pragmatics*. Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco, CA, USA. ISBN 1-55860-442-1.

Sebesta, R. (2003). *Conceitos de Linguagens de Programação*. Bookman Editora. ISBN 9788536301716.

Sestoft, P. (2012). *Programming Language Concepts*. Undergraduate Topics in Computer Science. Springer London. ISBN 9781447141563.

Tate, B. A. (2010). *Seven Languages in Seven Weeks: A Pragmatic Guide to Learning Programming Languages*. Pragmatic Bookshelf, 1st edition. ISBN 193435659X, 9781934356593.

Wilkins, D. (1983). *Domain-independent planning: Representation and plan generation*. Technical Report Technical Note No. 266R, SRI International, Artificial Intelligence Center, Computer Science and Technology Division, 333 Ravenswood Ave., Menlo Park, CA 94025. The research reported herein was supported by the Air Force Office of Scientific Research, Contract F4920-79-C0188, SRI Project 8871.

Zhou, N., Barták, R., e Doherty, A. (2015a). Planning as tabled logic programming. *CoRR*, abs/1507.03979.

Zhou, N. e Fruhman, J. (2017). A user's guide to Picat. Internet. http://picat-lang.org/download/picat_guide.pdf, acessada: 29 de abril de 2020.

Zhou, N., Kjellerstrand, H., e Fruhman, J. (2015b). Constraint Solving and Planning with Picat. Springer Briefs in Intelligent Systems. Springer. ISBN 978-3-319-25881-2.

Capítulo 20

PROPENSÃO À CRIMINALIDADE EM MUNICÍPIOS DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO, BRASIL: UM ESTUDO UTILIZANDO INDICADORES ECONÔMICOS E SOCIAIS E MÉTODOS ESTATÍSTICOS MULTIVARIADOS.

[DOI: 10.37423/200500809](https://doi.org/10.37423/200500809)

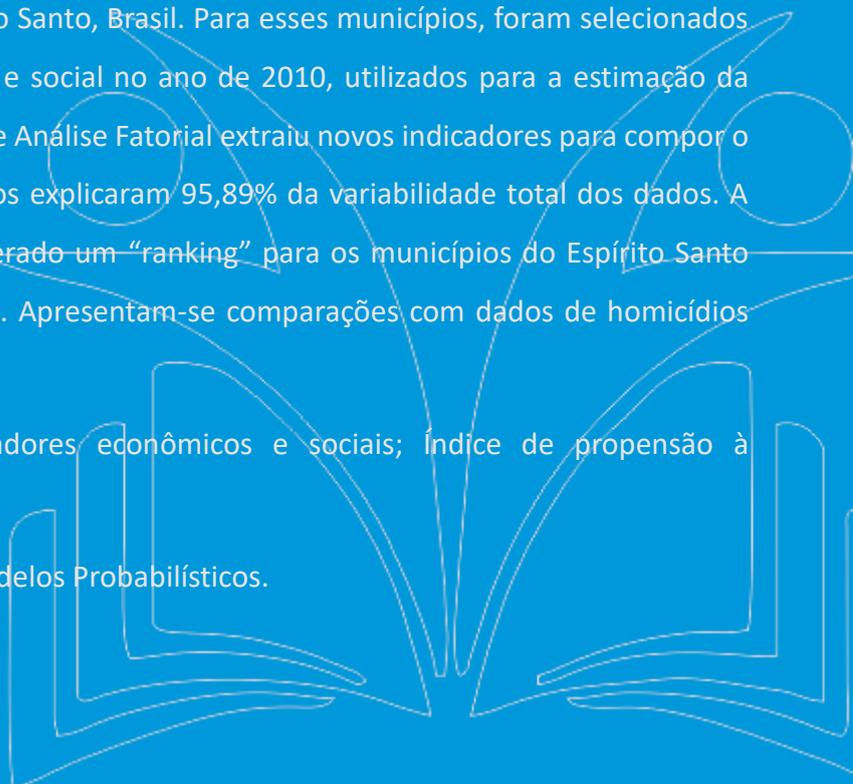
Antonio Fernando Pêgo e Silva (DEST-UFES) - pegoesilva@gmail.com

Philippe Verdan Barreto (Estatístico) - philipe_verdan@hotmail.com

RESUMO: O artigo utiliza ferramentas estatísticas e variáveis econômicas e sociais, com o propósito de corroborar resultados existentes e/ou identificar novos indicadores relacionados à confecção de um Índice de Propensão à Criminalidade. Além disso, usa combinações de tais indicadores para classificação de municípios quanto à propensão à criminalidade. O cenário do estudo foi formado pelos 78 municípios do Estado do Espírito Santo, Brasil. Para esses municípios, foram selecionados cinco indicadores de âmbito econômico e social no ano de 2010, utilizados para a estimação da “propensão à criminalidade”. A técnica de Análise Fatorial extraiu novos indicadores para compor o índice a ser elaborado. Os fatores obtidos explicaram 95,89% da variabilidade total dos dados. A partir deles, os novos indicadores, foi gerado um “ranking” para os municípios do Espírito Santo quanto a sua propensão à criminalidade. Apresentam-se comparações com dados de homicídios fornecidos por instituições oficiais.

Palavras-chave: Análise fatorial; Indicadores econômicos e sociais; Índice de propensão à criminalidade.

Área Principal: EST - Estatística; MP - Modelos Probabilísticos.



1. INTRODUÇÃO

Devido aos alarmantes índices de criminalidade, os estudos sobre sua mensuração são altamente relevantes para a elaboração de novas políticas públicas no país. Contudo, construir um índice preciso é difícil por conta dos diversos fatores que influem no avanço da criminalidade. Segundo Gonçalves et al (2010), desde 2005 os índices de criminalidade foram significativamente afetados pela educação. Dessa forma, salienta-se que investimento em educação seria o principal caminho para reduzir os níveis de violência, pois indivíduos que possuem melhores níveis educacionais estariam menos propensos ao envolvimento com a criminalidade. À época, 75,0% dos brasileiros não tinham domínio pleno da leitura, índice semelhante ao de países subdesenvolvidos. A mesma tendência pode ocorrer com municípios de baixa renda per capita, pois essa situação pode ser causada por um contingente expressivo de indivíduos desprovidos de ocupação.

Quando emergem as crises econômicas, a criminalidade também é instigada. Os indicadores econômico-sociais, a saúde e a política são, por exemplo, estimuladores que influenciam o poder de decisão do indivíduo que tende para a delinquência. A criminalidade aparece em todas as civilizações e integra o mundo atual, tanto nas grandes cidades, quanto nos lugares mais isolados. Sendo o crime obra do homem, passou-se a considerar várias ciências que contribuem para o conhecimento da personalidade humana (sociologia, psicologia, psiquiatria, antropologia, etc.), passando a serem estudados e pesquisados os fenômenos criminosos como manifestação das características sociais da criminalidade (GARRIDO, 2006).

Visando abordar essa problemática, o presente trabalho tem como objetivo geral avaliar os 78 municípios do Estado do Espírito Santo, desejando-se obter respostas para um diagnóstico das cidades mais propensas à criminalidade. Para esses municípios, foram selecionados cinco indicadores de âmbito econômico e social no ano de 2010. Estes indicadores serão trabalhados e combinados por intermédio de técnicas estatísticas multivariadas.

Especificamente, espera-se obter através da Análise Fatorial uma possível composição de indicadores econômicos e sociais, denominados fatores, que sejam importantes para mensurar aspectos que esboçam a criminalidade nos municípios. Além disso, objetiva-se elaborar uma “ferramenta estatística” que seja capaz de combinar tais fatores com o

propósito de criar critérios para a classificação dos municípios selecionados quanto à sua Propensão à Criminalidade.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Segundo alguns especialistas, os fatores sociais e econômicos que se destacam como possíveis geradores da criminalidade são:

- **Educação:** Além de sua essencial importância para o desenvolvimento humano, é um fator indispensável para evitar e diminuir a criminalidade. Políticas eficientes direcionadas à educação contribuirão de sobremaneira para o crescimento cultural de uma população, além de favorecer a formação de laços sociais, profissionais e qualidade de vida. O Estado e todos nós devemos investir na educação, pois ela é essencial para o convívio em harmonia, paz, tolerância e respeito com os demais.
- **Desemprego:** Segundo alguns especialistas, o desemprego tem relação direta com a criminalidade. Quando o jovem busca o primeiro emprego no mercado formal de trabalho e não obtém êxito, sua autoestima o instiga a procurar outras maneiras de conseguir espaço na sociedade. Desta necessidade, surge a relação direta com o aumento da criminalidade, pois um indivíduo em formação torna-se mais vulnerável¹.
- **Urbanização:** i) Leal e Piedade Jr (2003) descrevem a relação das grandes cidades com a violência e a criminalidade. Especialmente em grandes centros urbanos, o contínuo incremento da criminalidade nos crimes cotidianos configura-se como aspecto representativo e problemático da atual organização da vida social, manifestando-se nas diversas esferas da sociedade (IJSN, 2010). Estudos recentes nessa área têm se concentrado de forma crescente em centros urbanos, explicado pelo fato de grandes questões sociais estarem localizadas principalmente nas grandes cidades (WAISELFISZ, 2010); ii) Segundo Glaeser e Sacerdote (1999), a facilidade de fuga e a difícil identificação do criminoso incentiva a criminalidade em áreas mais densamente povoadas. A urbanização, e o enfraquecimento das relações tradicionais são apontados como alguns dos responsáveis pela criação de ambiente favorável ao crescimento de atividades delituosas (RESENDE, 2007). Contudo, a nível local, nos bairros e vizinhanças das cidades, essa relação pode ser complexa, marcada por paradoxos e variáveis intervenientes (LIMA, 2008).
- **Pobreza:** Conforme Martins (2005), a alta incidência de pessoas pobres entre os presos pode ser explicada de duas maneiras. Uma delas é o sistema policial e judicial altamente

discriminatório: pessoas que possuem bens (a maioria de etnia branca) raramente são levadas a julgamento e, quando condenadas, quase nunca cumprem a pena determinada. Outra explicação aponta para as dificuldades do homem negro e pobre em escolher seu destino em meio às condições adversas, encaminhando-se muitas vezes pelo caminho da criminalidade.

- Renda per capita: A renda per capita é uma variável diretamente ligada à propensão à criminalidade. Esta variável indica que indivíduos, em geral, por não terem uma expectativa de aumento do padrão de vida através de atividades legais, têm incentivos a cometerem crimes. A renda per capita é negativamente correlacionada com a atividade criminosa (KUME, 2004).

A criminalidade no Espírito Santo está fortemente ligada aos Crimes Letais. Este termo agrupa as modalidades de infrações do código penal que se materializam mediante o uso da força ou coerção, contra a integridade física da vítima. Utilizou-se como critério a definição de acordo com a Portaria Nº 048-R, de 07.07.2010, divulgada pela Secretaria Estadual de Segurança Pública e Defesa Social do Espírito Santo. Crimes Letais (“CL's”): Homicídios, Latrocínio, Lesão Corporal seguida de morte e Confrontos com a Polícia².

Na Figura 1, é possível acompanhar a evolução anual da variável “Crime Letal”, no período de 2001 a 2010, utilizando-se valores absolutos e taxas por 100 mil habitantes. É perceptível que a série temporal apresenta um crescimento no número de casos, sendo que no último ano há uma redução de ocorrências. Quando observada a série histórica das taxas, percebe-se que não há variação significativa em escala ao longo do tempo, exceto para 2008 e 2009, quando houve ligeira elevação.

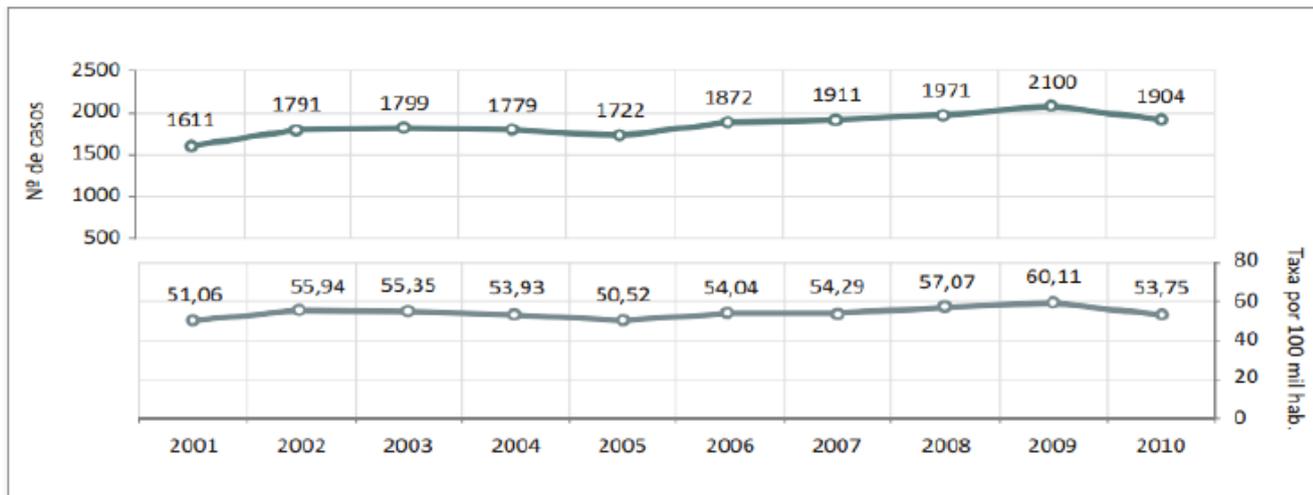


Figura 1: Crimes letais no Espírito Santo de 2001 a 2010 (Nº de casos e taxa por 100 mil habitantes)

Fonte: Crimes letais (GEAC/SESP); População (DATASUS); IJSN (2011).

Para ser comprovada uma efetiva redução tanto nos números absolutos, quanto nas taxas de “CL’s”, essa inversão de tendência observada em 2010 deve ser consolidada no médio ou longo prazo. Nesta primeira década do século XXI, foi registrada no ES uma média anual de 1.846 “CL’s”. No mesmo período, a média anual das taxas foi de 54,6 “CL’s” por 100 mil habitantes³.

A distribuição dos “CL’s” por quadrimestre, no período de 2001 a 2010, revela que o homicídio tem maior significância em relação aos demais crimes que compõem o indicador de Crimes Letais. Em 2009 e 2010, respectivamente, os homicídios representaram 96,9% e 97,0% do total de “CL’s” registrados no estado do Espírito Santo⁴.

A Figura 2 apresenta as taxas de Crimes Letais para o ano de 2010. Observa-se que os municípios de Pedro Canário, Conceição da Barra, Jaguaré, Fundão e Serra computaram taxas de Crimes Letais variando entre 89,8 a 112,3 ocorrências por 100 mil habitantes. Nesse mesmo ano, os municípios de Mantenópolis, São Mateus, Sooretama, Vila Valério e Viana registraram taxas de “CL’s” variando entre 67,3 a 89,8 casos por 100 mil habitantes.

Os municípios de Pedro Canário, Conceição da Barra, Jaguaré, São Mateus, Vila Valério e Sooretama formaram um grupo espacial na porção nordeste do estado com taxas entre intermediárias e altas de “CL’s”, enquanto Fundão, Serra e Cariacica consolidaram um conjunto com características semelhantes na Região Metropolitana da Grande Vitória.

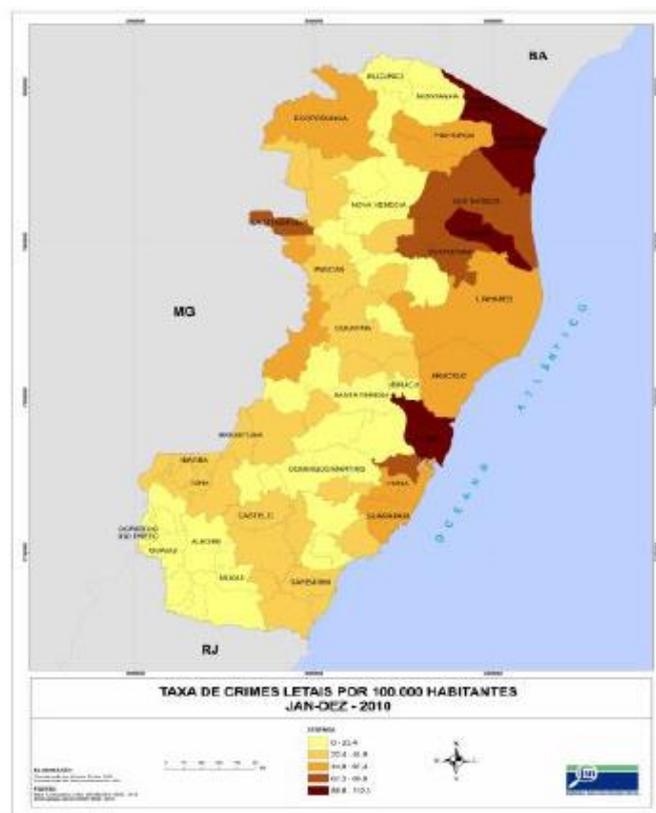


Figura 2: Mapa da Taxa de Crimes Letais, janeiro a dezembro (1º, 2º e 3º quadrimestre) de 2010.

3. METODOLOGIA

3.1 VARIÁVEIS UTILIZADAS

A amostra deste estudo foi extraída das bases de dados IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). O ano de referência utilizado foi 2010, pois é o mais recente com esses dados disponíveis. Foram analisados todos os 78 municípios do estado do Espírito Santo, com exceção do município de “Governador Lindenberg” (justificável pela ausência de informações em algumas variáveis utilizadas).

Na Tabela 1, são apresentadas as variáveis coletadas, as unidades de medidas originais, as unidades de medidas utilizadas por Silva et. al. (2012) e sua relação com a propensão à Criminalidade.

Tabela 1: Classificação dos Indicadores Originais.

Variável	Unidades de medida Originais	Unidades de medida usadas por Silva et. al. (2012)	Relação com a propensão à criminalidade
Renda <i>per capita</i>	Reais	Reais	Negativa
População urbana	Absoluto	Percentual	Positiva
Taxa de analfabetismo funcional	Percentual	Percentual	Positiva
População não economicamente ativa (PNEA)	Absoluto	Percentual	Positiva
Índice de pobreza	Percentual	Percentual	Positiva

3.2 ÍNDICE DE PROPENSÃO À CRIMINALIDADE

O índice consiste em avaliar um município quanto a sua propensão ao crime por intermédio de uma medida matemática-estatística. A partir da Análise Fatorial dos índices propostos por Silva et al. (2012), utilizam-se as cargas de cada variável (“loading”) para obter o “escore” de cada município. Obtidos os escores, o Índice de Propensão à Criminalidade, *IC*, segue, à semelhança, a fórmula utilizada para a estimativa do índice de Desenvolvimento Humano (IDH), transformando os indicadores em índices intermediários (ONU/PNUD)⁵. O índice proposto de cada município é dado por:

$$I_{ij} = \frac{[Y_{ij} - \text{MIN}(Y_{.j})]}{[\text{MAX}(Y_{.j}) - \text{MIN}(Y_{.j})]}$$

onde:

- *i*: item que identifica qual município está em estudo
- *j*: identifica qual fator de *I* está em análise
- *Y_{ij}*: escore do município *i* observado no fator *j*
- *MIN*(*Y_{.j}*): escore mínimo apresentado pelo fator *j*
- *MAX*(*Y_{.j}*): escore máximo apresentado no fator *j*

Se forem obtidos mais de um fator explicativo, e não todas as variáveis em um único fator propõem-se utilizar a média ponderada dos escores, cujos pesos serão os percentuais de variância explicada por cada fator, representados neste caso por θ_j . Os municípios cujos “índices de propensão à criminalidade” estão próximos de um, são considerados mais

propensos, e aqueles cujos índices estão próximos de zero, são considerados menos propensos à criminalidade.

O valor do IC é calculado da seguinte forma:

$$IC = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \theta_j \frac{[Y_{ij} - MIN(Y_{.j})]}{[MAX(Y_{.j}) - MIN(Y_{.j})]}$$

onde:

- i : item que identifica qual município está em estudo
- j : identifica qual fator de I está em análise
- Y_{ij} : escore do município i observado no fator j
- $MIN(Y_{.j})$: escore mínimo apresentado pelo fator j
- $MAX(Y_{.j})$: escore máximo apresentado no fator j
- θ_j : percentual de variância explicada pelo fator j .

Resultados

4.1 ANÁLISE FATORIAL

A Análise Fatorial foi incluída nesse estudo com a finalidade de encontrar uma composição de indicadores que sirvam para a elaboração de um índice de propensão à criminalidade ou para ratificação de indicadores identificados em outros trabalhos. Gouvêa et al. (2011) não referencia como premissa subjacente ao uso da técnica o número de variáveis a serem analisadas, mas vale ressaltar que o tamanho amostral deve ser maior do que cinco vezes o número de variáveis, conforme Hair (2009). A primeira etapa da análise consiste em checar a adequação da técnica fatorial aos dados. Tal situação pode ser verificada através da estatística de “Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)” (quanto maior do que 0,5, maior a evidência de que a proporção da variância dos dados poderá ser atribuída a um fator comum) e do teste de “esfericidade de Bartlett” (que avalia se a matriz de correlação dos dados não é uma matriz identidade, permitindo concluir se há correlação entre as variáveis).

Pela Tabela 2, verifica-se que as variáveis na forma proposta por Silva et al. (2012) não estão adequadas à técnica de Análise Fatorial, por conta da estatística de KMO ser menor do que

0,5. Optou-se, então, por utilizar essas mesmas variáveis, mas em sua escala original para prosseguir com a análise.

Tabela 2: Resultados dos testes KMO e Bartlett para adequação dos dados propostos por Silva et al. (2012) referentes à propensão à criminalidade.

Medida de Adequação da amostra	Kaiser-Meyer-Olkin	0,374
Teste de Esfericidade de Bartlett's	Qui-Quadrado Aproximado	145,760
	Graus de Liberdade	10
	P-valor	0,000

Com os dados na formatação original, verifica-se na Tabela 3 um valor para a estatística-teste “KMO” próximo de 0,6 e “p-valor” para a estatística-teste de “Bartlett” mostrando evidências a favor da hipótese de correlação entre as variáveis. Então, as premissas iniciais de adequação dos dados a análise fatorial foram atendidas.

Tabela 3: Resultados dos testes KMO e Bartlett para adequação dos dados originais referentes à propensão à criminalidade.

Medida de Adequação da amostra	Kaiser-Meyer-Olkin	,597
Teste de Esfericidade de Bartlett's	Qui-Quadrado Aproximado	497,931
	Graus de Liberdade	10
	P-Valor	,000

Na Tabela 4, apresentam-se as estimativas da variância compartilhada entre as variáveis, ou seja, as “comunalidades” entre as mesmas. Constata-se que elas são altas para quase todas, com exceção da “renda per capita”, que extraiu apenas 0,154 de “comunalidade”. Logo, a análise teve de ser refeita desconsiderando esta variável.

Tabela 4: “Comunalidades” entre os índices originais.

Índicadores	Extração
População Urbana	0,989
População não economicamente ativa	0,989
Renda per capita	0,154
Índice de Pobreza	0,919
Taxa de Analfabetismo	0,884

A exclusão de “renda per capita” não alterou as condições favoráveis para se realizar a Análise Fatorial. Como pode ser verificado na Tabela 5, a “estatística-teste KMO” para o modelo com as quatro variáveis restantes foi de 0,580 e a “esfericidade de Bartlett” teve um p-valor igual a zero.

Tabela 5: Resultados dos testes KMO e Bartlett para adequação dos dados originais referentes à criminalidade com exceção do índice Renda per capita.

Medida de Adequação da amostra		
Kaiser-Meyer-Olkin		,580
Teste de Esfericidade de Bartlett's	Qui-Quadrado Aproximado	495,083
	Graus de Liberdade	6
	P-Valor	,000

As “comunalidades” para os indicadores “população urbana”, “população não economicamente ativa”, “índice de pobreza” e “taxa de analfabetismo” tiveram seus valores aumentados e todos os novos valores são superiores a 0,900. Isto pode ser verificado na Tabela 6.

Tabela 6: “Comunalidades” entre os índices criminais originais com exceção do índice Renda per

capita.		
Indicadores	Extração	
População Urbana	,995	
População não economicamente ativa	,995	
Índice de Pobreza	,939	
Taxa de Analfabetismo		,907

Na Tabela 7, vemos que com os dois primeiros fatores, aproximadamente 96,0% da variância contida nos dados é explicada (com autovalores maiores que um). Logo, dois fatores são suficientes para a análise.

Tabela 7: Total da Variância Explicada para os dados de criminalidade originais com exceção do índice Renda per capita.

Componentes	Autovalores Iniciais			Extração da Soma de Quadrado das Cargas rotacionadas		
	Total	% da Variância	Acumulada %	Total	% da Variância	Acumulada %
1	2,664	66,599	66,599	2,108	52,712	52,712
2	1,172	29,293	95,891	1,727	43,180	95,891
3	0,162	4,048	99,939			
4	0,002	0,061	100,000			

A Tabela 8 dispõe os fatores “rotacionados” obtidos na análise. O primeiro fator, formado pelos índices “população urbana” e “população não economicamente ativa”, foi nomeado “Índice de Desemprego e Urbanização”. O Espírito Santo apresentou um aumento em seu

grau de urbanização, chegando a 82,6% da população. A população não economicamente ativa cresceu 15,2% entre 2001 e 2009, e cerca de 86,0% desses indivíduos se concentravam na área urbana (IJSN, 2011).

Do ponto de vista social, este novo indicador fornece a ideia de que um município com uma população urbana elevada tende a possuir maior número de desempregados que, conseqüentemente, compõem a população não economicamente ativa. Isso ocorre devido à migração para os grandes centros urbanos em busca de melhor qualidade de vida. No entanto, a falta de qualificação e oportunidades tornam os migrantes com menores oportunidades a exercer atividades remuneradas. Um cidadão nessas circunstâncias está mais suscetível a se envolver em crimes, por falta de alternativas.

O segundo fator, formado pelo “índice de pobreza” e a “taxa de analfabetismo”, pode ser nomeado por “Índice de Promoção Social”. A taxa de analfabetismo e o índice de pobreza no estado decaíram no período de 2001 a 2009 (IJSN, 2011). Apesar da redução, nesse contexto, o indicador proposto traduz a relação de que pessoas menos favorecidas, relatado no índice de pobreza, possuem menos oportunidades, trabalham mais cedo e têm menos tempo para se dedicarem aos estudos. Um município com maior taxa de analfabetismo tende a apresentar um maior índice de pobreza.

Tabela 8: Matriz de fatores rotacionados para os dados de criminalidade originais com exceção do índice Renda per capita.

Índices	Fator	
	1	2
População urbana	,983	-,169
População não economicamente ativa	,982	-,174
Índice de pobreza	-,025	,969
Taxa de analfabetismo	-,421	,854

4.2 ÍNDICES DE PROPENSÃO À CRIMINALIDADE DOS MUNICÍPIOS DO ES

O cálculo dos índices de propensão à criminalidade dos municípios, conforme o modelo na seção 3.2, mostra que certos municípios pertencentes à Microrregião da Grande Vitória (Serra, Vila Velha, Cariacica e Vitória) possuem um alto índice de propensão à criminalidade em relação aos demais. Destaca-se que essa situação já era esperada, uma vez que o índice de propensão à criminalidade foi originado através de variáveis que já apresentavam “valores discrepantes” para esses municípios. O ranking completo dos 77 municípios avaliados, juntamente com seus “Índices”, encontra-se na Tabela 9.

Tabela 9: Ranking dos Índices de Propensão à Criminalidade (IPC) dos Municípios do Estado do Espírito Santo,

Ranking	Município	IPC	Ranking	Município	IPC
1º	Serra	0,8048	40º	Viana	0,2012
2º	Vila Velha	0,7091	41º	Jerônimo Monteiro	0,1996
3º	Cariacica	0,7016	42º	São Gabriel da Palha	0,1919
4º	Vitória	0,5009	43º	Água Branca	0,1864
5º	Ponto Belo	0,4113	44º	Afonso Cláudio	0,1862
6º	Mantenópolis	0,3959	45º	Mimoso do Sul	0,1828
7º	Cachoeiro de Itapemirim	0,3756	46º	Rio Bananal	0,1704
8º	Linhares	0,3693	47º	Vila Pavão	0,1677
9º	Montanha	0,3646	48º	Alegre	0,1646
10º	Pedro Canário	0,363	49º	Itapemirim	0,1513
11º	Pinheiros	0,3576	50º	Piúma	0,1511
12º	Ecoporanga	0,3382	51º	São José do Calçado	0,1453
13º	Ibatiba	0,3361	52º	São Domingos do Norte	0,1442
14º	Água Doce do Norte	0,3254	53º	Santa Leopoldina	0,1391
15º	Sooretama	0,3156	54º	Fundão	0,1299
16º	Barra de São Francisco	0,3098	55º	Vargem Alta	0,1111
17º	São Mateus	0,2968	56º	Marataizes	0,1087
18º	Brejetuba	0,2871	57º	Rio Novo do Sul	0,1054
19º	Pancas	0,2827	58º	Santa Maria de Jetibá	0,1048
20º	Ibitirama	0,2758	59º	Muqui	0,1029
21º	Colatina	0,2727	60º	Domingos Martins	0,0893
22º	Apiacá	0,2707	61º	Itaguaçu	0,0892
23º	Conceição da Barra	0,2639	62º	Conceição do Castelo	0,0851
24º	Mucurici	0,2636	63º	Ibiraçu	0,083
25º	Guarapari	0,2546	64º	Laranja da Terra	0,0821
26º	Boa Esperança	0,2429	65º	Atilio Vivacqua	0,0759
27º	Iúna	0,2422	66º	Bom Jesus do Norte	0,075
28º	Baixo Guandu	0,242	67º	João Neiva	0,0685
29º	Jaguare	0,2409	68º	Alfredo Chaves	0,0612
30º	Presidente Kennedy	0,2333	69º	Castelo	0,0596
31º	Muniz Freire	0,2332	70º	Anchieta	0,0492
32º	Aracruz	0,2323	71º	Marechal Floriano	0,0414
33º	Irupi	0,2321	72º	Venda Nova do Imigrante	0,0398
34º(*)	Alto Rio Novo	0,2316	73º	São Roque do Canaã	0,0332
35º	Vila Valério	0,2143	74º	Marilândia	0,0322
36º	Divino de São Lourenço	0,2105	75º	Itarana	0,0294
37º	Guaçuí	0,2097	76º	Santa Teresa	0,0212
38º	Dores do Rio Preto	0,206	77º	Iconha	0,0109
39º	Nova Venécia	0,2042			

(*) A linha dupla na tabela representa a posição do índice médio de propensão à criminalidade ($IC=0,2168$).

Ao se utilizar a média dos índices de propensão à criminalidade dos municípios do estado do Espírito Santo, como critério de divisão desses, obtêm-se dois grupos de classificação. Os municípios abaixo da média podem ser considerados como menos propensos e os acima da média, como mais propensos à criminalidade, conforme a linha divisória dupla na Tabela 9. A média dos índices de criminalidade foi de 0,2168, resultando em 34 municípios mais propensos (acima da média) e 43 menos propensos à criminalidade (abaixo da média).

As demais linhas divisórias na Tabela 9 correspondem às diferentes magnitudes dos valores dos Índices de Propensão à Criminalidade dos municípios. Poderia ser um critério estatístico de classificação desses municípios quanto à sua propensão à criminalidade.

4.3 COMPARAÇÃO ENTRE OS DADOS DE HOMICÍDIOS E OS ÍNDICES DE PROPENSÃO À CRIMINALIDADE DOS MUNICÍPIOS DO ES

Além da falta de dados para as variáveis do município de Governador Lindeberg (dados do IBGE), não estão disponíveis no banco de dados do DATASUS e SESP-ES, os registros de homicídios desagregados para os municípios do Espírito Santo no ano de 2010. Portanto, utilizaram-se os dados de homicídios do ano de 2011, como exemplo ilustrativo e com o propósito de se fazer comparações. Observe-se que a taxa por 100.000 habitantes é mais adequada e mais usada do que o número absoluto de homicídios, já que apresenta um valor relativo ao tamanho da população.

Com propósito de ilustração, dividiram-se os 78 municípios do Estado do Espírito Santo em três grupos de iguais tamanhos. Uma divisão não estatística, apenas algébrica. Colocando-se lado-a-lado, os dois tipos de classificação: os Homicídios encontrados nos registros oficiais e os Índices de Propensão à Criminalidade, obtidos no presente estudo.

Nesse caso, foram formados dois grupos de 26 municípios cada um e um grupo de 24 municípios (devido à falta dos dados de homicídios de dois municípios). Com essa divisão foi possível obter um grupo de “Municípios Mais Propensos à Criminalidade” e um grupo de “Municípios Menos Propensos à Criminalidade”, formando os extremos das classificações do “ranking” de propensão à criminalidade, e um grupo de “Média Propensão à Criminalidade” para os municípios na faixa central de classificação. Chama-se novamente a atenção de que não se trata de uma divisão “estatística”, apenas ilustrativa.

Observe-se, através dos resultados apresentados na Tabela 10, que o mais importante não é acertar a ordem dos municípios nos grupos de classificação, mas sim, verificar se entre aqueles que registraram as “maiores taxas de homicídios por 100.000 habitantes” estão os municípios classificados como “Mais Propensos à Criminalidade”. O mesmo vale para se verificar se entre aqueles que apresentaram as “menores taxas de homicídios por 100.000 habitantes” estão os municípios classificados como “Menos Propensos à Criminalidade”. Na Tabela 10, também se pode observar o Índice Médio de Propensão à Criminalidade para os

77 municípios do estudo, $IC=0,2168$, bem como a linha divisória para uma possível classificação nesses dois grupos.

Utilizou-se o seguinte procedimento de checagem: se o município cujas taxas de homicídios correspondam às mais altas (primeiro grupo) tinha sido classificado como “Mais Propenso à Criminalidade” ele recebeu um rótulo “S”, “sim” pertence ao Grupo 1; se esse município tinha sido classificado como pertencente ao Grupo 2 ou Grupo 3, ele recebeu um rótulo de “G2” ou “G3”. O mesmo foi feito para a checagem dos municípios com as mais baixas taxas de homicídios (terceiro grupo) e aqueles que tinham sido classificados como “Menos Propensos à Criminalidade”.

Tabela 10: Comparação entre os Resultados Reais de Homicídios e os Índices de Propensão à Criminalidades Obtidos.

Homicídios por 100.000 habitantes			Classificação Grupos	Índice de Propensão à Criminalidade		
Posição	Município	Ano 2011		Ranking	Ano 2010	Município
1	Pinheiros	99,614	S	1°	0,8048	Serra
2	Sooretama	94,763	S	2°	0,7091	Vila Velha
3	Serra	93,503	S	3°	0,7016	Cariacica
4	Pedro Canário	75,204	S	4°	0,5009	Vitória
5	Baixo Guandu	68,545	G2 (28°)	5°	0,4113	Ponto Belo
6	Cariacica	64,458	S	6°	0,3959	Mantenópolis
7	São Mateus	58,848	S	7°	0,3756	Cachoeiro de Itapemirim
8	Vitoria	56,576	S	8°	0,3693	Linhares
9	Barra de São Francisco	53,811	S	9°	0,3646	Montanha
10	Conceição da Barra	52,448	S	10°	0,363	Pedro Canário
11	Vila Velha	52,399	S	11°	0,3576	Pinheiros
12	Linhares	52,262	S	12°	0,3382	Ecoporanga
13	Jaguaré	51,849	G2 (29°)	13°	0,3361	Ibatiba
14	Guarapari	50,665	S	14°	0,3254	Água Doce do Norte
15	Vila Valério	50,626	G2 (35°)	15°	0,3156	Sooretama
16	São Domingos do Norte	49,776	G2 (52°)	16°	0,3098	Barra de São Francisco
17	Ibatiba	48,653	S	17°	0,2968	São Mateus
18	Aracruz	46,902	G2 (32°)	18°	0,2871	Brejetuba
19	Fundão	46,152	G3 (54°)	19°	0,2827	Pancas
20	Ecoporanga	43,189	S	20°	0,2758	Ibitirama

21	Água Doce do Norte	42,750	S	21°	0,2727	Colatina
22	Viana	42,496	G2 (40°)	22°	0,2707	Apiacá
23	Pancas	41,597	S	23°	0,2639	Conceição da Barra
24	Colatina	40,024	S	24°	0,2636	Mucurici
25	Mantenópolis	36,440	S	25°	0,2546	Guarapari
26	Mucurici	35,480	S	26°	0,2429	Boa Esperança
27	Boa Esperança	35,115	Ic Médio: 0,2168	27°	0,2422	Iúna
28	Ibitirama	33,565		28°	0,242	Baixo Guandu
29	Brejetuba	33,520		29°	0,2409	Jaguaré
30	Iúna	29,174		30°	0,2333	Presidente Kennedy
31	Itaguaçu	28,355		31°	0,2332	Muniz Freire
32	Piúma	27,227		32°	0,2323	Aracruz
33	Cachoeiro de Itapemirim	26,696		33°	0,2321	Irupi
34	Ibiraçu	26,648		34°	0,2316	Alto Rio Novo
35	Conceição do Castelo	25,551		35°	0,2143	Vila Valério
36	Irupi	25,361		36°	0,2105	Divino de São Lourenço
37	Guaçuí	21,403		37°	0,2097	Guaçuí
38	Águia Branca	21,024		38°	0,206	Dores do Rio Preto
39	João Neiva	18,930		39°	0,2042	Nova Venécia
40	Governador Lindenberg	18,198		40°	0,2012	Viana
41	Anchieta	16,485	41°	0,1996	Jerônimo Monteiro	
42	Santa Leopoldina	16,363	42°	0,1919	São Gabriel da Palha	
43	Itapemirim	16,021	43°	0,1864	Águia Branca	
44	Ponto Belo	14,217	44°	0,1862	Afonso Cláudio	
45	Alto Rio Novo	13,615	45°	0,1828	Mimoso do Sul	
46	Apiacá	13,324	46°	0,1704	Rio Bananal	
47	Afonso Cláudio	12,902	47°	0,1677	Vila Pavão	
48	Montanha	11,177	48°	0,1646	Alegre	
49	Muniz Freire	10,930	49°	0,1513	Itapemirim	
50	Nova Venécia	10,808	50°	0,1511	Piúma	
51	Atilio Vivacqua	10,033	51°	0,1453	São José do Calçado	
52	Presidente Kennedy	9,640	52°	0,1442	São Domingos do Norte	
53	São José do Calçado	9,613	G2 (51°)	53°	0,1391	Santa Leopoldina
54	Domingos Martins	9,391	S	54°	0,1299	Fundão
55	São Gabriel da Palha	9,298	G2 (42°)	55°	0,1111	Vargem Alta
56	Laranja da Terra	9,244	S	56°	0,1087	Marataizes
57	Itarana	9,225	S	57°	0,1054	Rio Novo do Sul
58	Santa Teresa	9,126	S	58°	0,1048	Santa Maria de Jetibá
59	São Roque do Canaã	8,818	S	59°	0,1029	Muqui
60	Marataizes	8,718	S	60°	0,0893	Domingos Martins
61	Santa Maria de Jetibá	8,673	S	61°	0,0892	Itaguaçu
62	Iconha	7,935	S	62°	0,0851	Conceição do Castelo
63	Mimoso do Sul	7,728	G2 (45°)	63°	0,083	Ibiraçu
64	Muqui	6,919	S	64°	0,0821	Laranja da Terra

65	Castelo	5,731	S	65º	0,0759	Atilio Vivácqua
66	Rio Bananal	5,674	G2 (46º)	66º	0,075	Bom Jesus do Norte
67	Vargem Alta	5,191	S	67º	0,0685	João Neiva
68	Alegre	3,258	G2 (48º)	68º	0,0612	Alfredo Chaves
69	Alfredo Chaves	0,000	S	69º	0,0596	Castelo
70	Bom Jesus do Norte	0,000	S	70º	0,0492	Anchieta
71	Dores do Rio Preto	0,000	G2 (38º)	71º	0,0414	Marechal Floriano
72	Marechal Floriano	0,000	S	72º	0,0398	Venda Nova do Imigrante
73	Marilândia	0,000	S	73º	0,0332	São Roque do Canaã
74	Rio Novo do Sul	0,000	S	74º	0,0322	Marilândia
75	Venda Nova do Imigrante	0,000	S	75º	0,0294	Itarana
76	Vila Pavão	0,000	G2 (47º)	76º	0,0212	Santa Teresa
77	Divino de São Lourenço	SR	—	77º	0,0109	Iconha
78	Jeronimo Monteiro	SR	—		SD	Governador Lindenberg

Fonte: Homicídios - DATASUS-SESP.

Para os dois grupos extremos, formados pelos municípios classificados como “Mais Propensos” e “Menos Propensos” à Criminalidade, verifica-se um alto grau de concordância quando comparados às Taxas de Homicídios por 100.000 habitantes para o ano de 2011.

Os resultados estão dispostos na Tabela 10, e mostram que apenas um município do primeiro grupo (G1), Fundão, tinha sido classificado como “Menos Propenso à Criminalidade”, ou seja, pertencente ao terceiro grupo (G3). A maioria das classificações “incorretas” ou “equivocadas” foi feita para o segundo grupo (G2), que é o grupo intermediário e que, “teoricamente”, se espera ser o mais “nebuloso” e difícil de diferenciar e classificar.

Resumindo: para os 26 municípios com as mais altas taxas de homicídios, seis (06) deles tinham sido “classificados” como tendo “Média Propensão à Criminalidade” e um (01) município tinha sido “classificado” como “Menos Propenso à Criminalidade”. Assim, dezenove (19) municípios tinham sido “classificados” corretamente (73,1%). Para os 24 municípios que apresentaram as mais baixas taxas de homicídios, sete (07) tinham sido “classificados” como sendo de “Média Propensão à Criminalidade” e os demais, dezessete (17) municípios foram “classificados” corretamente (71,0%) (dois municípios que estavam sem registros, SR, não foram contabilizados).

Mesmo levando-se em consideração que “Criminalidade” é algo bem mais abrangente do que homicídios, os resultados são muito interessantes do ponto de vista prático, pois

sinalizam no sentido de que existe a possibilidade de se detectar propensão à criminalidade, sem se resumir à mera contabilização de delitos ou ocorrências de violência. Isso é possível ao se fazer uso de ferramentas auxiliares, tais como os indicadores econômicos e sociais e técnicas de análise estatística.

Os resultados se apresentam bem animadores, principalmente, se for possível fazer uma conexão com outras variáveis econômicas e sociais que não foram contempladas nesse estudo, as quais podem ter uma “importante” parcela de contribuição que não foi contabilizada, e que talvez seja capaz de trazer um melhor poder de explicação para a situação descrita. No entanto, “apenas” estas variáveis já foram responsáveis por gerar fatores com poder de explicação em torno de 96% da variabilidade dos dados.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para encontrar uma nova composição de indicadores ou ratificar a composição já utilizada, a Análise Fatorial foi usada. Entretanto, para o caso dos municípios do Espírito Santo, novos indicadores e novos fatores foram obtidos. Eles são muito úteis para uma análise imediata, pois reduzem o número de variáveis que avaliam a propensão à criminalidade, e não se valem apenas da simples contabilização dos delitos e taxas de violência como é mais comumente feito.

Partindo dos indicadores encontrados, através da Análise Fatorial, obteve-se índices significativos para os Fatores 1 e 2, nomeados de “**Índice de Promoção Social**” e “**Índice de Desemprego e Urbanização**”. Com isso, conclui-se que estes indicadores são úteis e eficientes para avaliar a situação de um município quanto a sua propensão à criminalidade. A proposição na forma de cálculo do índice de Propensão à Criminalidade se mostrou bastante prática e adequada para o propósito de ranquear os municípios e diferenciá-los uns dos outros.

A comparação com os dados reais de homicídios trouxe uma reflexão interessante do ponto de vista prático sobre a utilidade real do índice proposto e a sua fórmula de cálculo.

O trabalho proposto obteve resultados muito promissores, tanto em caráter confirmatório, quanto na proposição de ferramentas adicionais de análise. Demonstrou o que cada uma das técnicas consegue prover de resultados com as variáveis utilizadas. O uso do índice de propensão à criminalidade e sua forma de cálculo representou um salto de qualidade significativo na classificação dos municípios quanto à propensão a criminalidade. As

metodologias utilizadas certamente estimulam a continuidade desta linha de pesquisa, no sentido de auxiliar aos pesquisadores e aos órgãos fiscalizadores da segurança pública. A identificação dos elementos motivadores da maior propensão à criminalidade é útil para minimizar custos, mudando o foco dos investimentos públicos, maximizar as medidas de prevenção e promover a redução geral da criminalidade nos municípios do Espírito Santo.

6 REFERÊNCIAS

CORRAR, L. J.; PAULO, E.; DIAS, J. M. Análise Multivariada para Administração, Contabilidade e Economia. Atlas: São Paulo, 2007.

GARRIDO, A. C. O. Fatores sociais de criminalidade. Revista sistema penal & Violência. V. 4, n. 45: 12 ago/dez.

GLAESER, E.; SACERDOTE, B. Why is there more crime in cities? Journal Political Economy, 107, 225-258, 1999.

GONÇALVES, M. J; CASSUCE, F. C.; Galante, V. A. A influência das regiões de fronteira e de variáveis socioeconômicas na criminalidade no estado do Paraná. Perspectiva econômica v. 6, n. 2: 23-44, jul./dez., 2010.

GOUVEA, M. A., PREARO, L. C., ROMEIRO, M. C. Avaliação da adequação de aplicação de técnicas multivariadas em estudos do comportamento do consumidor em teses e dissertações de duas instituições de ensino superior. Revista de Administração, São Paulo, 47, n.2, 338-355, 2011.

HAIR, J. F. et al. Análise Multivariada de Dados. 6a ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

IJSN (Instituto Jones Santos Neves). Informações Criminais Espírito Santo. Vitória/ES, 2010.
IJSN (Instituto Jones Santos Neves). Mapa da violência dos municípios brasileiros. 1 ed. Ideal gráfica editora. 2010.

IJSN (Instituto Jones Santos Neves). Síntese dos indicadores sociais do Espírito Santo. Vitória/ES, 2011.

KUME, L. Uma estimativa dos determinantes da taxa de criminalidade brasileira: uma aplicação em painel dinâmico. EPGE/FGV, Rio de Janeiro/RJ, 2004.

LEAL, C. B. Delinquência Urbana e Segurança Pública. In: LEAL, César Barros, Piedade Jr., Heitor (coord.), A Violência Multifacetada: estudos sobre a violência e a segurança pública. Belo Horizonte: Del Rey, 2003, p. 29-39.

LIMA, L. C.; Oliveira, V. C. Criminalidade e indicadores socioeconômicos em uma abordagem contextual. XVI Encontro Nacional de Estudos Populacionais. Caxambu/MG, 2008.

MARTINS, S. H. Z. Pobreza e criminalidade: a construção de uma lógica. Rev. hist., São Paulo, n. 132, 2005.

RESENDE, J. P. Crime Social, Castigo Social: O Efeito da Desigualdade de Renda sobre as Taxas de Criminalidade nos Grandes Municípios Brasileiros, CEDEPLAR – UFMG, 2007.

SILVA, E. E. et al. Determinantes da criminalidade na região sudeste do Brasil: um estudo a partir da análise fatorial. IX Encontro nacional da associação brasileira de estudos regionais e urbanos. Natal/RN, 2012.

WAISELFISZ, J.J. Mapa da violência dos municípios brasileiros. 1ª ed. Ideal gráfica editora, 2008.

Capítulo 21

PROBLEMA INTEGRADO DE SEQUENCIAMENTO DA PRODUÇÃO E DIMENSIONAMENTO DE LOTES EM UM PROCESSO DE INJEÇÃO DE TERMOPLÁSTICOS

[DOI: 10.37423/200500811](https://doi.org/10.37423/200500811)

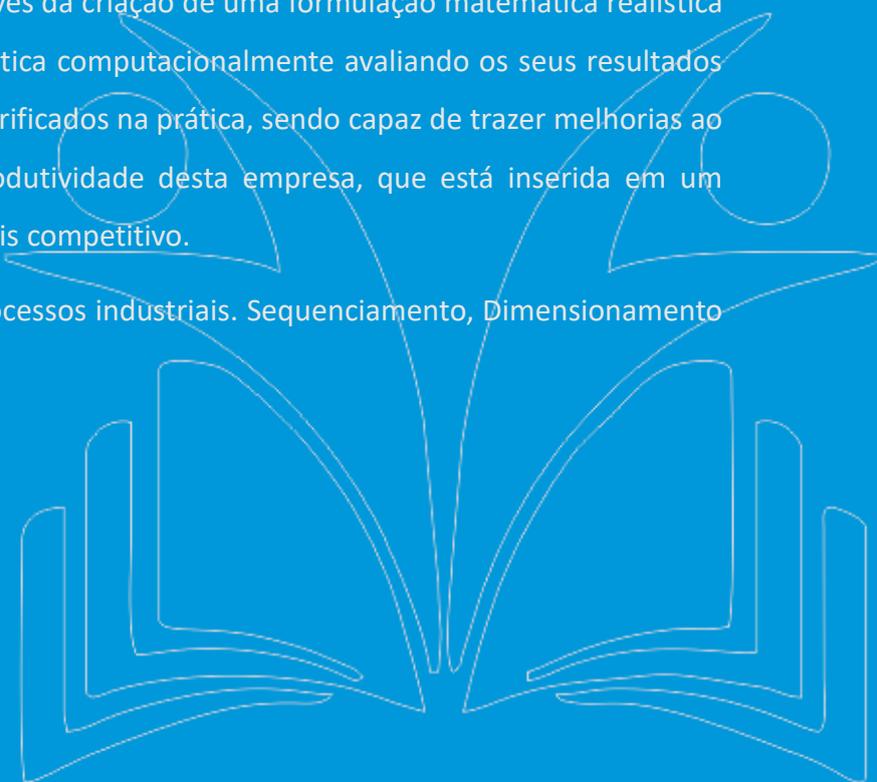
Camila Aroeira Silva - camilaaroeira.ep@gmail.com

Daniela Aroeira Pacheco - danielapacheco.ep@gmail.com,

Joaquim José da Cunha Jr - joaquim.jose@prof.unibh.br

RESUMO: O presente estudo identifica quais são as principais características e oportunidades de melhoria no processo de injeção de termoplásticos, utiliza a pesquisa operacional como ferramenta de suporte a decisão através da criação de uma formulação matemática realística e experimenta a formulação matemática computacionalmente avaliando os seus resultados em comparação com os resultados verificados na prática, sendo capaz de trazer melhorias ao processo de injeção plástica e à produtividade desta empresa, que está inserida em um mercado cada vez mais exigente e mais competitivo.

PALAVRAS-CHAVE: Otimização de processos industriais. Sequenciamento, Dimensionamento de lotes.



1. INTRODUÇÃO

A demanda por bens de consumo que acompanha o crescimento populacional, traz consigo a necessidade de aumento de produção, o que reflete em criação de novas indústrias e crescimento das já existentes. No âmbito da manufatura do produto, existem diversas oportunidades a serem exploradas para se manter competitivo no mercado. Dentro desta área, as fábricas estão explorando com mais frequência sua capacidade instalada através do incremento na diversificação do mix de produtos, além de buscar diferenciais competitivos, obtidos por meio de melhorias no processo produtivo (LUIZ, 2012).

Quesitos como qualidade, confiabilidade do produto, flexibilidade e rapidez no atendimento às demandas do mercado são considerados necessários para o sucesso empresarial. De forma a atender tais quesitos, as empresas estabelecem processos de reestruturação interna e externa, tendo como forte inspiração a filosofia de organização da produção: a produção enxuta (LIMA, 2003).

Em empresas onde a capacidade produtiva é menor que a demanda prevista, é preciso definir estratégias de sequenciamento de produção e dimensionamento de lotes de maneira a reduzir os custos incorridos, na medida em que produtos são atrasados ou estoques são gerados (LUIZ, 2012).

A atividade de Programação e Controle da Produção desempenha um papel de extrema importância, uma vez que as decisões tomadas em relação à ordem em que os produtos devem ser fabricados, respeitando prioridades e restrições do processo, impactam nos prazos de entrega do produto e também nos custos. Com isso, exige-se cada vez mais a utilização de ferramentas para poder montar um cronograma de produção de forma mais rápida e assertiva, já que provisionar a mais gera estoques e eleva os custos (GALVÃO, 2007).

O trabalho em questão foi realizado em uma empresa fabricante de eletrodomésticos de grande porte localizada em Belo Horizonte. Atualmente essa empresa está instalada em um parque industrial de 40 mil metros quadrados, com capacidade de produção e venda de mais de dez mil produtos por dia. O processo produtivo abordado refere-se à injeção de termoplásticos cujo setor representa o de maior impacto para a produtividade da empresa. Sobre esta perspectiva, o estudo justifica-se pela importância de um planejamento e

controle da produção adequado, uma vez que, a empresa está inserida em um mercado cada vez mais exigente e mais competitivo.



Figura 1 - Injetoras - Setor de termoplásticos

Os objetivos deste estudo foram: (i) identificar quais são as principais características e oportunidades de melhoria no processo de injeção de termoplásticos, (ii) utilizar a pesquisa operacional como ferramenta de suporte a decisão através da criação de uma formulação matemática realística; (iii) experimentar a formulação matemática computacionalmente avaliando os seus resultados em comparação com os resultados verificados na prática.

Após essa introdução, um breve exame da literatura de Sequenciamento da Produção e Dimensionamento de Lotes aplicáveis ao estudo é apresentado na Seção 2. A Seção 3 apresenta as etapas envolvidas no desenvolvimento do trabalho com atenção especial para a coleta de informações no chão de fábrica e o modelo de programação linear inteira mista proposto. Os experimentos computacionais com instâncias obtidas através de dados reais são apresentados na Seção 4. Por fim, na Seção 5, as conclusões e proposições para trabalhos futuros são apresentadas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO

Estudos feitos por Molina et al. (2013) demonstram que um planejamento eficiente é composto por um conjunto de atividades bem realizadas, que vão do atendimento à demanda, disponibilidade de insumos, tempo disponível para produção até as preparações de máquinas. Todos esses fatores influenciam no desempenho do plano de produção e nos custos. De acordo com Fernandes e Santoro (2005) os problemas que envolvem o Planejamento e Controle da Produção (PCP) das empresas podem ser resolvidos de três formas distintas. A primeira delas é considerando apenas o dimensionamento dos lotes de produção como foco de atuação, a segunda considerando apenas o sequenciamento da produção e a terceira considerando o dimensionamento integrado com sequenciamento. Molina et al. (2013) citam que as decisões tomadas diante de análises feitas de forma integrada são as mais qualificadas e que obtém melhores resultados, principalmente se tratando da integração do problema de dimensionamento de lotes com outros problemas do setor produtivo.

Tendo em vista a busca contínua das indústrias pelo aumento de eficiência da produção, a aplicação de ferramentas e técnicas se faz cada vez mais essencial. De acordo com Singh e Khanduja (2009 apud LUIZ, 2012), uma das técnicas mais efetivas para atingir o aumento da eficiência é a redução de setups, ou seja, redução do tempo de preparação das máquinas.

O setup é uma atividade de preparação da máquina que ocorre antes de iniciar a produção de qualquer produto. Segundo Henry (2002 apud LUIZ, 2012), é definido pelo processo completo de conversão de uma máquina ou de uma linha, da fabricação de um produto para outro. Diversos autores da área citam o setup como uma prática sem nenhum valor agregado e portanto, deve-se buscar a máxima redução possível. Conforme Cakmakci (2009 apud LUIZ, 2012) afirma, quanto maior a redução de setups, maior a eficiência da máquina na possibilidade de produção de lotes menores.

2.1.1 DIMENSIONAMENTO DE LOTES (LOT SIZING)

Com o objetivo de manter a competitividade e cumprir as necessidades de uma programação produtiva inteligente, cria-se também a técnica de dimensionamento de lote. A técnica de dimensionamento de lotes consiste em determinar, de acordo com a

capacidade produtiva e com a demanda, quanto produzir de cada produto e permite atingir soluções que proporcionam reduções do tempo de ciclo e menor ociosidade dos equipamentos, visando muitas vezes a redução de custos (TOSO, 2005; MONTEVECHI, 2002).

Basicamente, a escolha do tamanho de um lote possui impacto em dois custos: estoques e setup. É interessante notar que a produção de lotes maiores tende a reduzir os custos associados às atividades de setup, uma vez que um volume maior de produtos será produzido sem que haja necessidade da realização de várias atividades de preparação de máquina. Por outro lado, a escolha de produzir lotes maiores, embora reduza a necessidade de atividades de setup, tem impacto negativo nos custos de estoque. Isso ocorre porque, em geral, a demanda de um horizonte maior de tempo é aglutinada para formar um lote maior o que gera estoque de produtos até a chegada do prazo de entrega desses itens.

2.1.2 SEQUENCIAMENTO DA PRODUÇÃO (SCHEDULING)

Segundo Cunha Júnior e Souza (2010) os problemas de Sequenciamento da Produção vêm sendo amplamente abordados na literatura, principalmente com o incremento de tecnologia nos equipamentos de produção (máquinas com comando numérico computadorizado, por exemplo).

De acordo com Alves et al. (2016), os modelos matemáticos de sequenciamento tem como finalidade atingir o objetivo pré-estabelecido de produção, definindo a ordem de produção dos bens, alocando tarefas e recursos escassos e diminuindo os tempos de preparação com menos trocas de moldes, que segundo TOSO (2005) e MONTEVECHI (2002) afetam a capacidade produtiva.

Basicamente, um conjunto de tarefas precisam ser realizadas com objetivo de atender a demanda da maneira mais econômica possível. A antecipação na produção envolve a criação de estoques e, conseqüentemente, os custos associados a tal prática. Por outro lado, o atraso na produção gera custos de atraso e seus desdobramentos como desgaste da imagem e reputação das empresas, redução no nível de serviço percebido pelos clientes e abertura de oportunidade para concorrentes.

A definição da sequência de produção tem impacto direto na eficiência do processo produtivo, pois, impacta no volume de tempo empregado em atividades de setup.

3. DESENVOLVIMENTO

Inicialmente foi realizada uma entrevista com o gestor e equipe do setor de injeção plástica, a fim de identificar as principais características do processo produtivo e as oportunidades de melhoria. O principal resultado foi o apontamento da dificuldade em realizar a programação de produção das injetoras, principalmente quanto ao dimensionamento dos lotes e o sequenciamento da produção.

Após este contato inicial foi feita uma coleta de dados da demanda semanal, da produção por máquina por semana, tempo e número de setups, tempo de ciclo de injeção e a capacidade dos moldes quanto ao número de cavidades.

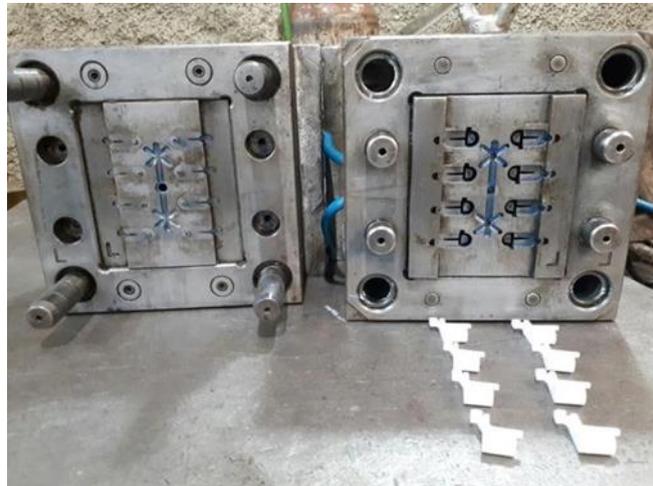


Figura 2 - Molde para injeção plástica - seis cavidades

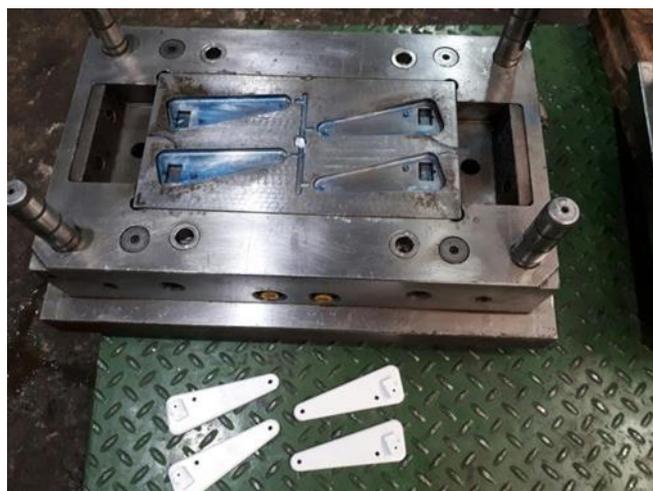


Figura 3 - Molde para injeção plástica - quatro cavidades

Ao iniciar a pesquisa aplicada verificou-se que o processo de injeção plástica atende à três linhas de montagem simultaneamente e que possuem variações de tempo para injeção de

cada família de produtos. Como resultado dessa grande variação sem a devida programação, observa-se um número elevado de setups, perda de tempo e produtividade com atrasos na produção das peças para montagem dos produtos acabados ou geração de estoques.



Figura 4 - Realização de setup

As demandas de cada item são disponibilizadas no sistema integrado de gestão da empresa. O responsável pelo planejamento e controle da produção verifica os pedidos em aberto e determina quanto produzir de cada produto/família de produtos diariamente.

Neste processo, o gestor considerou que as incertezas em relação à demanda são relativamente grandes e encontra a necessidade de programar a produção a cada semana, conforme a demanda prevista para este intervalo de tempo, buscando não acumular estoques de períodos anteriores e evitando o atraso da produção.

Ao analisar as ferramentas que a equipe de PCP utiliza para realizar a programação de produção das injetoras, foi visualizada uma planilha que mostra a capacidade produtiva em relação à previsão da demanda. Além disto, a ferramenta relaciona a quantidade de moldes a serem injetados durante o mês e considerando a operação de cada máquina por dezoito horas por dia, de acordo com a quantidade a ser produzida e o ciclo em que cada molde trabalha. Neste momento foi apontado pela equipe a dificuldade em realizar o rodízio das quarenta e quatro peças nas seis máquinas injetoras disponíveis, visto que, estas possuem suas especificidades quanto a injeção, em relação ao tamanho da máquina

para comportar cada molde para injeção das peças.

Após conhecimento da previsão de demanda mensal, da quantidade e especificidade dos produtos a serem montados semanalmente e das principais dificuldades da programação da produção, foram coletados dados de agosto e setembro das seis máquinas injetoras, quando foram apresentados em planilhas quais moldes foram injetados em cada mês, quantos ciclos do produto cada injetora realizou e quantas vezes foram necessárias realizar *setup* para o atendimento da demanda.

3.1 MODELAGEM MATEMÁTICA

Para resolver o problema integrado de sequenciamento e dimensionamento de lotes foi desenvolvido um modelo de programação linear inteira mista baseado no modelo aplicado por Cunha Júnior, Souza e Yanasse (2011).

O sequenciamento foi feito por semana, a fim de saber a sequência de produção de cada máquina em cada semana. As principais informações necessárias para a tomada de decisão foram tratadas como parâmetros de entrada dessa formulação e as respostas necessárias como variáveis.

Foi considerado J os *jobs* (moldes injetados) a serem sequenciados em M máquinas injetoras dentro de um horizonte de W semanas, compostas por T períodos. A divisão das semanas em períodos foi feita de forma que esses períodos identifiquem a ordem de *jobs* na semana; ou seja, se um *job* for injetado na posição $t = 3$, esse então é o terceiro *job* injetado pela máquina na semana. Foi considerado o parâmetro C_{jm} uma matriz binária que informa se o *job* j pode ser produzido na máquina m ($C_{jm} = 1$); o parâmetro D_{jw} representa a demanda do *job* J na semana w ; o parâmetro K representa a capacidade produtiva (em minutos) de cada máquina por semana; o parâmetro S representa o tempo de *setup* sempre que há mudança de molde, independente da máquina; o parâmetro P_j representa o tempo de produção de um *job* qualquer em qualquer máquina; o parâmetro I_j representa o peso de estoque do *job* j por uma semana; o parâmetro B_j representa o peso de atraso do *job* j por uma semana e o parâmetro BM representa um número suficientemente grande (M -Grande).

O modelo possui as variáveis $x_w^{j,m}$ que indica a quantidade do *job* j produzido na máquina m no período t da semana w . As variáveis binárias $y_t^{j,m}$ indicam (com valores iguais a 1) se

o *job j* estavam sendo produzido na máquina *m* no período *t* da semana *w* (e com valores iguais a zero,

caso contrário). As variáveis IS^j indicam o estoque inicial do *job j* na semana *w*. As variáveis FS^j

w w

indicam o estoque final do *job j* na semana *w*. As variáveis A^j indicam o volume em atraso do *job*

j na semana *w*.

Foi proposto um modelo de programação linear inteira mista que objetiva minimizar os volumes de peças em estoque e em atraso ponderando pelo seu nível de criticidade, sendo 3 o nível mais crítico e 1 o nível menos crítico.

$$\text{Minimizar Custo} = \sum_{j=1}^J \sum_{w=1}^W \left(\frac{FS^j + IS^j}{2} \right) \times I^j + \sum_{j=1}^J \sum_{w=1}^W A^j \times B^j \quad (1)$$

Sujeito a:

$$y_{t,w}^{j,m} \times C_{j,m} \times BM \geq x_{t,w}^{j,m} \quad \forall j = 1 \dots J, m = 1 \dots M, t = 1 \dots T, w = 1 \dots W \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^J y_{t,w}^{j,m} \leq 1 \quad \forall m = 1 \dots M, t = 1 \dots T, w = 1 \dots W \quad (3)$$

$$\sum_{m=1}^M \sum_{t=1}^T x_{t,w}^{j,m} + IS_w^j - D_w^j = FS_w^j - A_w^j \quad \forall j = 1 \dots J, w = 1 \dots W \quad (4)$$

$$IS_{w+1}^j = FS_w^j \quad \forall j = 1 \dots J, w = 1 \dots (W-1) \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T x_{t,w}^{j,m} \times P + \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T y_{t,w}^{j,m} \times S \leq K \quad \forall m = 1 \dots M, w = 1 \dots W \quad (6)$$

$$\sum_{j=1}^J x_{t,w}^{j,m} \geq \sum_{j=1}^J x_{t+1,w}^{j,m} \quad \forall m = 1 \dots M, t = 1 \dots (T-1), w = 1 \dots W \quad (7)$$

$$A_w^j \geq 0 \quad \forall j = 1 \dots J, w = 1 \dots W \quad (8)$$

$$IS_w^j \geq 0 \quad \forall j = 1 \dots J, w = 1 \dots W \quad (9)$$

$$FS_w^j \geq 0 \quad \forall j = 1 \dots J, w = 1 \dots W \quad (10)$$

$$x_{t,w}^{j,m} \in \mathbb{Z}^+ \quad \forall j = 1 \dots J, m = 1 \dots M, t = 1 \dots T, w = 1 \dots W \quad (11)$$

$$y_{t,w}^{j,m} \in \{0,1\} \quad \forall j = 1 \dots J, m = 1 \dots M, t = 1 \dots T, w = 1 \dots W \quad (12)$$

A função objetivo do modelo, apresentada na equação (1), é composta por dois termos, relativos ao somatório dos custos com estoque e com atraso.

As restrições (2) garantem que a variável y deve ser igual a 1 para que alguma quantidade de j seja planejada para ser produzida na máquina m , no instante t , da semana w ; assim como a constante

C_{jm} que também deve ser igual a 1 se tal job pode ser executado em tal máquina ou ser igual zero no caso contrário.

As restrições (3) garantem que cada máquina m , em cada período t , de cada semana w pode executar, no máximo um job j .

As restrições (4) garantem que a cada semana w , para cada job j , o total de itens produzidos em todos os instantes t e em todas as máquinas m , somado ao estoque inicial daquele job

j , naquela semana w , menos a demanda do job j , deve ser igual ao estoque final daquela semana w , menos a quantidade em atraso do job j na semana w .

As restrições (5) garantem que o estoque inicial do job j na semana $w+1$ deve ser igual ao estoque final da semana w .

As restrições (6) garantem que o tempo total gasto na produção dos jobs somado ao total de setups realizados multiplicado pelo tempo de setup S , seja menor ou igual a capacidade produtiva K (em força de trabalho) a cada semana w .

As restrições (7) garantem que só é possível alocar uma atividade no instante de tempo $t+1$ de uma semana w caso algum item tenha sido produzido no instante t de uma mesma semana. Isso evita múltiplas soluções simétricas.

As restrições (8), (9), (10), (11) e (12) apresentam os limites das variáveis do modelo.

4. EXPERIMENTOS COMPUTACIONAIS

Experimentos computacionais foram realizados para avaliar a aderência do modelo ao contexto real e o desempenho da sua solução frente ao sequenciamento realizado na prática. O modelo foi implementado utilizando a linguagem AMPL e resolvido com o solver CPLEX 11.1.1 em um computador Intel® Core™ i7-3630QM CPU @ 2,40GHz com 8,00 GB de memória RAM e com sistema operacional Windows 10 de 60 bits. Dados reais de 8 semanas de sequenciamento da produção durante os meses de agosto e setembro de 2017 foram levantados e tabulados com o objetivo de verificar o volume de itens em atraso e em estoque. Esses dados foram divididos em 5 instâncias variando a quantidade de semanas. Essas instâncias foram denominadas $w1a4$, $w1a5$, $w1a6$, $w1a7$ e $w1a8$ e contém os dados relativos aos processamentos ocorridos da semana um a quatro, um a cinco, um a seis, um a sete e um a oito, respectivamente. Em todas as cinco instâncias, a quantidade de máquinas e jobs não variam sendo que apenas o horizonte de planejamento muda de uma pra outra partindo de 4 até 8 semanas, o que é muito razoável num contexto prático de planejamento da produção.

Instância	Prática		
	Atraso	Estoque	Total
w1a4	399326	178767	578093
w1a5	551247	206547	757794
w1a6	643494	241808	885302
w1a7	746292	280314	1026606
w1a8	870004	332278	1202282

Tabela 1 – Características da solução empregada na prática

Instância	Otimizado			Ganho
	Atraso	Estoque	Total	
w1a4	95897	178954	274851	52,5%
w1a5	128652	208859	337511	55,5%
w1a6	169172	230597	399769	54,8%
w1a7	201526	260508	462034	55,0%
w1a8	238547	285740	524287	56,4%

Tabela 2 – Características da solução obtida a partir do modelo de otimização.

A Tabela 1 apresenta as características da solução verificada na prática. A primeira coluna apresenta o nome da instância, a coluna Atraso apresenta o resultado do somatório dos volumes de Jobs atrasados multiplicados pelo peso atribuído ao seu atraso (variando de um a três). A terceira coluna, Estoque, apresenta a soma do volume total de cada job em estoque multiplicado pelo peso atribuído ao estoque de cada item (também variando de 1 a 3). A quarta coluna apresenta a soma dos valores atribuídos ao atraso e estoque em cada instância.

A Tabela 2, por sua vez, apresenta as características das soluções obtidas através da implementação do modelo de otimização. Analogamente a Tabela 1, os valores de atraso, estoque e os totais são apresentados nas colunas seguintes. A coluna Ganho apresenta os valores percentuais de redução nos totais obtidos com a formulação em comparação aos totais calculados para a prática.

A Figura 6 apresenta um gráfico que sintetiza os resultados. É possível verificar que, para todas as instâncias, os valores totais (atrasos somados aos estoques) obtidos com a implementação da formulação são, pelo menos, 52% menores que os totais calculados para

a prática. Aparentemente, o desempenho do modelo melhora com o aumento do horizonte de planejamento da instância, embora o volume de testes realizados não seja conclusivo.

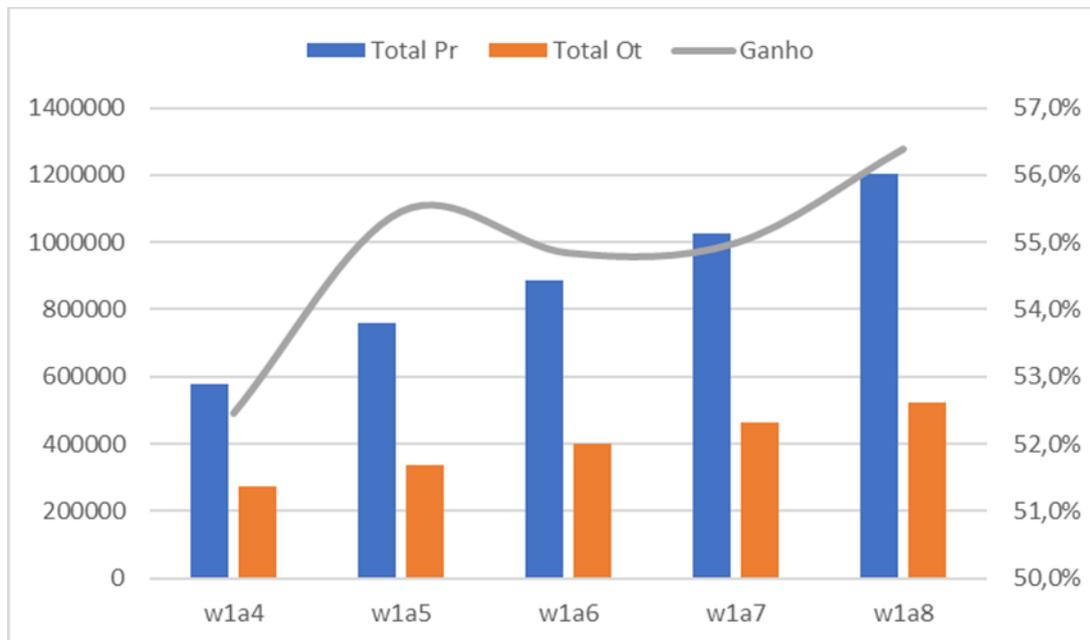


Figura 6 – Gráfico comparativo entre os totais (atrasos + estoques) calculados para a solução prática e a solução obtida com o modelo de otimização.

Em todos os testes, o desempenho da formulação, sob a ótica do custo computacional, foi bastante satisfatório. O tempo médio para o alcance da solução ótima foi de 527 segundos sendo que a solução mais rápida foi obtida com 92 segundos e a solução mais demorada demandou 740 segundos. Para todas as instâncias, em menos de 10 segundos, a formulação apresenta uma solução inteira com um GAP de otimalidade de 0,01%. O restante do tempo é empregado pelo solver para melhorar o limitante inferior e comprovar que a solução é ótima. Esse é um dado muito relevante considerando a presença de variáveis binárias e inteiras no modelo além da utilização do M- Grande, o que sugeriria uma implementação computacional muito dispendiosa.

Esse desempenho computacional pode ser explicado pelos bons GAPs de relaxação linear apresentados pela formulação com as instâncias testadas. Para calcular esses GAPs as variáveis inteiras e binárias foram relaxadas e as soluções ótimas foram calculadas e depois comparadas com as soluções obtidas com a formulação inteira. A Tabela 3 apresenta os valores das soluções ótimas inteiras (coluna Sol. Int.), relaxadas (coluna Sol. R. L.) e os GAPs de relaxação linear (coluna GAP R.L.).

Instância	Sol. Int.	Sol. R. L.	GAP R.L.
w1a4	274851	274758	0,03%
w1a5	337511	337399	0,03%
w1a6	399769	399640	0,03%
w1a7	462034	461881	0,03%
w1a8	524287	524122	0,03%

Tabela 3 – Soluções inteiras, Soluções Relaxadas e GAPs de Relaxação Linear por instância.

É interessante notar que, em todos os casos, os GAPs de relaxação linear foram da ordem de 0,03% o que fortalece a aplicabilidade da formulação no contexto prático com custos computacionais aceitáveis.

5. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

O emprego de técnicas de pesquisa operacional pode trazer melhorias expressivas aos processos. A utilização de uma formulação matemática como método de suporte a decisão pode melhorar não apenas a qualidade das soluções obtidas, mas, também, o próprio processo decisório, que pode ser mais ágil e assertivo.

Neste trabalho, a observação de um processo produtivo sob o prisma das competências da Engenharia de Produção, permitiu a identificação de importantes oportunidades de melhoria de produtividade.

O modelo de programação linear inteira mista desenvolvido para solucionar o problema apresentou resultados surpreendentes, principalmente considerando os ganhos apresentados em comparação com as soluções aplicadas na prática.

Os custos computacionais apresentados também são muito encorajadores. Na prática, planejar um horizonte de 8 semanas é muito razoável e o tempo computacional demandado para resolver instâncias desse porte foi sempre inferior a 10 segundos.

Futuramente para reforçar as conclusões preliminares obtidas a partir dos experimentos computacionais realizados, sugere-se o levantamento de um volume maior de dados no contexto prático, seu tratamento e implementação de novos experimentos computacionais com objetivo de validar o desempenho computacional da formulação e sua capacidade de fornecer soluções de boa qualidade.

Cabe ressaltar que, por indisponibilidade de informações, os custos associados aos atrasos e estoques não foram mapeados em unidades monetárias. Esse é um tema oportuno para trabalhos futuros.

Além disso, como proposta para continuidade dos trabalhos, os jobs poderiam ser agrupados em famílias de forma que o atraso em determinado job de uma família específica acarretaria a uma penalidade referente a todos os jobs que a compõem.

6 REFERÊNCIAS

ALVES, Fernanda de Freitas et al. Integrated lot sizing and production scheduling formulations: an application in a refractory cement industry. *Gestão e Produção*, São Carlos, v. 23, n. 1, p. 204- 218, 2016.

CUNHA JÚNIOR, Joaquim José da; SOUZA, Mauricio Cardoso de. Sequenciamento de tarefas em máquina de manufatura flexível para reduzir custos com horas extras e atrasos de entregas. *Anais do XLII SBPO – Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*, p. 1201-1212, 2010.

CUNHA JÚNIOR, Joaquim José da; SOUZA, Mauricio Cardoso de; YANASSE, Horacio Hideki. Scheduling jobs on a flexible machine to minimize overtime and weighted tardiness costs. *International Conference on Industrial Engineering and Systems Management, IESM*, 2011.

FERNANDES, Flavio Cesar Faria.; SANTORO, Miguel Cezar. Avaliação do grau de prioridade e do foco do planejamento e controle da produção (PCP): modelos e estudos de casos. *Gestão e Produção*, v.12, n. 1, p. 25-38, 2005.

GALVÃO, Frederico Martins. Aplicação de um modelo de seqüenciamento da produção para um setor de moldagem de artefatos plásticos. Monografia submetida à coordenação de curso de engenharia de produção da Universidade Federal de Juiz de Fora como parte dos requisitos necessários para a graduação em engenharia produção - Universidade Federal de Juiz de Fora, Departamento de Engenharia de Produção, 2007.

LIMA, Maria Letícia Sousa Correia. A produção enxuta como fator diferencial na capacidade de fornecimento de PMEs. *Revista Produção*. v. 3, n. 2, 2003.

LUIZ, Rodrigo Marcus Dias Luiz. Programação de produção levando em conta máquinas em paralelo e set-up dependente da seqüência de produção. Dissertação de Mestrado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2012.

MOLINA, Flavio; MORABITO, Reinaldo; ARAUJO, Silvio Alexandre de. Modelos matemáticos para problemas de dimensionamento de lotes com restrições de capacidade e custos de transporte. *Gestão e Produção*, São Carlos, v. 20, n. 3, p. 573-586, 2013 .

MONTEVECHI, José Arnaldo et al. Análise comparativa entre regras heurísticas de sequenciamento da produção aplicada em job shop. *Produto e Produção*, v. 6, n. 2, p. 12-18, 2002.

TOSO, Eli Angela Vitor; MORABITO, Reinaldo. Otimização no dimensionamento e sequenciamento de lotes de produção: estudo de caso numa fábrica de rações. *Gestão e Produção*, v. 12, n. 2, p. 203-217, 2005.

Capítulo 22

UMA ANÁLISE TEMPORAL E BIBLIOGRÁFICA ACERCA DAS DIFERENTES FONTES PRODUTORAS DE BIOCOMBUSTÍVEIS NO BRASIL

[DOI: 10.37423/200500815](https://doi.org/10.37423/200500815)

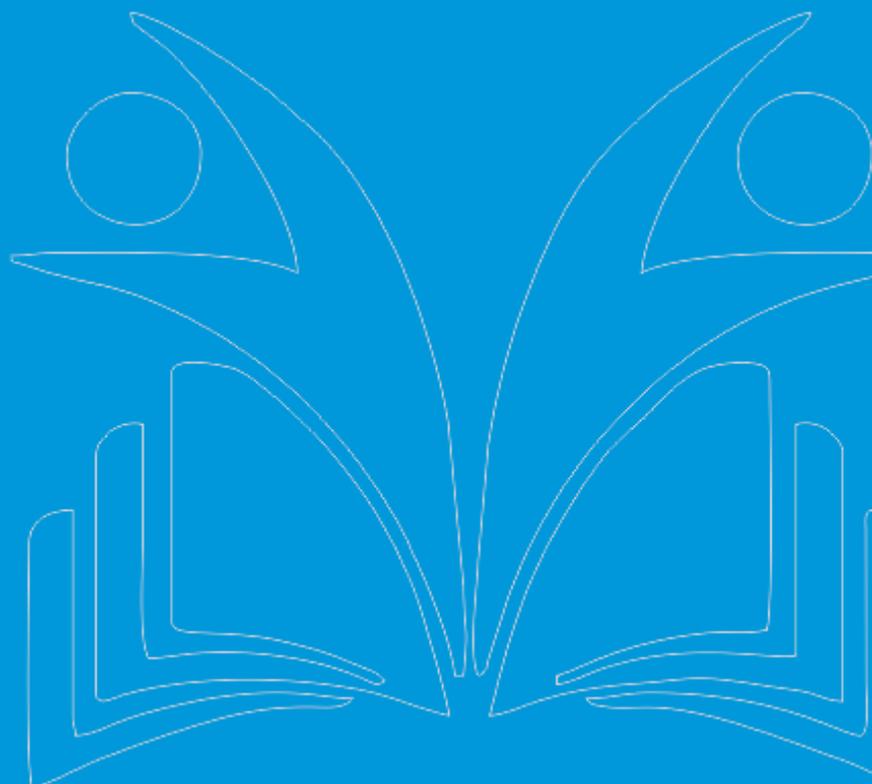
Mario Lopes de Souza - mariolopsouza@hotmail.com

Sara Pereira Silva - sara_pereira@windowslive.com

Nastasja Rosyenne Gomes goncalves - nastgomes@gmail.com

Lucas Queiroz Silva Lisboa - lucaslisboacontato@gmail.com

Natyelle Sousa Freitas - natyellefreitas@hotmail.com



1. INTRODUÇÃO

A primeira Revolução industrial fez com que o uso de carvão mineral se difundisse como fonte de energia, em seguida, na segunda Revolução industrial, a principal fonte da matriz energética mundial passa a ser o petróleo e seus derivados, contudo esses recursos se tornam cada vez mais escassos e se demonstram como grandes poluentes da natureza. Ao passar do tempo se tornou perceptível os impactos ambientais, visto que os recursos naturais não eram inesgotáveis como muitos pensavam. Nesse sentido, falar em sustentabilidade tornou-se comum no século atual e é no mesmo que o termo energias renováveis é tema de preocupação mundial (LIMA; AZEVEDO, 2016).

Não é de hoje que o Brasil se preocupa com uma fonte de energia renovável mais limpa, segundo os autores Fernandes et al. (2015, p. 03), “desde a década de 1920, o Brasil vem desenvolvendo pesquisas sobre a utilização de óleos vegetais como combustível, que foram intensificadas após os choques do petróleo em 1973 e 1979”.

Por conseguinte, foi a mudança de mentalidade estatal que despertou a busca por alternativas à queima de combustíveis fósseis, visando suprir as demandas e garantir a segurança energética, um fator primordial para o desenvolvimento de cenários econômicos e de autonomia estatal e foi a partir desta visão, que o uso de biocombustíveis foi visto como uma fonte de maior potencial para a substituição de combustíveis fósseis (LIMA; AZEVEDO, 2016).

De acordo com os autores, Rollano; et al (2015, p. 02) “a utilização da energia renovável como fonte de produção pode ser uma alternativa para o Brasil já que este é o oitavo maior consumidor de energia e o décimo maior produtor do mundo”, a produção de biocombustíveis possibilita a geração de renda no campo e na cidade, aproveitando as condições do país, como clima, água e área agrícola a ser explorada, sem a necessidade de desmatamento de áreas florestais ou reservas ambientais.

Azevedo e Lima (2016, p. 79) ainda destacam que, “O Brasil, apesar de ser um país emergente, apresenta as condições indispensáveis e necessárias para se tornar líder no campo da produção de energias renováveis”, sendo esta uma grande vantagem competitiva comparada aos países desenvolvidos que não possuem uma diversidade de opções climáticas e de expansão territorial para a produção de matéria-prima produtora de

biocombustível, sendo assim conforme explica o livreto de Comunicação Institucional do abastecimento da Petrobras (2007, p.35) que “para duplicar a produção nacional de etanol, o Brasil precisa de 3 milhões de hectares, ou seja, apenas 3,3% de sua área agricultável, já que o território Brasileiro dispõe de 90 milhões de terras agricultáveis, não incluindo a Amazônia e o pantanal e as florestas nativas”.

Dentro deste raciocínio é importante ressaltar que, o Brasil tem atributos não só de se tornar líder mundial, mas de ser autossuficiente nos consumos de biocombustíveis (AZEVEDO; LIMA, 2016, p. 77) “Diante dessa nova realidade, percebe-se que o Brasil possui as condições necessárias para liderar essa celeuma mundial, prima facie, no que tange a biocombustíveis, devido à sua vasta experiência na produção e no uso dessa fonte energética”

Com base na dimensão e grandeza da diversidade de fontes produtoras do biocombustível, como se encontra atualmente a produção e comercialização de biocombustíveis no Brasil? Tendo em vista que o biocombustível é um recurso renovável necessário para um desenvolvimento ecologicamente correto.

O objetivo geral do presente trabalho é realizar uma análise temporal e bibliográfica acerca das diferentes fontes produtoras de biocombustíveis no Brasil e na mesma linha tem-se os objetivos específicos que são:

- Diferenciar as principais formas de biocombustíveis existentes no Brasil;
- Levantar dados atualizados sobre a produção dos variados tipos de biocombustíveis no país;
- Analisar se existe um crescimento quantitativo na produção de biocombustíveis como a literatura induz.

Esse projeto encontra-se dividido em 6 seções, sendo a primeira composta por esta introdução, a segunda o referencial teórico abordando as premissas dos objetivos supracitados, a terceira seção trata-se da metodologia de desenvolvimento do artigo, a quarta seção visa realizar a análise dos dados levantados, a quinta seção se reserva às considerações finais e a última seção e não menos importante são as referências bibliográficas utilizadas no mesmo.

2. REFERENCIAL TEORICO

2.1 O BIOCOMBUSTÍVEL.

No dia 10 de agosto de 1893, segundo Lucena (2004, p. 18), Rudolf Diesel inventou o primeiro motor a diesel que funcionou perfeitamente e, desde então, ele passou a estudar vários combustíveis como alternativas para serem utilizados no motor que levava o seu nome. Contudo foi o governo Frances o primeiro a levantar o conceito inicial de usar o óleo de amendoim como combustível e durante a Exposição Mundial de Paris, em 1898, um motor diesel foi apresentado ao público funcionando com o primeiro biocombustível de óleo de amendoim.

Historicamente no Brasil o biocombustível teve seu início a partir de testes realizados em meados de 1920 conforme afirma os autores Fernandes et al (2015), com pesquisas voltadas no campo do uso dos óleos vegetais e que foram intensificadas após os choques do petróleo na década de 1970, onde no Brasil criou-se um programa chamado de Proálcool para incentivar não somente as pesquisas, mas, os produtores e usineiros a investirem em novas tecnologias com o intuito de aprimorar os processos produtivos e melhorar a performance das indústrias.

Com o declínio um pouco mais adiante na década de 1980, “decorrente da queda e estabilização do preço do petróleo e alta do preço do açúcar no mercado internacional, e também da retirada dos financiamentos e subsídios por parte do governo que enfrentava sérios problemas fiscais e financeiros” (MICHELLON et al. ; p.3 ,2008), como também por falta de tecnologia nas adaptações dos carros a álcool, com o preço do açúcar mais atrativos faltou álcool nos postos de combustíveis e conforme explica Michellon et al (2008), “Isso acabou refletindo no descrédito do programa junto a população, agravando-se com a crise de abastecimento em 1989”.

Segundo afirma Michellon et al (2008) quando o programa parecia caminhar ao fracasso e ao desaparecimento, surgiram novos fatores que abrolharam como um fôlego ao programa, como o aumento do preço do petróleo no comércio internacional, e o os novos modelos de carros movidos a álcool/gasolina, os chamados veículos (flex. fuel) e a busca de combustível renovável menos poluentes como os chamados “biocombustíveis”. O biocombustível veio para ficar como forte competidor neste cenário atual aonde os combustíveis fosseis

derivado do petróleo e o carvão mineral tem se destacado negativamente por ser hostil à natureza pelas substâncias do CO² originada da queima dos mesmos e lançadas na atmosférica causando as chuvas ácidas, agredindo o meio ambiente e ocasionando o chamado efeito estufa, aumentando a temperatura da terra gradativamente alterando clima e as estações do ano interferindo em todo ecossistema.

As razões para o interesse pelos biocombustíveis são muitas e variam de um país para outro e também ao longo do tempo, sendo as principais as seguintes: ■ Diminuir a dependência externa de petróleo, por razões de segurança de suprimento ou impacto na balança de pagamentos; ■ Minimizar os efeitos das emissões veiculares na poluição local, principalmente nas grandes cidades; ■ Controlar a concentração de gases de efeito estufa na atmosfera (LEITE; LEAL, 2007, p.15).

Segundo Azevedo e Lima (2016) os combustíveis de origem biológica ou natural são classificados como biocombustíveis, pois tratasse de fonte renovável de energia, como exemplo se tem: a queima de biomassa e/ou de seus derivados (etanol), o biodiesel, o biogás, o óleo vegetal, dentre outros. Qualquer material de origem orgânica, que pode ser utilizado para a geração de energia é caracterizado como biomassa, sendo vistos como uma alternativa econômico-ambiental reduzindo a queima de combustíveis fósseis, as principais matérias primas utilizadas no Brasil são: a cana de açúcar, a mamona, a palma, o girassol, o babaçu, a soja, o milho e etc.

As principais vantagens de se utilizar esse tipo de combustível se dá pelo menor percentual de poluição com a sua queima e processamento, por ser uma fonte renovável, a geração de empregos, diminuição da dependência dos combustíveis fósseis, o favorecimento da balança comercial devido ao aumento de exportações do país e como desvantagens destaca-se o uso de grandes áreas agricultáveis podendo influenciar no aumento do desmatamento e no preço dos alimentos (AZEVEDO; LIMA, 2016).

2.2 O BIODIESEL

De acordo com o livreto da Comunicação Institucional do abastecimento da Petrobras, (2007, p.18) “Biodiesel é um combustível biodegradável derivado de fontes renováveis, que substitui total ou parcialmente o óleo diesel de fonte mineral nos motores de combustão interna de ciclo movidos a diesel”. Para se fazer o biodiesel, é necessário realizar a extração

do óleo bruto seja ele da soja, da mamona, palma, microalgas entre outros ou até mesmo da gordura animal. São várias as matérias primas que podem ser usadas na produção do biodiesel, a utilizada em maior escala em destaque é a soja e em menor escala temos os óleos de frituras, contudo, mesmo assim o biodiesel possui uma gama muito grande de matérias primas disponíveis as serem ofertadas de acordo com a demanda do mercado. O biodiesel é obtido a partir de óleos vegetais (como de girassol, algodão, mamona, dendê, soja, algas entre outras), e gorduras animais.

Também é um combustível biodegradável alternativo ao diesel de petróleo, criado a partir de fontes renováveis de energia, o biodiesel possui características químicas semelhantes ao diesel mineral, podendo ser utilizado puro ou misturado ao óleo diesel em motores de ciclo diesel e outros tipos de equipamentos sem que os mesmos necessitem de alterações, pois é livre de compostos sulfurados e aromáticos, não é tóxico nem corrosivo e, por ser renovável, não contribui para a intensificação do efeito estufa. (FERNANDES 2015, p. 04, *Apud* GUARIEIRO et al., 2011).

Segundo o Boletim da Agência Nacional do Petróleo (ANP) de junho de 2014 mostra que a soja tem a participação de (73,1%) e a gordura bovina (22,5%) para a produção do biodiesel, que correspondem em média por 95,6% do volume de matérias-primas utilizada para o processamento do biodiesel no país.

E de acordo com a Federação Nacional do Comércio de Combustíveis e Lubrificantes (FECOMBUSTÍVEIS, 2012), a grande preocupação do governo neste mercado de combustível é a instabilidade comercial e internacional ao preço da soja, trazendo ao biodiesel uma instabilidade para o mercado conforme o preço do óleo vegetal usado na produção do biodiesel visto que 70% a 80% dependem do custo final da matéria-prima a ser utilizada.

Conforme explica o núcleo de assuntos estratégicos “Muitas oleaginosas podem ser usadas para a produção de biodiesel, e a área para suprir 5% do diesel B5 com oleaginosas locais, usando apenas soja, dendê e mamona, seria cerca de três milhões de hectares” (NAE, p.12. 2005).

2.3 O BIOETANOL

Segundo o livreto da Comunicação Institucional do abastecimento da Petrobras (2007.p.30), “O etanol é um álcool, um composto orgânico oxigenado, também denominado álcool

etílico, e sua fórmula química é o C_2H_5OH , podendo ser usado como combustível de duas formas: álcool hidratado para carro *flex fuel*, ou anidro para ser adicionado à gasolina na proporção de 25%”.

De acordo com Manochio (2014) o etanol é produzido através de matérias-primas que possuam amido ou açúcares, tem-se como exemplo as amiláceas como: o milho, o trigo dentre outros grãos que passam pelo processo de transformação de amido em açúcares e as açucareiras como a beterraba e a cana-de-açúcar que necessita somente da extração para a produção do biocombustível.

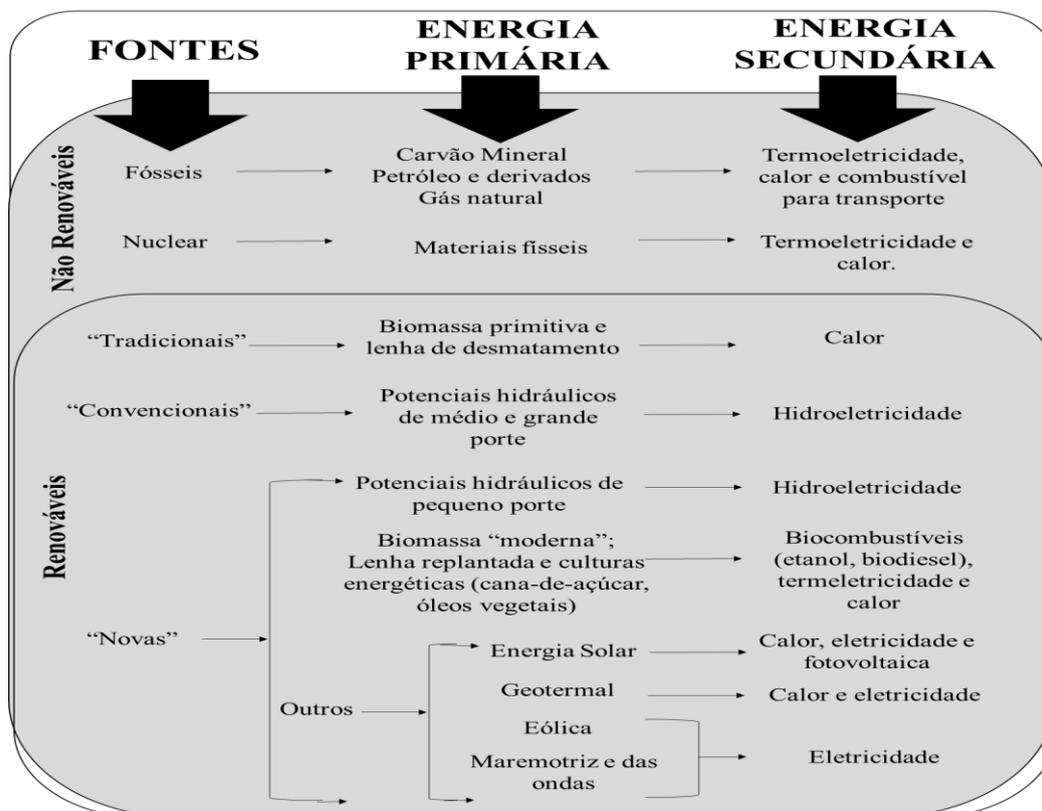
No Brasil e no mundo o etanol é produzido na maior parte pelo caldo extraído da cana de açúcar através da fermentação por levedura do caldo em grande escala com um custo menor comparado as outras matérias primas com melhor rendimento em l/h.

O milho é uma segunda opção na produção do etanol e tem se destacado principalmente nos Estados Unidos e China, já na Europa a matéria prima mais utilizada é a beterraba conforme o livreto da Comunicação Institucional do abastecimento da Petrobras, (2007.p.31), contudo, possui um custo adicional maior e o rendimento do processo comparado à cana de açúcar é menor.

2.4 ENERGIA RENOVÁVEL

Visando a minimização dos impactos ambientais e sociais causadas pelas fontes tradicionais e objetivando a preservação de recursos ambientais se deu o planejamento por fontes de energias alternativas, renováveis e com o baixo custo ambiental (AGUILAR; OLIVEIRA; ARCANJO, 2012). Segundo Goldemberg e Lucon (2007) as fontes renováveis de energia são caracterizadas por respostas dadas mediamente pela natureza, temos como exemplo: os potenciais hidráulicos, eólicos, a energia das ondas e marés, a radiação solar e o calor do fundo da terra, pode-se incluir também a biomassa que engloba várias subcategorias. No quadro abaixo pode-se compreender a classificação sobre categorias de energias renováveis e não renováveis.

Quadro 1 – Classificação de fontes de energias



Fonte: Adaptado de Goldemberg e Lucon (2007)

3. METODOLOGIA

A pesquisa pode ser denominada como um procedimento racional e sistemático cujo a finalidade é oferecer soluções aos problemas expostos. Quando não se possui informações suficientes para responder a uma problemática ou quando as informações disponíveis se encontram em desordem não sendo adequadamente relacionada ao problema se torna necessário requerer a “pesquisa”. A mesma se desdobra através de um processo que abrange várias fases, desde a formulação da problemática até a apresentação de resultados (GIL, 2002).

Segundo Prodanov e Freitas (2013) a pesquisa pode ser classificada quanto ao ponto de vista de sua natureza entre pesquisa básica ou aplicada. A natureza do seguinte trabalho é de pesquisa básica pois visa gerar novos conhecimentos que sejam uteis para o avanço da ciência sem a necessidade da aplicabilidade prática (que na pesquisa aplicada é fundamental), envolvendo verdades e interesses universais. Além da aplicabilidade prática

para solucionar problemas específicos a pesquisa aplicada envolve verdades e interesses locais.

Quanto ao objetivo do trabalho: uma análise temporal e bibliográfica acerca das diferentes fontes produtoras de biocombustíveis no Brasil, o mesmo possui caráter exploratório, pois busca-se proporcionar uma maior familiaridade com a problemática facilitando a sua delimitação e envolvendo um levantamento bibliográfico em periódicos de artigos científicos, jornais, boletins, monografias, dissertações, teses, material cartográfico e internet para se obter dados relevantes e fundamentais. Outrora a abordagem estabelecida é a da pesquisa quantitativa justificando-se por buscar quantificar e analisar os dados relativos a produção e distribuição de biocombustíveis no país (PRODANOV; FREITAS, 2013).

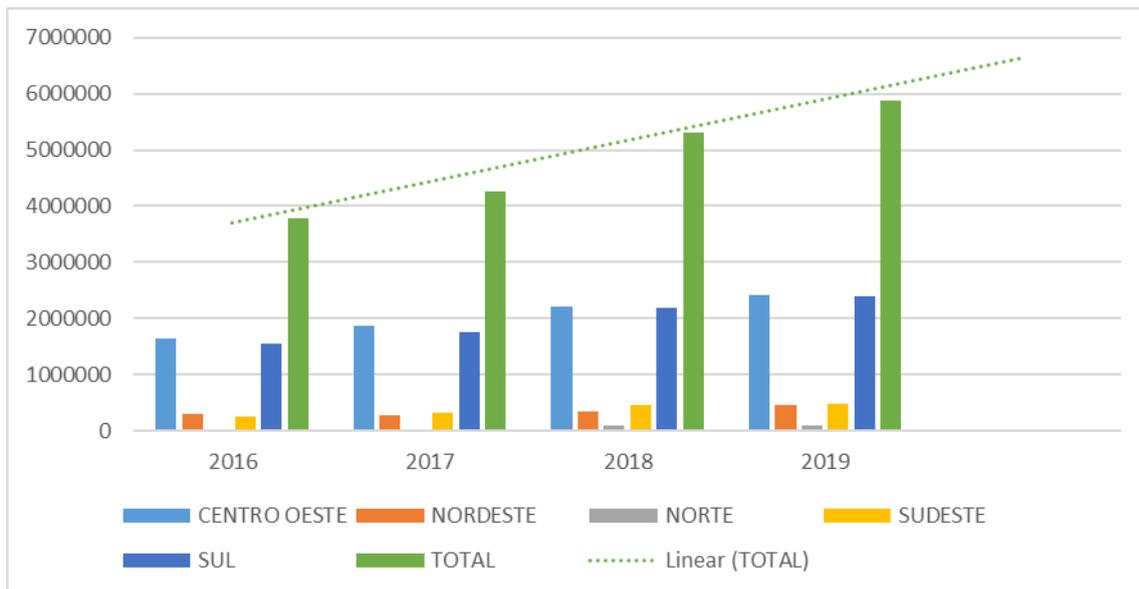
4. ANÁLISE TEMPORAL DE BIOCOMBUSTÍVEIS NO BRASIL

Tabelas e gráficos estatísticos representam uma linguagem universal, uma forma de se realizar a apresentação de dados descrevendo informações, com o objetivo de produzir uma impressão mais rápida, clara e viva do assunto a ser reproduzido. A partir da organização de dados é possível se fazer comparações entre os mesmos, apresentar sínteses e até estabelecer conclusões, contudo, sempre é válido ressaltar que mesmo se os resultados de um estudo esclareçam certos assuntos é fundamental refletir, questionar e verificar a fonte dessas informações, a fim de confirmar se a mesma é verdadeira e segura (PEÇA, 2008).

Através do discorrido acima reforça-se que todos os dados para elaborar gráficos e tabelas abaixo, foram retirados do site da ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis) em 2020 na página de dados estatísticos.

A baixo elaborou-se um gráfico onde pode-se visualizar a quantidade de Biodiesel em (m³) vendida de 2016 a 2019 no Brasil por produtores Brasileiros.

Gráfico 1 - Vendas de Biodiesel (m³) por produtores no Brasil de 2016 a 2019 - ANP



Fonte: Adaptado da ANP, 2020.

Analisando o gráfico 1, entende-se que: I) de 2016 a 2019 existe um crescimento linear nas vendas desse Biodiesel, reforçado claramente pela linha de tendência; II) os maiores produtores ou a maior quantidade de produtores se encontram nas regiões Sul e Centro Oeste; III) em 2016 e 2017 a região norte produzia uma quantidade ínfima desse biocombustível, se tornando mais expressiva a partir de 2018.

A tabela 1 disposta logo a frente, representa a organização dos dados disponíveis no site da ANP seguindo a ordem cronológica proposta e a mesma unidade de medida.

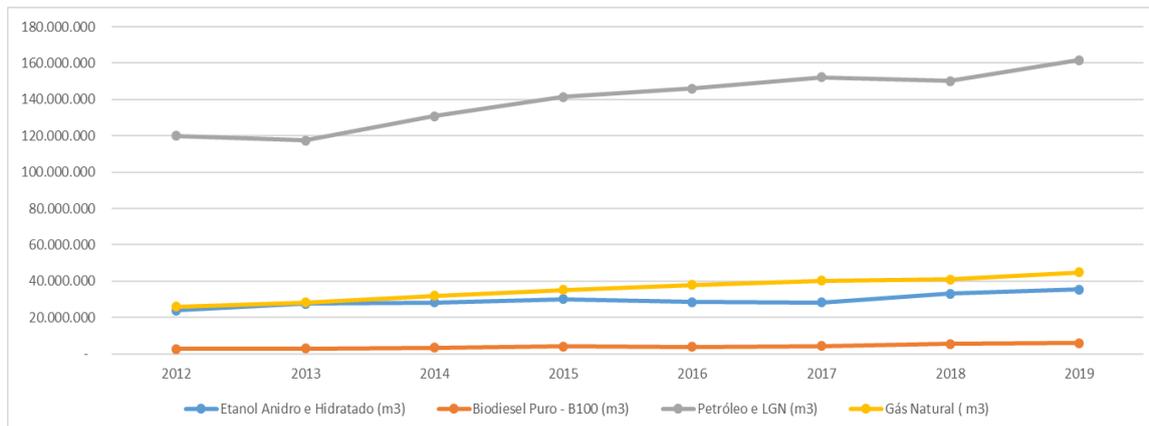
Tabela 1 – A produção de Biocombustíveis no Brasil de 2012 a 2019.

Produção Nacional de Etanol Anidro e Hidratado (m ³)							
2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
23.758.673	27.527.832	28.215.108	29.999.873	28.490.995	28.265.734	33.014.650	35.306.997
Produção Nacional de Biodiesel Puro - B100 (metros cúbicos)							
2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2.717.483	2.917.488	3.422.210	3.937.269	3.801.339	4.291.294	5.350.036	5.901.104
Produção Nacional de Petróleo e LGN (metros cúbicos)							
2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
119.941.168	117.446.013	130.835.108	141.445.548	146.066.577	152.139.361	150.102.686	161.774.593
Produção Nacional de Gás Natural (m ³)							
2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
25.832.245	28.174.213	31.894.874	35.126.447	37.890.450	40.117.402	40.857.207	44.724.232

Fonte: Adaptado da ANP, 2020.

Representando a tabela acima foi elaborado o gráfico a baixo, demonstrando de forma gráfica o comportamento das variáveis.

Gráfico 2 - Histórico de produção nacional de etanol, biodiesel, petróleo e gás natural de 2012 a 2019 ANP



Fonte: ANP, 2020.

Conforme o (NAE, 2005) Núcleo de Assuntos Estratégicos, “A diversidade de matérias-primas, processos e usos é uma grande vantagem. Contudo, leva-nos à responsabilidade de analisar adequadamente os parâmetros, que variam muito, dependendo da escolha feita”.

Com base nos dados obtidos e na representação gráfica acima conclui-se que: I) Apesar das quedas ocorridas em 2013 e 2018, a produção de Petróleo e LGN encontra-se em sua maior parte em crescimento se destacando como a maior fonte de energia produzida no país; II) A segunda maior fonte energética no Brasil é o Gás natural, ficando logo atrás da mesma com uma pequena diferença a produção de álcool anidro e hidratado; III) por último se tem a produção de biodiesel que mesmo apresentando um crescimento linear sobre suas vendas ainda sim representa uma pequena fatia com relação as demais variáveis apresentadas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou uma análise sobre como se encontra a fabricação de biocombustíveis no Brasil, sendo possível obter dados de 2012 até 2019, o que de fato contribui para representar um cenário mais atual. Através da pesquisa bibliográfica pode-se explicar e demonstrar por meio do projeto: I) quais são as principais fontes de biocombustíveis; II) como essas fontes energéticas funcionam; III) a importância

do uso destes combustíveis para a sustentabilidade, explanando os fatores positivos e negativos e por último fez-se a IV) análise do crescimento quantitativo de biocombustíveis com a finalidade de verificar se a produção dos mesmos cresceu no cenário atual.

Através da análise dos dados observou-se que de fato existe uma tendência de crescimento sobre essas fontes energéticas, contudo, quando comparado a fonte de combustíveis fósseis o crescimento se torna muito pequeno e foi a partir disto que se tem como proposta para trabalhos futuros analisar as variáveis que influenciam o uso dos combustíveis não renováveis versus os renováveis e como o mercado externo causa influências sobre esse fator.

Outro dado que foi possível adquirir através da ANP foi a quantidade de vendas de biodiesel (m³) no Brasil por região de 2016 a 2019, o que demonstrou que as regiões que mais produzem esse tipo de combustível é a Centro Oeste e a Sul, propõem se também para trabalhos futuros entender quais os motivos que fazem essas regiões se destacarem nesse quesito.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUILAR, Renato Soares de; OLIVEIRA, Lidiane Cristovam de Souza; ARCANJO, Grazielle Louise Ferreira. 2012. Energia Renovável: Os ganhos e os impactos sociais, ambientais e econômicos nas indústrias brasileiras. XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Desenvolvimento sustentável e responsabilidade social: As contribuições da engenharia de produção. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2012_tn_stp_167_970_19670.pdf>. Acesso em 26 de abril de 2020.

ANP. Boletim Mensal do Biodiesel. Fevereiro de 2014. Disponível

em http://www.aprobio.com.br/ANP_Boletim_Biodiesel_2014_02.pdf, acesso em 29/05/2020.

AZEVEDO, Adriana Neves Gomes de; LIMA, Bruna Gomes de Azevedo. Biocombustíveis: Influência no desenvolvimento e inserção internacional. Revista Direito Ambiental e Sociedade, v. 6, n. 1, 2016, (p. 77-100).

NAE / Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. - nº. 2 (jan. 2005). - Brasília: Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, Secretaria de Comunicação de Governo e Gestão Estratégica, 2005. Disponível

em: <<http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/etanolverde/NAEBiocombustiveis.pdf>>. Acesso em 22/04/2020.p. 06.

GIL, Antônio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Atlas, 1991.

GIL, Antônio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: atlas, 2002.

GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo. 2007. Energias renováveis: Um futuro sustentável. REVISTA USP, São Paulo, n.72, p. 6-15, dezembro/fevereiro 2006-2007. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/13564/15382>>. Acesso em 20 de abril de 2020.

FECOMBUSTÍVEIS. Relatório anual da revenda de combustíveis. Federação Nacional do Comércio de Combustíveis e de Lubrificantes, 2012. Disponível

em <http://relatorio2012.fecombustiveis.org.br/biodiesel>, acesso em 13/03/2020.

FERNANDES, Fábio Matos et al. Biodiesel no mundo e no Brasil: situação atual e cenários futuros. In: Congresso sobre geração distribuída e energia no meio rural. 2015.

LEITE, Rogério Cezar de Cerqueira; LEAL, Manoel Régis L. V. 2007. O BIOCOMBUSTÍVEL NO BRASIL. Novos Estudos 78 II. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/nec/n78/03.pdf>>. Acesso em 22 de abril de 2020.

Livreto da Comunicação Institucional do abastecimento da Petrobras. BIOCOMBUSTIVEL: 50 perguntas e respostas sobre este novo mercado. Petrobras. Ministério das minas e energia. Governo Federal. Rio de Janeiro: Ed. set print. (2007).

LUCENA, Thomas Krisp de. O Biodiesel na Matriz Energética Brasileira. Monografia conclusão do curso de Ciências Econômicas. Rio de Janeiro: UFRJ, 2004.

MICHELLON ED; XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia Administração e Sociologia Rural. Breve descrição do Proálcool e perspectivas futuras para o Etanol produzido no Brasil. Rio Branco- Acre. 20 a 23 de julho de 2008.

MANOCHIO, Carolina. 2014. Produção de bioetanol de cana-de-açúcar, milho e beterraba: Uma comparação dos indicadores tecnológicos, ambientais e econômicos. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal de Alfenas– Campus de Poços de Caldas, MG. Disponível em: <https://www.unifalmg.edu.br/engenhariaquimica/system/files/imce/TCC_2014_1/Carolina%20Manochio.pdf>. Acesso em 16 de abril de 2020.

ROLLANO, Carmen Rosa Loayza; FONTES, Cristiano Hora de Oliveira; BARBOSA, Ava Santana. Análise da evolução do desenvolvimento sustentável nas indústrias produtoras de biocombustíveis no Brasil. Revista Produção Online, v. 15, n. 2, p. 696-733, 2015.

PEÇA, Célia Maria Karpinski. 2008. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DE TABELAS E GRÁFICOS ESTATÍSTICOS UTILIZANDO DADOS INTERDISCIPLINARES. Disponível

em: <<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/1663-8.pdf>>. Acesso em 18 de abril de 2020.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. 2013. Metodologia do trabalho científico [recurso eletrônico]: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. Ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. Disponível

em: <<http://www.feevale.br/Comum/midias/8807f05a-14d0-4d5b-b1ad-1538f3aef538/E-book%20Metodologia%20do%20Trabalho%20Cientifico.pdf>>. Acesso em 15 de abril de 2020.

Capítulo 23

ALGORITMO BASEADO NA TÉCNICA REPRESENTAÇÃO NÓ-PROFUNDIDADE APLICADO NO PROBLEMA DE RESTAURAÇÃO DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

[DOI: 10.37423/200500828](https://doi.org/10.37423/200500828)

Antonio Marcos Cossi - Antonio.cossi@unesp.br

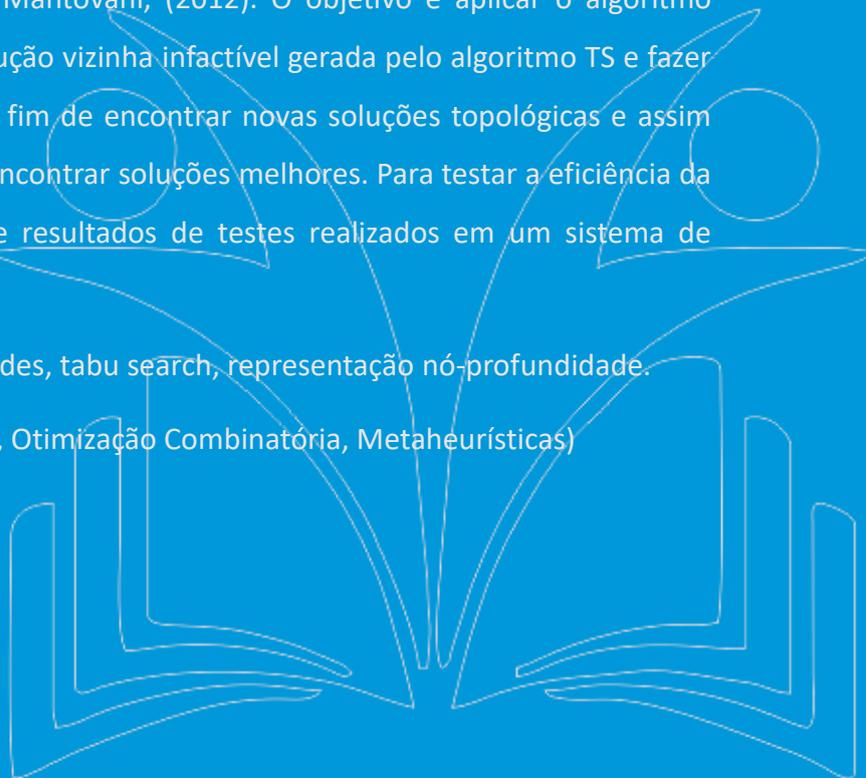
Mário Nogueira de Andrade Júnior - mariojr_andrade@yahoo.com.br

Mara Lúcia Martins Lopes - mara.lopes@unesp.br

RESUMO: Neste trabalho é proposto um algoritmo baseado na técnica “Representação Nó-Profundidade (RNP)” para resolver o problema de restauração de redes de distribuição associado a uma metaheurística Tabu Search em um modelo de restauração existente desenvolvido por Pereira Jr., Cossi e Mantovani, (2012). O objetivo é aplicar o algoritmo baseado na técnica RNP para cada solução vizinha infactível gerada pelo algoritmo TS e fazer uma análise mais profunda da rede a fim de encontrar novas soluções topológicas e assim tentar eliminar as infactibilidades ou encontrar soluções melhores. Para testar a eficiência da metodologia proposta, apresentam-se resultados de testes realizados em um sistema de distribuição de média tensão.

PALAVRAS CHAVE: Restauração de redes, tabu search, representação nó-profundidade.

Área principal: (PO na área de Energia, Otimização Combinatória, Metaheurísticas)



1. INTRODUÇÃO

O problema de restauração de sistemas de distribuição de energia elétrica (PRSDEE) consiste em restabelecer o sistema reenergizando regiões da rede que ficaram sem energia elétrica devido a interrupções permanentes na rede. Devido a essas interrupções, para manter a qualidade do fornecimento de energia para os consumidores e consequentemente não descumprir as metas referentes aos índices de qualidade estabelecidos pelos órgãos reguladores (ANEEL no Brasil), as concessionárias de energia vêm investindo no estudo de modelos e técnicas para o desenvolvimento de ferramentas capazes de minimizar os custos desnecessários e melhorar os índices de qualidade dos serviços prestados aos consumidores. Este fato justifica os investimentos por parte das empresas, já que o descumprimento dessas metas acarretaria em multas para a concessionária de energia.

Na literatura encontram-se diversos trabalhos que utilizam diferentes técnicas de solução para resolver o PRSDEE. Dentre as propostas existentes, podemos destacar os trabalhos que utilizam os métodos heurísticos e metaheurísticos para a solução do problema (BOROZAN; RAJCIC; ACKOVSKI, 1995; MORELATO E MONTICELLI, 1989; HSU et al., 1992; TOUNE, 2002; GARCIA, 2005; MATHIAS NETO, 2011).

Na solução de PRSDEE devido a ocorrência de falhas permanentes, a reconfiguração do estado topológico da rede é um dos procedimentos adotados pelas empresas distribuidoras de energia elétrica. O objetivo é recompor a rede através de alterações topológicas de forma a restabelecer a maior quantidade possível de consumidores que foram afetados pela falha e que ficaram sem energia. Assim, o problema da reconfiguração de redes de distribuição aparece como uma questão a ser resolvida nos diversos problemas de restauração de redes. Trata-se de um problema de otimização combinatorial não linear e complexo, em que as regras adotadas pelas concessionárias podem não ser eficientes. Neste caso, justificam-se os estudos e desenvolvimentos de modelos e técnicas de solução aplicadas na resolução deste tipo de problema.

Neste trabalho, o PRSDEE procura restabelecer o sistema através de uma topologia de rede que restaure o maior número possível de consumidores após a interrupção no fornecimento de energia elétrica. O objetivo é tentar minimizar a quantidade de seções da rede de distribuição que ficariam sem energia após o estado restaurativo. Trata-se de um problema de programação não linear inteiro misto (PNLIM), em que cada proposta de

solução topológica da rede é obtida através do algoritmo Tabu Search (A-TS) associado a um algoritmo baseado na técnica Representação Nó-Profundidade (A-RNP). Neste caso, para cada vizinho do algoritmo A-TS não factível aplica-se o algoritmo A-RNP para promover uma análise mais profunda da rede e tentar eliminar as possíveis infactibilidades. Cada proposta de solução (topologia de rede) do algoritmo A-TS é avaliada através de uma função de adaptação com base nos resultados de um fluxo de potência monofásico (SHIRMOHAMMADI, 1988). Com a aplicação do algoritmo baseado na técnica A-RNP, as novas topologias de rede formadas são avaliadas através da função de adaptação e de uma função de mérito, cujo objetivo é promover a comparações entre soluções e escolher a melhor delas. A solução final para o PRSDEE será a melhor dentre todas as soluções analisadas. Para testar a eficiência do modelo de restauração de redes de distribuição, apresentam-se resultados de um sistema de distribuição de média tensão contendo 12 seções de cargas, alimentadas por duas subestações. Os dados do sistema são apresentados no Apêndice A.

2. MODELO MATEMÁTICO DO ALGORITMO A-TS

O PRSDEE é formulado como um problema de programação não linear inteiro misto (PNLIM), cuja função objetivo (fo) procura minimizar a quantidade de seções (S_{sec}) da rede que ficariam sem energia no caso de uma interrupção permanente na rede. Além disso, a fo é composta por um custo unitário de chaveamento (C_{cha}) cuja finalidade é evitar chaveamentos desnecessário durante as formações topológicas da rede, além de uma parcela de penalização das restrições violadas ($\mu|b|$) que implica em um incremento no valor da função objetivo fazendo com que esta solução seja descartada durante o processo de busca por soluções. A formulação matemática é escrita da seguinte maneira (PEREIRA JR.; COSSI; MANTOVANI, 2012):

$$fo = Min \left(\sum_{i \in nsec} S_{sec}^i \cdot x_i + \sum_{i \in \Omega} C_{cha_i} + \sum_{i=1}^M \mu_i |b_i| \right) \quad (1)$$

sujeita às seguintes restrições:

- *Equações de fluxo de potência (leis de kirchhoff):*

$$G(V, \theta) = 0 \quad (3)$$

- *Capacidade da SE em receber novas cargas:*

$$\sum_{i \in nALj} S_{al}^{ij} + \sum_{i \in Secre_j} S_{sec}^i \leq S_{SE}^j \quad \forall j \in nSE \quad (4)$$

- Capacidade de fluxo de corrente nos cabos dos ramais da rede:

$$I_j \leq I_{cabo}^j \quad \forall j \in nl \quad (5)$$

- Limites de queda de tensão nas barras do sistema:

$$V_{min} \leq V_k \leq V_{max} \quad \forall k \in nb \quad (6)$$

- Estado da seção da rede:

$$x_i = 0/1 \quad \forall i \in \Omega \quad (7)$$

- Manter a radialidade do sistema (8)

sendo: S_{sec}^i - cargas em kVA da seção i ; C_{cha_i} - custo de operação das chaves; Ω - conjuntos das chaves instaladas no sistema (número de chaves somado com o número de ramais de interconexões); x_i - variável binária de decisão para a reenergização da seção afetada pela falta - seção desenergizada ($x_i=1$) e seção reenergizada ($x_i=0$); $G(V, \theta)$ - restrições de fluxo de potência; $nALj$ - conjunto formado pelos alimentadores da subestação j ; $nsec$ - conjunto formado pelas seções desenergizadas após uma falta na rede; S_{al}^{ij} - carga total em kVA do alimentador i atendido pela subestação j ; S_{SE}^j - capacidade em kVA da subestação j ; I_j - corrente calculada em cada ramo j do sistema; I_{cabo}^j - corrente máxima admissível pelo cabo instalado no ramo j ; V_{min}, V_{max} - limites de tensão máximo e mínimo admissíveis para cada barra k do sistema no estado restaurativo, respectivamente; V_k - tensão calculada na barra k do sistema; nl - conjunto de linhas do sistema; nb - conjunto de barras do sistema; $Secrej$ - conjunto de seções restauradas através da SE j ; μ_i - fator de penalidade aplicado à restrição violada i ; b_i - especifica o quanto a restrição i está violada.

3. TÉCNICA DE SOLUÇÃO

Para a solução do PRSDEE é proposto um algoritmo Tabu Search (A-TS) com o auxílio de um algoritmo baseado na técnica Representação Nó-Profundidade (A-RNP), o qual procura promover alterações topológicas necessárias da rede para restabelecer o máximo possível de consumidores que ficariam sem energia no caso de interrupções permanentes na rede. O algoritmo do modelo de restauração utilizando os algoritmos A-TS e A-RNP é chamado de A-TSRNP.

A seguir, apresenta-se o algoritmo A-TSRNP, uma breve descrição do algoritmo A-TS desenvolvido para o PRSDEE e uma descrição mais detalhada do algoritmo A-RNP.

3.1 ALGORITMO A-TSRNP

O algoritmo A-TSRNP procura restabelecer o sistema através do algoritmo A-TS com o auxílio de um algoritmo desenvolvido baseado na técnica RNP (A-RNP). Neste caso, para cada vizinho avaliado da solução A-TS do sistema de vizinhança, tem-se uma floresta F (conjunto CTS) que caso possua algum alimentador (árvore) contendo seções religadas e que não seja factível, ou seja, possua restrições violadas, geram-se a partir dessa solução vizinha, novos alimentadores (novas árvores) formadas com a aplicação do algoritmo A-RNP na tentativa de eliminar a infactibilidade, formando assim uma nova floresta F' (conjunto CRNP). Em seguida, comparam-se as soluções A-RNP (florestas F') com a solução A-TS (Floresta F) e escolhe-se a melhor dentre todas, a qual será chamada de solução intermediária SI (conjunto CSI). Se durante a geração das florestas F' uma solução factível for encontrada, essa automaticamente será a solução SI do conjunto CSI. Após todos os vizinhos serem analisados, a melhor solução do conjunto de soluções CSI será a nova solução incumbente do algoritmo A-TS e poderá ser a solução final SF (conjunto CSF) para o PRSDEE. A Figura 1 ilustra a correlação entre as soluções A-TS (floresta F) e A-RNP (florestas F') e os conjuntos de soluções CSI e CSF formados por essas soluções (florestas) e a Figura 2 ilustra o algoritmo A-TSRNP.

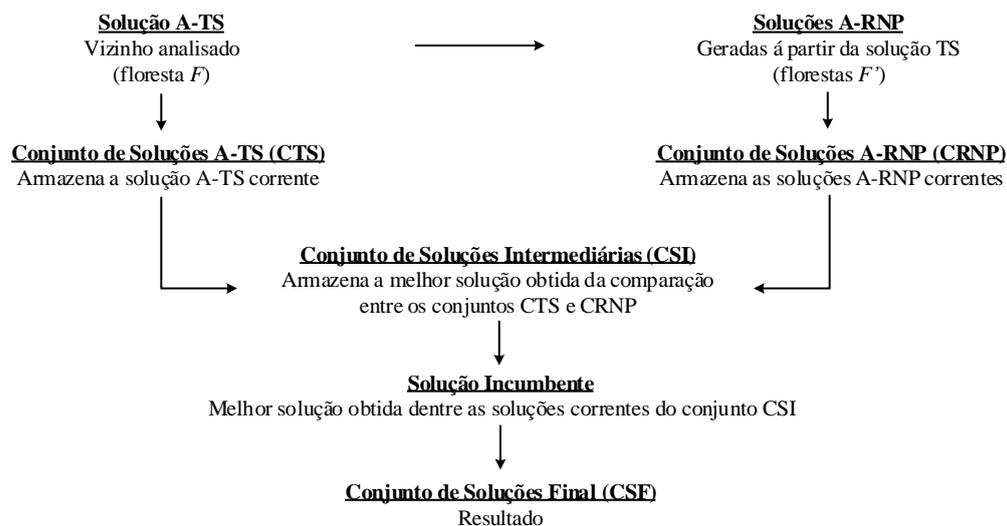


Figura 1. Correlação entre as soluções do algoritmo A-TSRNP

Todas as soluções A-TS (florestas F) e A-RNP (florestas F') são avaliadas através da função de adaptação (F_a) do algoritmo A-TS e da avaliação de mérito de cada solução F e F' . Assim, para avaliar as soluções pertencentes aos conjuntos CTS, CRNP, CSI e CSF, bem como

comparar as soluções entre estes conjuntos, e conseqüentemente escolher a melhor solução dentre todas, utiliza-se o seguinte procedimento:

1. Análise da função adaptação (F_a): Se alguma solução F' for melhor que a solução F em sua função de adaptação, esta será a melhor solução escolhida para o conjunto CSI;
2. Análise de mérito: Se nenhuma solução F' for melhor que a solução F em sua função de adaptação, comparam-se as soluções F' com a solução F e escolhe-se aquela que tiver o maior mérito para o conjunto CSI. Neste caso, calcula-se uma função de mérito (F_m) para cada solução (florestas F e F') e escolhe-se a que tiver o menor valor de F_m . Neste caso, a solução com menor valor de F_m será a de maior mérito. A função F_m é descrita da seguinte maneira:

$$F_m = p_1(F_{cs}) + p_2(F_{pe}) + p_3(F_{qv}) + p_4(F_{ch})$$

sendo: F_{cs} - função que representa o máximo carregamento da SE, em %; F_{pe} - função que representa as perdas máximas do sistema, em kW; F_{qv} - função que representa a máxima queda de tensão do sistema, em %; F_{ch} - Função que representa a quantidade de chaveamentos, em pares; p_1 , p_2 , p_3 e p_4 : variáveis que dão pesos às funções da equação função de mérito.

A melhor solução analisada através da função F_m será aquela que apresentar o menor valor, conseqüentemente será a que possui maior mérito. Caso a nova solução incumbente seja uma das soluções geradas pela aplicação do algoritmo A-RNP (florestas F'), porém inactível, esta poderá ser melhor que a solução do algoritmo A-TS (floresta F) e possibilitar a religação de um número maior de consumidores que ficaram sem energia devido à falta no sistema.

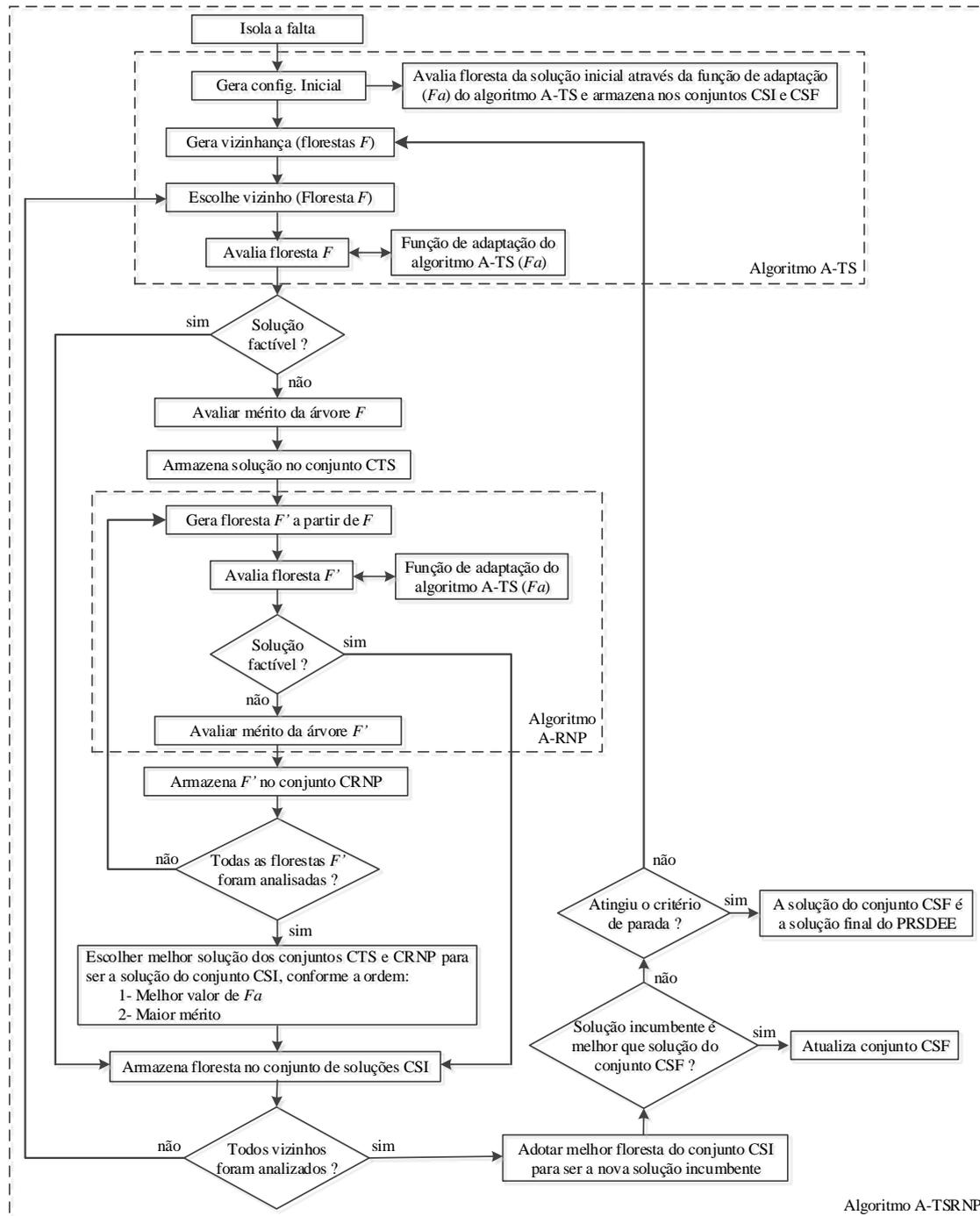


Figura 2. Algoritmo A-TSRNP

3.2 ALGORITMO A-TS

O algoritmo A-TS proposto foi desenvolvido para considerar as características específicas do problema, obter confiabilidade nos resultados e eficiência computacional. O sistema de codificação utiliza uma codificação em base decimal inteira, e é formado por dois vetores ($P1$ e $P2$), onde apenas as seções desenergizadas são codificadas. O vetor $P1$ especifica as seções fonte, ou seja, as seções utilizadas para energizar as seções que foram desligadas. O

vetor $P2$ é formado pelas seções afetadas pela interrupção. A estrutura de vizinhança consiste na troca das seções fontes das seções desenergizadas. Neste caso, um vizinho da configuração corrente difere desta em uma única seção fonte. Sendo assim, o número de vizinhos gerados a cada iteração é igual ao número de seções a serem restauradas. As seções fontes podem ser substituídas apenas por seções que estão energizadas ou por zero, representando que esta seção está desligada do sistema. A lista tabu (LT) armazena os atributos proibidos durante k iterações, não permitindo que o processo retorne às soluções já visitadas. No problema de reconfiguração de redes, os atributos armazenados na LT são as trocas das seções fonte de uma seção desenergizada em uma determinada solução. As soluções são avaliadas através da função de adaptação (Fa) que considera a função objetivo (fo) mais a penalização das restrições violadas. As particularidades do algoritmo A-TS desenvolvido para o PRSDEE estão detalhadas em Pereira Jr., Cossi e Mantovani, (2012).

3.3 ALGORITMO A-RNP

O algoritmo A-RNP baseia-se nos conceitos de caminho e profundidade de cada nó em uma árvore de grafos. Um sistema de distribuição com N alimentadores pode ser considerado como uma floresta F com N árvores de grafos. Através dessa floresta pode-se produzir novas florestas F' (topologias de rede) de forma eficiente com a utilização de 2 operadores (operador 1 e operador 2). Ambos operadores funcionam transferindo uma sub-árvore (árvore podada) a partir de uma árvore origem T_{de} para uma árvore destino T_{para} . Como resultados, o operador 1 produz simples e pequenas mudanças nas árvores da floresta, enquanto o operador 2 gera grandes e complexas alterações. Nesse trabalho é utilizado apenas o operador 1. O funcionamento e as particularidades dos operadores são detalhados em Santos, Delbem e Bretas, (2007).

Para mostrar o funcionamento do algoritmo A-RNP desenvolvido para resolver o PRSDEE associado ao algoritmo A-TS, considere uma falta permanente na seção 8 do sistema ilustrado pela Figura 3. Trata-se da configuração inicial do algoritmo A-TS obtida após o isolamento da seção onde a falta ocorreu e restabelecimento das seções atingidas pela falta. A solução inicial automaticamente fará parte dos conjuntos de soluções CSI e CSF e poderá ser substituída por outra solução melhor durante o processo iterativo.

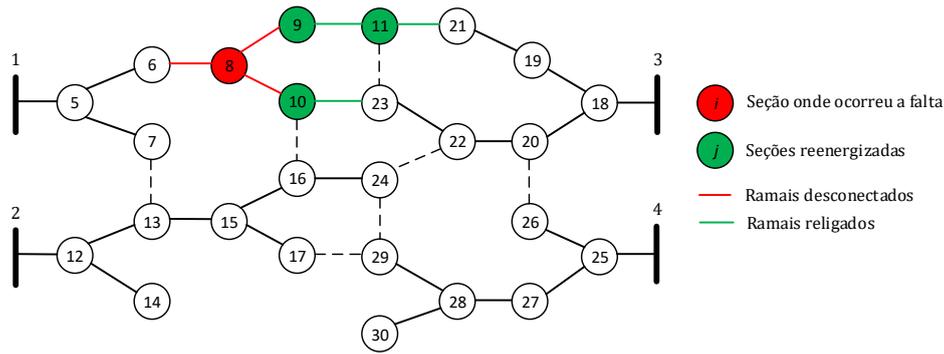


Figura 3. Configuração inicial

Devido à falta na seção 8, as seções 9, 10 e 11 foram desligadas. De acordo com a configuração inicial, as seções 9 e 11 foram religadas através da seção fonte 21 e a seção 10 foi religada através da seção fonte 23. Para esta configuração topológica, temos uma floresta F com 4 árvores. A Figura 4 ilustra o sistema de codificação do algoritmo A-TS para a configuração da Figura 3 (floresta F).

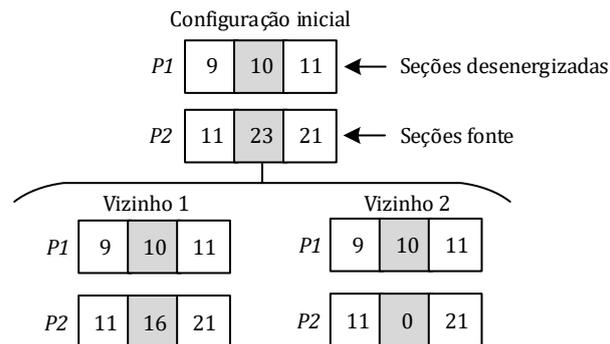


Figura 4. Sistema de codificação para o exemplo da Figura 3 e vizinhança da seção 10

De acordo com a Figura 4, analisando a vizinhança da seção 10 percebe-se que esta possui dois vizinhos. O primeiro vizinho religa a seção 10 através da seção fonte 16 pertencente à árvore 2 e no segundo a seção 10 permanece desligada. Para o vizinho 1 da seção 10, temos a configuração topológica ilustrada pela Figura 5. Assim, considerando que a solução proposta na Figura 5 seria uma solução infactível, aplica-se o algoritmo A-RNP para gerar novas topologias (novas florestas F' com novas árvores) e tentar eliminar a infactibilidade. Caso a solução fosse factível, a técnica A-RNP não seria aplicada e a solução encontrada pelo algoritmo A-TS (floresta F) seria armazenada no conjunto de soluções intermediárias (CSI).

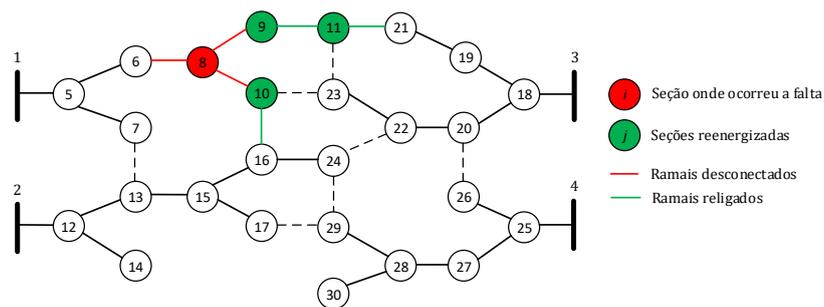


Figura 5. Configuração para o vizinho 1 da seção 10

Tabela 1. Lista de adjacências das árvores T_{de} e T_{para} da Figura 7

Árvore	Seção	Seções Adjacentes	Profundidade e
2	24	16 22 29	5
	17	15 29	4
	16	10 15 24	4
	10	16 23	5
	15	13 16 17	3
	14	12	2
	13	7 12 15	2
	12	2 13 14	1
4	2	12	0
	30	28	4
	29	17 24 28	4
	28	27 29 30	3
	27	25 28	2
	26	20 25	2
	25	4 26 27	1
4	25	0	

Assim, analisando a floresta F para o vizinho 1 da seção 10, monta-se uma lista de cada árvore dessa floresta com suas seções e suas respectivas seções adjacentes, além do grau de profundidade de cada seção, conforme mostra a Tabela 1.

Através da Tabela 1, classificam-se as árvores da Floresta F em ordem decrescente do grau de profundidade. Com base nessa classificação, determinam-se as árvores T_{de} e T_{para} . A árvore T_{de} em geral são as que possuem restrições violadas, sendo a escolha de forma

aleatória. A árvore T_{para} também é escolhida de forma aleatória dentre todas as árvores vizinhas à árvore T_{de} . Neste caso, a técnica A-RNP é aplicada em todas as árvores que são inactiváveis, e suas árvores vizinhas. Assim, com a aplicação da A-RNP podem-se encontrar novas árvores T'_{de} e T'_{para} factíveis ou mesmo inactiváveis, mas que poderão ser melhores que suas árvores T_{de} e T_{para} , formando assim novas florestas F' .

Escolhida as árvores T_{de} e T_{para} , determinam-se as seções poda (p) e adjacente (a), com base nos dados da Tabela 1. A seção p da árvore T_{de} será escolhida em ordem decrescente do maior grau profundidade. A escolha da seção a é feita aleatoriamente desde que esta seja uma seção adjacente à seção p e que pertença à árvore T_{para} . A seção p poderá ser escolhida novamente desde que existam outras possibilidades de seções adjacentes a esta e que ainda não foram analisadas, mesmo que seja para árvores T_{para} diferentes. O objetivo de aplicar o algoritmo A-RNP apenas entre árvores vizinhas e começar escolhendo as seções p a partir do maior grau de profundidade é tentar evitar grandes mudanças no sistema e um alto tempo de processamento, procurando remanejar seções que estão na extremidade da árvore T_{de} . A Figura 6 ilustra algumas opções de seções p (seções extremas) e a da árvore contendo a seção 10.

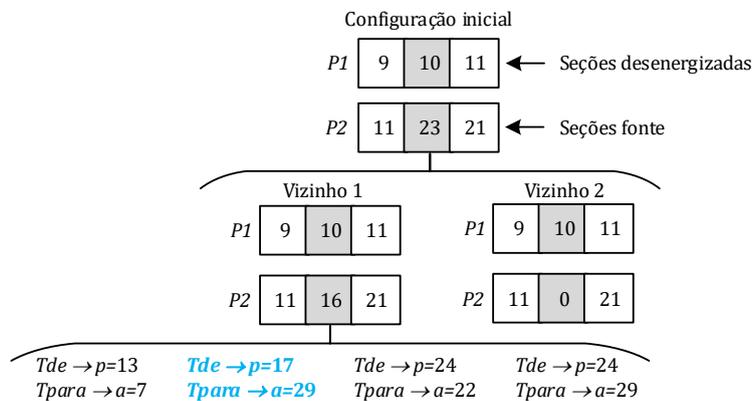


Figura 6. Exemplo de possibilidades de novas florestas F' para o vizinho 1 da seção 10

Na Figura 7 verifica-se que o algoritmo A-RNP adotou como árvore T_{de} o alimentador 2 e árvore T_{para} o alimentador 4, ambos vizinhos. As seções p e a escolhidas são a 17 e 29, respectivamente, conforme destacados na Tabela 1 e na Figura 6. Desta forma, a seção 17 passou a fazer parte da árvore 4, formando assim uma nova configuração topológica com duas novas árvores T'_{de} e T'_{para} , ou seja, uma nova floresta F' .

A nova floresta F' contendo as árvores T'_{de} e T'_{para} formadas pela aplicação da A-RNP será

avaliada através da função de adaptação F_a do algoritmo A-TS. Caso a solução da floresta F' sob análise seja melhor que a solução da floresta F , esta será a solução do conjunto CSI e concorrerá com outras florestas formadas a partir de outros vizinhos (soluções do conjunto CSI) para ser a nova solução incumbente do algoritmo A-TS. Além disso, a solução F' poderá concorrer com a solução do conjunto CSF e ser escolhida como solução final do PRSDEE. No entanto, caso a solução da floresta F' não seja melhor que a solução da floresta F em sua função de adaptação, esta será avaliada através da função de mérito e concorrerá com outras florestas F' geradas a partir da mesma floresta F . Assim, a floresta F' que tiver o maior mérito quando comparada com o mérito da floresta F , será a nova solução do conjunto CSI. Para a avaliação das florestas F' através da função de adaptação e através da função de mérito, processa-se o fluxo de potência apenas para as árvores T_{de} e T_{para} , reduzindo assim o tempo de processamento.

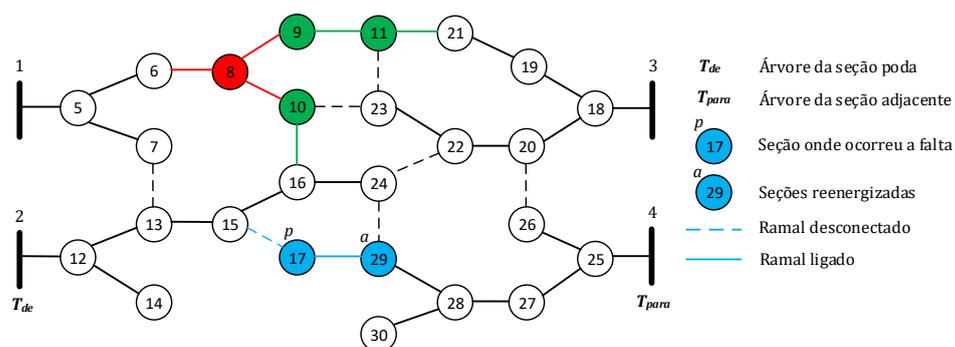


Figura 7. Nova configuração topológica com a aplicação da A-RNP (floresta F')

Ressalta-se, que os pares das seções p e a são armazenados em uma lista de seções proibidas (LSP) para evitar que essas seções voltem a ser analisadas durante o processo iterativo vigente. Após a atualização da solução incumbente a proibição é eliminada. Assim, além das árvores da floresta F , para o vizinho analisado, teremos outras árvores T'_{de} e T'_{para} que formarão novas florestas F' e que poderão ser factíveis ou melhores que a solução da floresta F .

4. TESTES E RESULTADOS

O algoritmo A-TSRNP implementado para a solução do modelo proposto de reconfiguração de sistemas de distribuição, foi testado em um sistema de 12 barras, adaptado pelo autor. A Figura 8 mostra o sistema em operação antes de ocorrer a falta. Os dados do sistema estão apresentados no Apêndice A. Nos testes considerou-se que todas as linhas deste

sistema possuem algum tipo de dispositivo de seccionamento. Sendo assim, cada barra do sistema se torna uma seção. São apresentados resultados de testes considerando situações de falta na seção 1 (seção na cor vermelha) afetando a região destacada em verde (Figuras 9 e 10), considerado três casos: Caso 1- considerando apenas a aplicação do algoritmo A-TS (Figura 9); Caso 2- considerando a aplicação do algoritmo A-TSRNP (Figura 10); Caso 3: comparando duas soluções não factíveis através da função de mérito (Fm). O custo de cada chaveamento adotado foi de uma unidade. Este valor é simbólico e não representa o valor real da operação. Este valor é utilizado apenas para diminuir o número de chaveamentos na rede, evitando assim chaveamentos desnecessários. Os testes foram feitos em um computador Intel Core i7 de 3,10GHz e com 8GB de memória RAM.

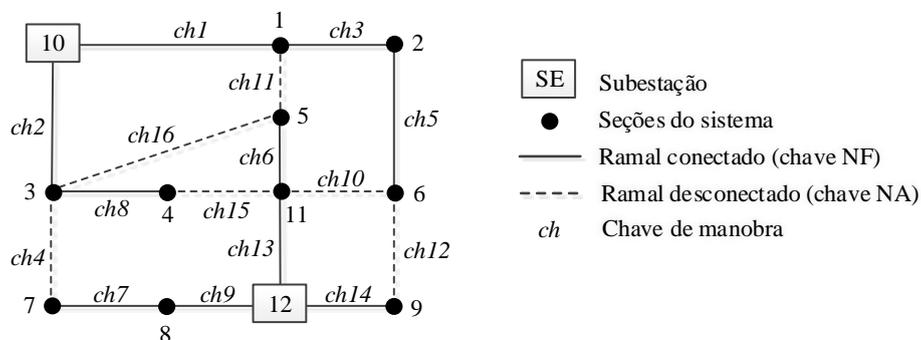


Figura 8. Sistema em operação antes de ocorrer a falta

Caso 1: Solução através do algoritmo A-TS

Para este caso, aplicou-se apenas o algoritmo A-TS para resolver o PRSDEE, ou seja, sem considerar o algoritmo A-RNP. De acordo com os resultados não foi possível o restabelecimento de todas as cargas desenergizadas. Na proposta de restauração fornecida pelo algoritmo A-TS devem-se abrir as chaves ch1, ch3 e ch5, e fechar a chave ch10. A topologia do estado restaurativo é apresentada na Figura 9. A seção 1 (seção em falta) e a seção 2 permaneceram desenergizadas totalizando uma potência de 10755,00 kVA. A seção 6 foi religada totalizando uma potência de 3150,87 kVA. O tempo de processamento foi de 0,03 segundos.

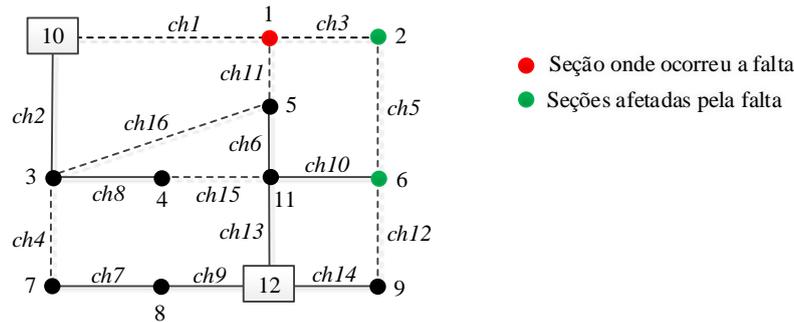


Figura 9. Sistema afetado pela falha na seção 1

Caso 2: Solução através do algoritmo A-TSRNP

No caso 2, aplicou-se o algoritmo A-RNP juntamente com o algoritmo A-TS (algoritmo A-TSRNP) para resolver o PRSDEE. Os resultados mostram que foi possível o restabelecimento de todas as seções desenergizadas, exceto a seção sob falta. De acordo com a proposta de restauração fornecida pelo algoritmo A-TSRNP devem-se abrir as chaves ch1, ch3 e ch6, e fechar as chaves ch5 e ch16. A topologia do estado restaurativo é apresentada na Figura 10. A seção 1 (seção em falta) permaneceu desenergizada totalizando uma potência de 6901,00 kVA. As seções 2 e 6 foram religadas totalizando uma potência de 13905,95 kVA. O tempo de processamento foi de 0,03 segundos.

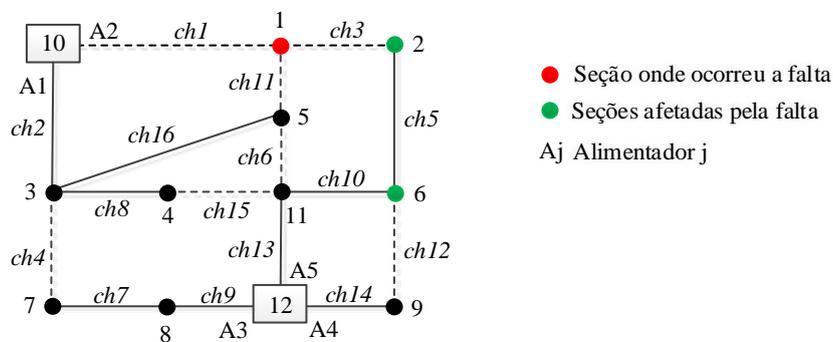


Figura 10. Sistema afetado pela falha na seção 1

A restauração de todas as seções, exceto a seção do defeito, foi possível devido ao remanejamento da seção 5 para outro alimentador, com a aplicação do algoritmo A-RNP, obtendo assim uma nova árvore F' a partir de F . Neste caso, o algoritmo A-RNP adotou como árvore T_{de} e T_{para} os alimentadores A5 e A1, respectivamente. A seção p da árvore T_{de} escolhida foi a seção 5 e a seção a da árvore T_{para} foi a seção 3. Esta solução foi escolhida devido ao fato de possuir um melhor valor da função de adaptação F_a , não sendo assim necessário avaliar a função de mérito.

Caso 3: Comparação entre soluções infactíveis através da função de mérito

Para este caso, aumentou-se a potência ativa da seção 2 para 5,69 MVA e avaliou-se os resultados obtidos com a aplicação do algoritmo A-TS (solução topológica do caso 1) e A-TSRNP (solução topológica do caso 2). Para ambos os casos, a solução encontrada foi infactível, resultando na não religação da seção 2. Como as soluções apresentaram mesmo valor de F_a , foi necessária a análise de mérito para verificar qual é a melhor solução. As tabelas 3 e 4 mostram os resultados obtidos. Os pesos adotados são: $p_1=p_2=1$ e $p_3=p_4=2$.

Tabela 2. Análise de mérito da solução obtida pelo A-TS

Função de adaptação	Funções de análise de mérito				
	F_{cs} (%)	F_{pe} (kW)	F_{qv} (%)	F_{ch}	F_m
F_a (kW)	SE12	10,48	9,84	2	102,87
6901,00	80,55				

Tabela 3. Análise de mérito da solução obtida pelo A-TSRNP

Função de adaptação	Funções de análise de mérito				
	F_{cs} (%)	F_{pe} (kW)	F_{qv} (%)	F_{ch}	F_m
F_a (kW)	SE12	10,49	9,84	8	97,66
6901,00	69,33				

De acordo com a função de mérito F_m , a melhor solução é da Tabela 3, a qual possui o menor valor de F_m e consequentemente o maior mérito.

4.1 COMENTÁRIOS DOS TESTES

Os testes mostram que o algoritmo A-RNP funciona ao ser aplicado em uma solução não factível encontrada pelo algoritmo A-TS, remanejando seções (cargas) de uma árvore (alimentadores) para outra, criando assim uma nova floresta F' factível ou que seja infactível, mas que pode ser melhor que a solução da floresta atual F . No caso 2, o resultado mostra que a seção remanejada se encontrava na extremidade da árvore, o que proporcionou uma pequena alteração no sistema com um baixo tempo de processamento.

Para este caso, não foi necessário calcular a função de mérito, já que a solução apresentada é factível. No caso 3, as soluções obtidas são infactíveis, porém com o mesmo valor de função de adaptação Fa . Neste caso, foi necessário avaliar as soluções através da função de mérito. No entanto, caso alguma das soluções apresentasse um valor de Fa melhor que a outra, esta seria a melhor solução e a função de mérito não seria calculada. Além disso, os testes apresentados são preliminares. Outros testes com sistemas de médio e grande porte devem ser feitos para avaliar a eficiência do algoritmo A-TSRNP.

5. CONCLUSÕES

Neste artigo apresenta-se uma ferramenta para restauração de sistemas de distribuição após uma falta permanente na rede, utilizando um algoritmo A-TSRNP composto por um algoritmo Tabu Search (A-TS) e um algoritmo baseado na técnica Representação Nó-Profundidade (A-RNP) para tentar eliminar soluções infactíveis geradas pelo algoritmo A-TS, e consequentemente possibilitar a religação de um conjunto maior de cargas afetadas pela falta. De acordo com os resultados preliminares dos testes, o algoritmo A-TSRNP foi capaz de restaurar todas as seções desenergizadas devido a falta, exceto a seção da falta, obedecendo a critérios técnicos e operacionais da rede, quando comparado com a aplicação apenas do algoritmo A-TS. A ferramenta de restauração desenvolvida pode ser utilizada primeiramente apenas com a aplicação do algoritmo A-TS para encontrar soluções de forma mais rápida, porém não tão boas, e posteriormente aplicar o modelo que utiliza o algoritmo A-TSRNP para encontrar soluções melhores. Além disso, a ferramenta é útil, confiável e de fácil aplicação, podendo ser utilizada pelas concessionárias de energia elétrica na obtenção de resultados satisfatórios para a restauração do sistema elétrico através do remanejamento adequado de cargas, que por algum motivo (defeito ou desligamento programado) ficariam desligadas, para seções energizadas da rede.

REFERÊNCIAS

Abdelaziz, A. Y., Mohamed, F. M., Mekhamer, S. F. and Badr, M. A. L. (2010), Distribution system reconfiguration using a modified Tabu Search algorithm, *Electric Power System Research*, 80, 943-953.

Borges, H. F., Sanches, D. S., Bozz, A. A. C., Delbem, A. C. B. e London Jr., J. B. A. (2013), Algoritmo evolutivo com representação nó-profundidade aplicado para otimização do processo de restabelecimento de energia utilizando chaves automáticas, *Atas do XI SBAI*, 6p.

Borozan, V., Rajicic, D. and Ackovski, R. (1995), Improved method for loss minimization in distribution networks, *IEEE Transactions on Power Systems*, 10, 3, 1420-1425.

Garcia, V. J., Metaheurísticas multiobjetivo para o problema de restauração do serviço em redes de distribuição de energia elétrica, *Tese de Doutorado*, UNICAMP, 2005.

Hsu, Y.-Y., Huang, H.-M., Kuo, H.-C., Peng, S.K., Chang, C. W., Chang, K. J., Yu, H. S., Chow, C. E. and Kuo, R. T. (1992), Distribution system service restoration using a heuristic Search approach, *IEEE Transactions on Power Delivery*, 7, 2, 734-740.

Mathias Neto, W. P., Restauração automática de redes de distribuição de energia elétrica de grande porte com geração distribuída. *Dissertação de Mestrado*, FEIS/UNESP, 2011.

Morelato, A. L. And Monticelli, A. J. (1989), Heuristic search approach to distribution system restoration, *IEEE Transactions on Power Delivery*, 4, 4, 2235-2241.

Pereira Jr., B. R., Cossi, A. M. e Mantovani, J. R. S. (2012), Proposta de uma metodologia baseada em busca tabu para restauração automática de sistemas de distribuição de energia elétrica, *ANAIS do XIX CBA*, pp. 1204-1211.

Santos, A. C., Delbem, A. C. B. e Bretas, N. (2007), Representação nó-profundidade para algoritmos evolutivos aplicados a minimização de perdas resistivas em sistemas de distribuição, *Atas do VIII SBAI*, 6p.

Shirmohammadi, D., Hong, H. W., Semlyen, A. and Luo, G. X. (1988), A compensation based power flow method for weakly meshed distribution and transmission networks, *IEEE Transactions on Power Systems*, 3, 2, 753-762.

Toune, S., Fudo, H., Genji, T., Fukuyama, Y. and Nakanishi, Y. (2002), Comparative study of modern heuristic algorithms to service restoration in distribution systems, *IEEE Transactions on Power Delivery*, 17, 1, 173-181.

Apêndice A

Tabela A1. Dados do Sistema de 12 barras

Dados de linha				Dados de barra		
Noi	Nof	D (km)	Tipo de cabo	Barra	P (MVA)	Q (MVA)
10	1	1,00	#1	10	45,00	45,00
10	3	1,00	#1	12	45,00	45,00
1	2	1,00	#1	1	6,21	3,01
3	7	1,00	#1	2	2,69	2,76
2	6	1,00	#1	3	2,38	1,15
11	5	1,00	#1	4	5,94	2,88
8	7	1,00	#1	5	4,55	2,20
4	3	1,00	#1	6	0,44	3,12
12	8	1,00	#1	7	7,48	5,42
6	11	1,00	#1	8	6,21	3,01
5	1	1,00	#1	9	6,21	3,01
9	6	1,00	#1	11	3,01	2,18
11	12	1,00	#1			
12	9	1,00	#1			
11	4	1,00	#1			
3	5	1,00	#1			
				Dados de cabo		
				Tipo	R (pu/km)	X (pu/km)
				#1	0,1858	0,3809

Capítulo 24

A APLICAÇÃO DO MODELO MULTICRITÉRIO MACBETH NO APOIO À DECISÃO: ESCOLHA DE UM GERENTE DE PROJETOS

[DOI: 10.37423/200500832](https://doi.org/10.37423/200500832)

Felipe Ricardo dos Santos Fernandes - felipe.ip@hotmail.com

Ingridy Marina Pierre Barbalho - ingridymarina@hotmail.com

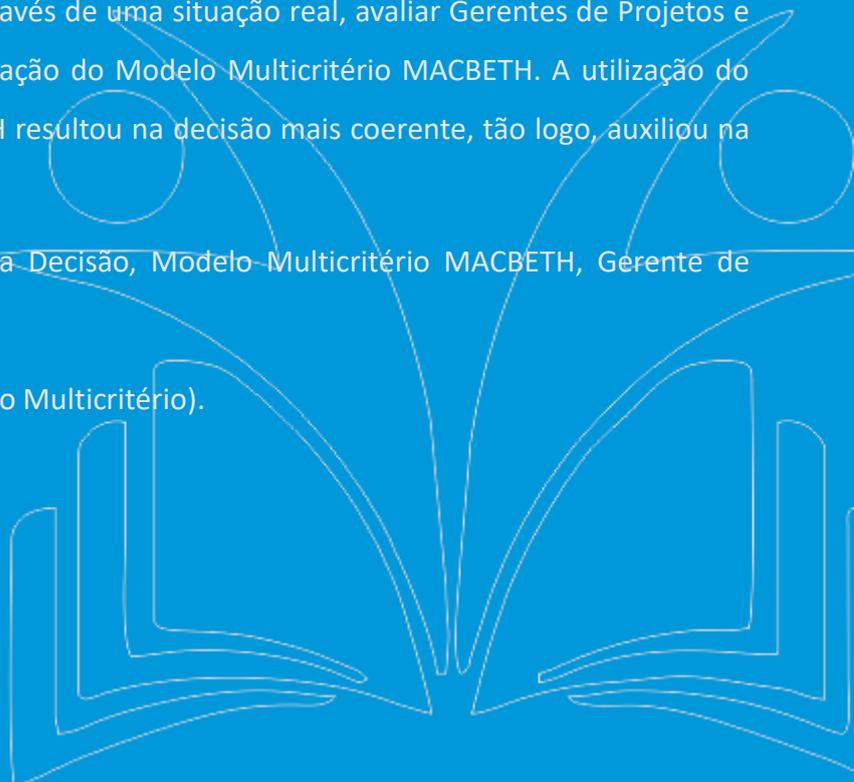
Juscimara Gomes Avelino - jusciavelino@gmail.com

Valquiria Melo Souza Correia - valquiria@ufersa.edu.br

RESUMO: O presente trabalho apresenta a estruturação de um modelo multicritério para a seleção de um Gerente de Projetos. Para a modelagem do problema foi utilizado o Sistema de Apoio a Decisão M-MACBETH. A abordagem multicritério MACBETH baseia-se na avaliação da atratividade dos Gerentes de Projetos com base nos nós critérios definidos no modelo proposto. Em sua essência, o objetivo deste trabalho é, através de uma situação real, avaliar Gerentes de Projetos e analisar os resultados obtidos pela aplicação do Modelo Multicritério MACBETH. A utilização do Sistema de Apoio a Decisão M-MACBETH resultou na decisão mais coerente, tão logo, auxiliou na escolha do melhor Gerente de Projetos.

PALAVRAS CHAVE: Sistema de Apoio à Decisão, Modelo Multicritério MACBETH, Gerente de Projetos.

Área principal: (ADM – Apoio a Decisão Multicritério).



1. INTRODUÇÃO

Diante da grande exigência no mercado de trabalho, os profissionais buscam cada vez mais se qualificar na sua área, aperfeiçoar suas habilidades e atender as necessidades exigidas pelo mercado. Por outro lado, as empresas buscam contratar profissionais que melhor se adaptem ao perfil da empresa, sendo assim, cada característica do profissional se torna um critério a ser avaliado na hora de decidir qual profissional contratar para conduzir a empresa ao sucesso.

Com a necessidade de avaliação de pequenos detalhes em um profissional a ser contratado, muitas empresas estão utilizando métodos auxiliares para que a tomada de decisão seja a mais correta possível e, para que também tenha uma análise numérica expressa para comprovar e evidenciar essas decisões. Para Cardoso et al (2009), “Tomar uma decisão é fazer uma escolha entre diversas. A eficiência na tomada de decisão consiste na escolha da alternativa que, tanto quanto possível, ofereça os melhores resultados”. Assim, todo e qualquer elemento existente envolvido no problema a ser tomada a decisão, será avaliado e conseqüentemente a melhor opção que suprirá as necessidades da empresa será escolhida sob um “discurso” coerente e indubitavelmente precisa, adotando assim, um sistema de apoio à decisão (SAD). Para Rezende e Abrel (2013, p. 189) “os sistemas de apoio à decisão (SAD) são tecnologias fundamentais para a evolução do processo de tomada de decisão nas empresas modernas e usuárias de informações oportunas”. A decisão faz parte do dia a dia de qualquer pessoa ou empresa, então, é inevitável deixar a deriva à importância de uma decisão correta, coerente e condizente com o problema enfrentado. Para isso, existem ferramentas alternativas que auxiliam a tomada de decisão, e que, também são vistas como ferramentas estratégicas para uma empresa não tornar suas decisões dependentes de uma equipe maior de pessoas especializadas para tomar apenas uma ou mais decisões.

Com o auxílio do Modelo Multicritério Macbeth no processo de tomada de decisão, essa pesquisa tem como objetivo analisar e mostrar a avaliação das características e habilidades dos profissionais para o cargo de gerente de projetos, com a utilização das ferramentas de cálculos matemáticos contidos no Modelo Multicritério Macbeth. Dessa forma, o software busca chegar a uma decisão que melhor direcione o profissional à empresa, ou seja, a mais

correta de acordo com as necessidades (da empresa ou pessoa) colocadas como critérios para a avaliação no M-Macbeth.

2. SISTEMA DE APOIO A DECISÃO

De acordo Bertolin Júnior, os primeiros Sistemas de Apoio a Decisão surgiram na década de 60 “nascidos devido à competitividade crescente entre as empresas e a disponibilidade de tecnologias de hardware e software para armazenar e buscar rapidamente as informações”. De acordo com Duca, Longon e Vit apud Polloni, (2001), os Sistemas de Apoio a Decisão são definidos como “sistemas que tratam de assuntos específicos, estatísticas, projeções e comparações de dados referentes ao desempenho da empresa, estabelecendo parâmetros para novas ações dentro do negócio da empresa”. Dentre os modelos de Apoio a Decisão existentes, os métodos multicritério vêm sendo estudado e utilizado cada vez mais devido aos seus resultados precisos.

Os métodos multicritério de auxílio à decisão são utilizados quando a tomada de decisão envolve múltiplos critérios que surgem conflitos de preferências e interferem no processo decisório. Assim métodos eficazes de apoio à tomada de decisão são necessários no andamento do processo. De acordo com Roy e Vanderpooten (1996, apud Spak, 2012) os métodos multicritérios são empregados em problemas reais onde existe um número pré-determinado de alternativas e na maioria das vezes as preferências são incertas ou existem divergências de opiniões dentro de um grupo de decisores.

São comuns nas diversas áreas problemas complexos, envolvendo múltiplos critérios, em geral são identificados quando apresentam critérios conflitantes entre si que não são compreendidos, ou quando os critérios são subjetivos ou não quantificáveis sendo necessária aplicar uma escala de valor, ou seja, atribuir valores a tais critérios como forma de abordá-los no processo decisório. Sendo assim, na utilização desses métodos existe uma grande interação entre

os dados qualitativos e quantitativos para a tomada de decisão (GOMES, ARAYA, CARRIGNANO, 2004; NOGUEIRA, 2010, apud SPAK, 2012).

Os sistemas de apoio à decisão envolvem muitas variáveis que precisam ser organizadas para a adequada compreensão do problema abordado (TZENG, HUANG, 2011, apud SPAK, 2012). É necessário analisar quais são os critérios que possuem influencia sob a decisão para

compreender de forma precisa o problema abordado, após serem coletados os dados e informações adequadas para construir corretamente as preferências avaliando as alternativas de forma coerente, e finalmente deve ser selecionado um método adequado que auxilie na avaliação da melhor alternativa de acordo com a estratégia abordada no processo decisório.

3. PAPEL, COMPETÊNCIAS E HABILIDADES DE UM GERENTE DE PROJETOS

Segundo o Guia PMBOK - 5ª edição, “o gerente de projetos é a pessoa alocada pela organização executora para liderar a equipe responsável por alcançar os objetivos do projeto”. Portanto, é de total responsabilidade do gerente de projetos tudo que acontece nos projetos que ele coordena. Ele deve realizar integralização do trabalho, possibilitar a comunicação mais eficiente entre os envolvidos, gerenciar os recursos e equipes, coordenar os riscos e cuidar dos problemas que podem surgir, dentre outras atividades para obter o êxito do projeto.

O gerente de projetos não necessita ser especialista técnico na área do projeto em que ele está coordenando, pois, seu papel é comandar a execução e não executar. É exatamente para isso que serve o trabalho em equipe, em que, na equipe de um projeto é de suma importância que haja especialistas no assunto, para então auxiliar o gerente de projetos quando for necessário.

Para gerenciar um projeto de maneira eficaz é necessário possuir algumas competências, como por exemplo, possuir o conhecimento em gerenciamento, ter desempenho satisfatório na aplicação do conhecimento e dispor de competências pessoais, que se refere a atuação no projeto, como o gerente se comportará na execução do projeto. Na literatura fica evidente que o aspecto pessoal é relevante no perfil do gerente de projetos, que leva em conta as diversas características pessoais, citamos a personalidade e liderança como sendo as mais importantes.

Além disso, é necessário que o gerente possua um alto poder de tomada de decisão e que ele saiba como trabalhar em equipe e coordenar tal equipe com confiança, e para obter uma equipe eficaz e eficiente é necessário que o gerente esteja sempre motivando-a e contribuindo para que a mesma permaneça sempre unida, para então alcançar o sucesso do projeto.

Para Project Management Institute (PMI), os gerentes de projetos “são pessoas organizadas, apaixonadas e bem orientadas para um objetivo, que compreendem o que os projetos têm em comum e sabem do seu papel estratégico pela qual as organizações obtêm sucesso, aprendem e mudam.” Portanto, o gerente de projetos contribui diretamente para o desenvolvimento organizacional e atualmente o gerenciamento de projetos é reconhecido como competência estratégica indispensável para o êxito dos negócios e está entre os artifícios mais valiosos.

4. O MODELO MULTICRITÉRIO MACBETH

Para auxiliar na escolha de um gerente de projetos para uma empresa fictícia e analisar as características contidas em cada um dos candidatos entrevistados, utilizamos as funcionalidades de escolha contidas no software de apoio a decisão de modelo multicritério Macbeth.

Existem vários métodos de apoio a decisão multicritério, como o método AHP (Processo Analítico Hierárquico) de Saaty (1991), o PROMETHEE (Preference Ranking Method for Enrichment Evaluation) de Brans & Vincke (1985), o método VIP Analysis (Variable Interdependent Parameterer), proposto por Dias e Clímaco (2000), e outros. Segundo Reis e Löbler (2012 apud Gomes et al., 2004), “além desses modelos, o desenvolvimento e a aplicação de metodologias que permitam ao decisor ponderar com eficiência os diferentes critérios, usados na tomada de decisão de problemas complexos, têm sido apresentados como auxílio na tomada de decisão. Com isso, esta abordagem trata-se de um método de apoio à decisão que consiste avaliar opções levando em conta múltiplos critérios”. Dentre outros métodos multicritérios ele se destaca por basear a ponderação dos critérios e a avaliação das opções em julgamentos qualitativos sobre diferenças de atratividade. Segundo Bana Consulting, (2012) dadas duas opções (ou níveis de performance, desempenho ou impacto), com a primeira melhor do que a segunda, a diferença de atratividade entre elas é muito fraca, fraca, moderada, forte, muito forte ou extrema. Sua utilização é realizada com o auxílio de um software que permite diversas ações com as informações existentes para que uma melhor decisão possa ser elaborada. Este software consiste determinar uma escala de valores para cada critério de substituição que foi considerado, e determinar os “pesos” desses mesmos critérios, apresentando outras funcionalidades que permitem diferentes análises de sensibilidade e robustez dos

resultados, e a análise constante da consistência dos julgamentos que estão a ser introduzidos, oferecendo sugestões para seguir em frente se inconsistências forem encontradas (Figueiredo 2009 apud Bana e Costa, et al., 2004).

M-MACBETH (Bana Consulting, 2005) é um sistema multicritério de apoio à decisão, que pode ser usado por um consultor (facilitador ou analista de decisão), seguindo o princípio construtivista segundo o qual “o problema e a solução pertencem ao decisor e não ao consultor” (Schein, 1999). “A distinção fundamental entre MACBETH e outros métodos multicritério é que este requer apenas julgamentos qualitativos sobre as diferenças de atratividade entre elementos, para gerar pontuações para as opções em cada critério e para ponderar os critérios” Bana e Costa e Silva (p. 2008) apud Bana e Costa e Chagas, 2004.

Para Chaves et al (2010), “o método MACBETH nada mais é que um processo interativo, onde após a elaboração dos julgamentos sobre as diferenças de atratividade é construída uma escala cardinal de valor sobre o conjunto de alternativas.”

De acordo com Figueiredo (p. 19, 2009), o Macbeth torna-se vantajoso pelo fato de utilizar “um modelo compensatório de agregação aditiva na sua formulação, o que facilita o decisor a atingir uma melhor compreensão do problema ao decompô-lo em partes menores, para depois as analisar em separado e as integrar construtivamente”.

5. A CONSTRUÇÃO DA ÁRVORE DE CRITÉRIOS

Para a análise ser realizada, é necessária a construção da árvore que contém as informações recolhidas dos candidatos. Para a construção da árvore, foram observados quatro critérios (Atributos técnicos, atributos psicológico, atributo operacional e o nível de escolaridade) onde esses critérios se subdividiam para assim poder ser avaliado.

Os nós critérios presentes na árvore são: domínio em gestão de projeto (filho do nó atributos técnicos), experiência (filho do nó atributos técnicos), liderança (filho do nó atributos psicológicos) e nível de escolaridade (filho do nó escolaridade). Foram escolhidos apenas quatro nós critérios pelo fato de que o software possui algumas limitações por ser apenas para o uso acadêmico, de acordo com esquema:



Figura 1: Árvore de Decisão estruturada pelos autores. Fontes: Software M-Macbeth, 2014.

6. METODOLOGIA

A natureza da seguinte pesquisa caracteriza-se como qualitativa para recolher as respostas dos candidatos e quantitativa para as respostas serem avaliadas através da utilização das ferramentas contidas nos software de tomada de decisão de modelo multicritério Macbeth, para a escolha adequada de um gerente de projeto, que tenha as características que são consideradas necessárias e mais relevantes por uma empresa fictícia. Foi necessário utilizar o nível qualitativo de performance contidos no software para avaliar os critérios identificados na pesquisa para assim poder chegar a uma conclusão.

Para a obtenção das respostas necessárias para que os candidatos fossem avaliados, foram realizados entrevistas através de questionários enviados pelo e-mail dos candidatos. O questionário era composto de 29 perguntas, onde quatro perguntas avaliavam os atributos técnicos com ênfase em domínio em gestão de projetos, experiência, elaboração e realização. Seis perguntas avaliavam a escolaridade. Quinze perguntas avaliavam os atributos psicológicos tendo com ênfase liderança, controle emocional, e personalidade.

Quatro perguntas avaliavam os atributos operacionais com ênfase na velocidade/comprometimento e comprometimento. E uma pergunta não tinha caráter avaliativo.

As perguntas relacionadas aos atributos técnicos foram realizadas de forma quantitativa. As mesmas tinham três opções de respostas (1- não, 2- um pouco e 3- sim). Para essas respostas serem avaliadas pelo software do M-Macbeth, foi calculado a média das respostas, e assim, a mesma era inserida como critério de avaliação para cada candidato. A referência superior desse critério é a alternativa 3- sim e a referência inferior é a alternativa 1- não.

As perguntas relacionadas ao nível de escolaridade verificavam se o candidato tinha o nível médio, graduação completa, graduação incompleta ou pós-graduação, e se o mesmo tinha conhecimento em algumas áreas que específicas ditas pela empresa.

Nas perguntas relacionadas aos atributos psicológicos e atributos operacionais, tinha respostas com pesos de 1 a 4 (1- nunca, 2- raramente, 3- frequentemente, 4- sempre). Para essas respostas serem repassadas para o software, foi calculada a média das respostas obtidas e assim

inseridas para a avaliação. Como no software foram avaliados os níveis qualitativos de performance, foi necessário atribuir uma referência superior e inferior para a avaliação do software, a opção 3- frequentemente foi considerada a referência superior e a opção 2- raramente foi considerada a referência inferior.

Para responder o questionário, foram submetidos apenas três candidatos, os quais eram os únicos que estavam dispostos ao cargo na região do problema proposto. Logo, as respostas coletadas desses profissionais se adequam a qualquer situação ou problema real, por se tratarem de respostas verídicas e de pessoas que já atuaram na área. A pedido dos candidatos foi mantido o anonimato de todos, porém, a integridade das respostas foram mantidas e submetidas ao software como de fato fora respondidas pelos profissionais.

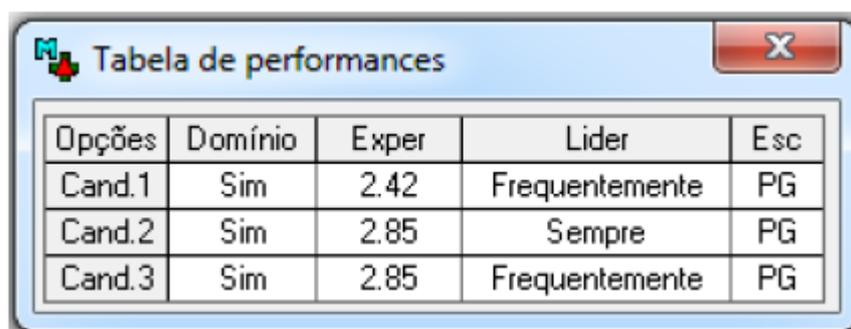
7. ANÁLISE DOS RESULTADOS

As A pesquisa “qualitativa preocupa-se em analisar e interpretar aspectos mais profundos”, dessa maneira, “fornece análise mais detalhadas sobre as investigações, hábitos, atitudes,

tendências de comportamentos etc”, (Marconi; Lakatos, 2009, p. 269). Para análise da “Escolha de Gerente”, fora, antecipadamente, designado peso a cada critério que constituíam a estrutura da árvore com o objetivo de apresentar um percentual final obtido por cada gerente entrevistado. Assim, para o critério “Experiência” foi atribuído peso correspondente a 40%, sendo este considerado ponto essencial para a escolha do Gerente de Projetos, além deste, foram considerados mais três critérios: “Domínio em Gestão de Projetos”, com 28%, “Liderança”, notando o peso igual a 22% e para totalizar os 100%, “Escolaridade” corresponde ao peso de 10%.

As Pontuações de referência tinham como referência superior o valor 100 e referência inferior igual a 0, sendo que para cada critério os pesos foram ajustados aleatoriamente de acordo com as pontuações de referência.

Na figura 2 encontram-se tabulado as respostas coletadas dos candidatos através do questionário aplicado. Através desses dados inseridos na tabela de performances, será possível fazer toda e qualquer análise posteriormente, é aqui que se encontra também a possibilidade de alterar qualquer informação dos candidatos.



Opções	Domínio	Exper	Lider	Esc
Cand.1	Sim	2.42	Frequentemente	PG
Cand.2	Sim	2.85	Sempre	PG
Cand.3	Sim	2.85	Frequentemente	PG

Figura 2: Tabela de performances elaborada pelo M-Macbeth com as respostas obtidas.

Fonte:Software M-Macbeth, 2014.

Estruturando as bases de comparação dos nós critérios, definimos “Experiência” como sendo de nível quantitativo, para os outros três critérios (Domínio, Liderança e Escolaridade), ambos notaram como sendo de nível qualitativo.

Fazendo uma análise da tabela de pontuações, como mostra a figura 3, constata-se no valor Global atribuído, após a inserção dos dados coletados, o percentual obtido pelos candidatos e, suas respectivas “notas” em cada nó critério aos quais constituem sua média ponderada

final. Claramente, é também possível enxergar os pesos de cada nó critério que fora considerado inicialmente para seus reais valores para a tomada de decisão futuramente.

Opções	Global	Domínio	Exper	Lider	Esc
Cand.1	77.63	100.00	75.14	42.86	100.00
Cand.2	97.17	100.00	93.57	100.00	100.00
Cand.3	85.74	100.00	93.57	42.86	100.00
[tudo sup.]	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
[tudo inf.]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pesos :		0.3200	0.4400	0.2000	0.0400

Figura 3: Tabela de pontuações elaborada pelo M-Macbeth. Fonte:Software M-Macbeth, 2014.

Para não chegar a uma conclusão precipitada, analisando apenas a Tabela de pontuações, há também a possibilidade de analisar o domínio de um candidato sobre o outro através da Análise de robustez, como ilustra a figura 4, onde o símbolo em vermelho (triângulo equilátero) representa tal situação que uma opção domina outra opção se for mais atrativa nos nós critérios ou ao menos em um critério. Esta Análise de robustez ilustra exatamente qual a melhor decisão a ser tomada, ou seja, nela está contida todas as informações relevantes do candidato e sua atratividade sobre outros, podendo assim tomar uma decisão com apenas um olhar superficialmente à figura. Mas também existe a opção de uma análise mais complexa, o qual não veio a ocasião pelo fato da superioridade de um candidato.

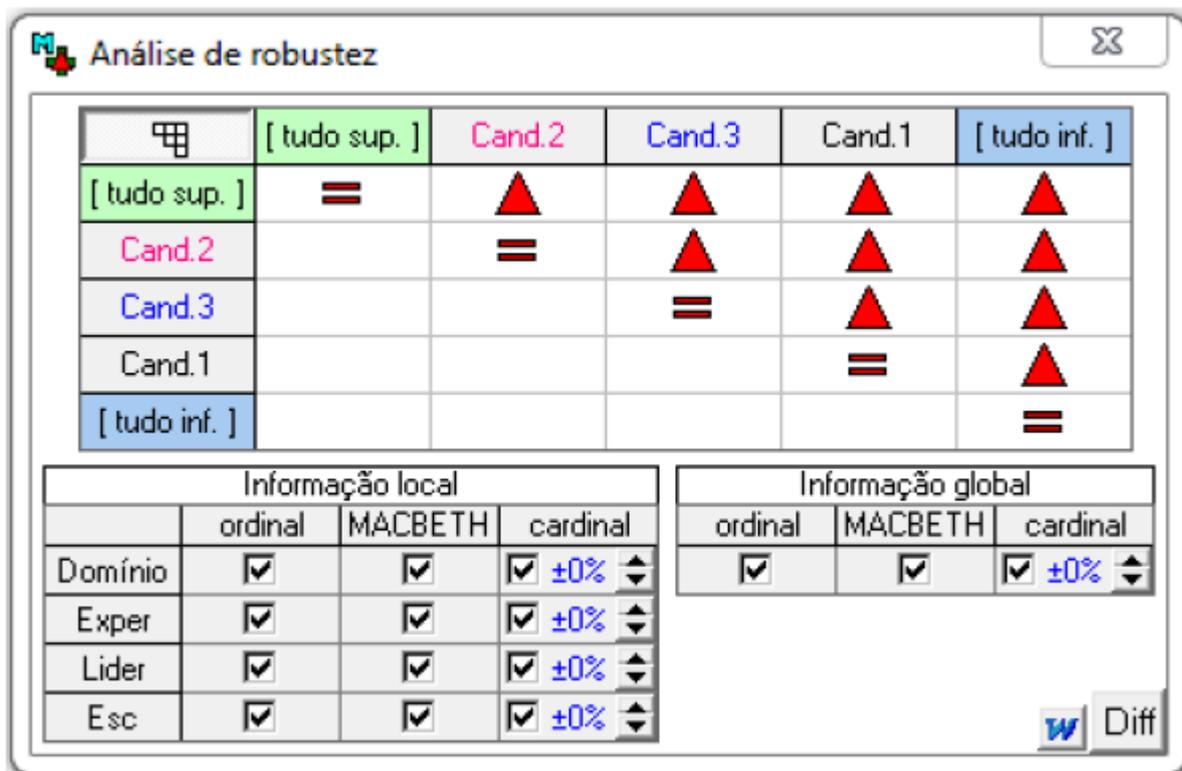


Figura 4 – Análise de robustez elaborada pelo M-MACBETH. Software M-Macbeth, 2014.

Concluindo a etapa de análise para o modelo criado, percebeu-se a dominância do candidato dois mostrando-se o mais atrativo entre os demais. Para tanto, nota-se que sua pontuação no nó critério Liderança foi superior e, esta opção critério com peso 22 em percentual, implicou na decisão final da seleção do gerente de projetos. Para tanto, foram coletados dados de gerentes reais através de questionários eletrônicos e, posteriormente inseridos no modelo criado para Escolha de Gerente de Projetos para uma empresa fictícia, levando em consideração fazer a melhor escolha do profissional sem haver interferência de pessoas na decisão.

8. CONCLUSÃO

Tomar decisão é uma tarefa delicada, difícil, impactante e que muitas vezes pode levar em consideração condições emocionais e interpessoais daquele que a toma. Neste trabalho foi apresentado o Modelo Multicritério Macbeth como uma ferramenta para auxiliar na tomada de decisão.

O Modelo Multicritério Macbeth faz à análise dos atributos inseridos na árvore submetida por quem toma a decisão e posteriormente calcula os valores dessas variáveis nos atributos,

chegando assim a uma classificação final mostrando os resultados obtidos sem o intermédio de qualquer órgão externo.

A abordagem proposta foi avaliada utilizando dados de três candidatos postos ao cargo de gerente de projetos. Considerando a média obtida pelos candidatos, em cada atributo existente, pode-se concluir que o Modelo Multicritério Macbeth atingiu bons resultados mostrando sua eficiência fazendo a melhor escolha para o cargo. Assim, consideramos apropriada e eficiente a utilização da ferramenta aqui proposta para auxiliar na tomada de decisão, pelo fato de seus resultados serem precisos e condizentes com a situação analisada no trabalho.

Como trabalhos futuros, pretendemos levar a utilização dessa ferramenta para outra área onde a demanda de candidatos ao cargo seja maior, com o objetivo de fazer uma análise minuciosamente em sua complexidade para concluir com mais certeza e clareza a eficiência desta ferramenta.

REFERÊNCIAS

BANA E COSTA, C. A., & SILVA, M. B. F. A. (2010). Modelo multicritério de avaliação de capacidade empreendedora em empresas de base tecnológica. *Engevista*, v10, n. 1, p. 4-14, jun 2010.

BANA E COSTA, C. A., DE CORTE, J.-M. & VANSNICK, J.-C. 2012. MACBETH. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 11, 359-387.

BRANS, J. P.; VINCKE, P. H. A preference ranking organization method, the PROMETHEE method for MCDM. *Mgmt. Sci.*, v. 31, p. 647-656, 1985

CHAVES, M. C. C. et al. Uso integrado de dois métodos de apoio à decisão multicritério: VIP Analysis e MACBETH. *Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento*, v. 2, n. 2, p. 89-99, 2010.

CARDOSO, R. S. et al. Uso de SAD no apoio à decisão na destinação de resíduos plásticos e gestão de materiais. *Pesqui. Oper.*, Rio de Janeiro, v. 29, n. 1, p. 67-95, Apr. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-74382009000100004&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 29 de junho 2015.

DEL DUCA, F. V. P., LONGO, G. L. P., & DE VIT, A. R. D. Sistema De Apoio A Decisão Nas Organizações: Transformando Dados Em Informações. Disponível

em: <http://www.administradores.com.br/_resources/files/_modules/academics/academiccs_2562_20100228182711d0eb.pdf>. Acesso em: 29 de junho de 2015.

DIAS, L.C. e CLÍMACO, J.C.N. (2000) Additive Aggregation with variable Interdependent Parameters: the VIP Analysis Software. *Journal of Operational Research Society*, 51, (9), 1070-1082.

FIGUEIREDO, L. M. J. Modelo multicritério de apoio à substituição de equipamentos médicos hospitalares. 2009. 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica) – Universidade Técnica de Lisboa. 2009.

GOMES, L. F. A. M.; ARAYA, M. C. G.; CARIGNANO, C. Tomada de decisões em cenários complexos: introdução aos métodos discretos do apoio multicritério à decisão. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

JÚNIOR, S. A. M. BORTOLIN. Sistemas de Apoio à Decisão. Urcamp-Brasil. Disponível em: <<http://www.al.urcamp.tche.br/infocamp/edicoes/nov05/Apoio%20a%20Decisao.pdf>>. Acesso em 29 de junho de 2015.

MARCONI, M. D.; & LAKATOS, E. M. (2009). Metodologia Científica (5 ed.). Atlas S.A.: São Paulo.

NOGUEIRA, C.W. O enfoque da logística humanitária na localização de uma central de inteligência e suporte para situações emergenciais e no desenvolvimento de uma rede dinâmica. 2010. 273 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

OLIVEIRA, M. M. (2007). Como fazer pesquisa qualitativa. Petrópolis: Vozes.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE - PMI. (2013). A Guide to the Project Management Body of Knowledge – (PMBOK Guide) (5 ed.). EUA: Project Management Institute.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE - PMI. Site oficial do PMI. Disponível em: <<http://www.pmi.org>>. Acesso em 22/07/2014.

REZENDE, D. A., & ABREU, A. F. (2013). Tecnologia de Informação (9 ed.). São Paulo: Atlas.

REIS, E. dos; LOBLER, M. L. O processo decisório descrito pelo indivíduo e representado nos sistemas de apoio à decisão. *Rev. adm. contemp.*, Curitiba , v. 16, n. 3, p. 397-417, Junho de 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141565552012000300005&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 29 de junho de 2015.

SAATY, T. L. Método de análise hierárquica. São Paulo: Makron Books, 1991.

TZENG, G.H.; HUANG, J.J. Multiple attribute decision making: methods and applications. New York: CRC Press. Taylor & Francis Group, 2011.

Capítulo 25

ORDENAÇÃO DE MUNICÍPIOS POR POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO DE ÁGUAS COM FÁRMACOS ONCOLÓGICOS POR COMPOSIÇÃO PROBABILÍSTICA DE PREFERÊNCIAS

[DOI: 10.37423/200500836](https://doi.org/10.37423/200500836)

Luiz Octávio Gavião - luiz_gaviao@id.uff.br

Ronaldo Ferreira da Silva - ronaldo.docmsg@gmail.com

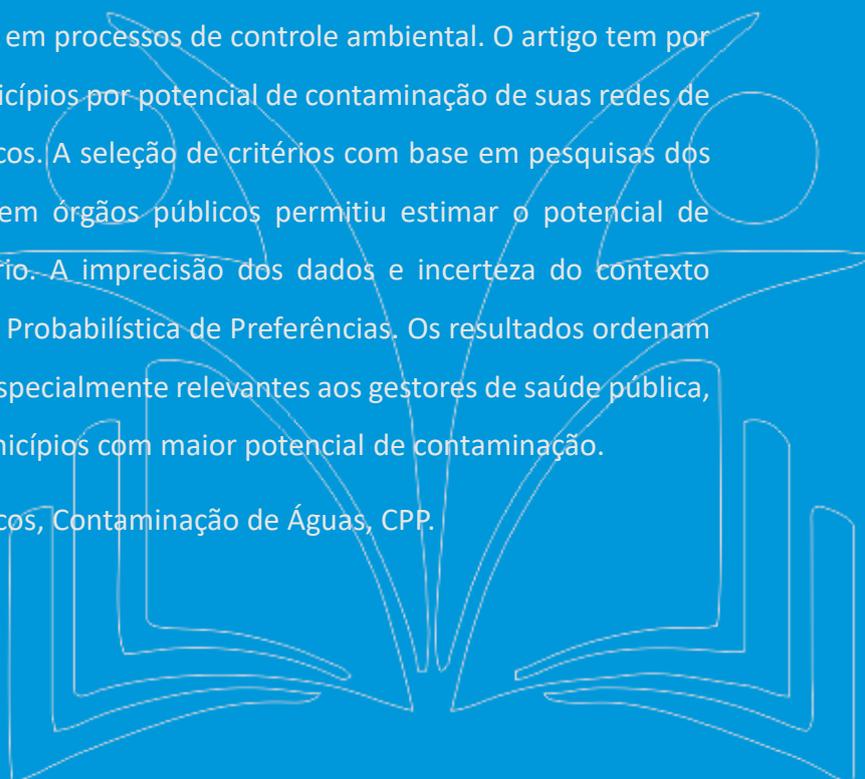
Annibal Parracho Sant'Anna - annibal.parracho@gmail.com

Gilson Brito Alves Lima - glima@id.uff.br

RESUMO: Os fármacos oncológicos lançados in natura ou após o uso com pacientes persistem no ambiente aquático, inclusive após a passagem por estações de tratamento. A maioria dos serviços de saúde não realiza tratamento prévio em seus efluentes. Para agravar o problema, essas substâncias não são mensuradas em processos de controle ambiental. O artigo tem por objetivo ordenar uma amostra de municípios por potencial de contaminação de suas redes de água e esgoto com fármacos oncológicos. A seleção de critérios com base em pesquisas dos principais autores no tema e dados em órgãos públicos permitiu estimar o potencial de contaminação por método multicritério. A imprecisão dos dados e incerteza do contexto motivaram a utilização da Composição Probabilística de Preferências. Os resultados ordenam treze municípios da região sul, sendo especialmente relevantes aos gestores de saúde pública, por permitir priorizar recursos aos municípios com maior potencial de contaminação.

PALAVRAS CHAVE: Fármacos Oncológicos, Contaminação de Águas, CPP.

Tópico: ADP; AS; ADM.



1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural indispensável à vida e necessário a quase todas as atividades econômicas o que a torna cada vez mais escassa e sua obtenção mais onerosa. Rios, lagos, redes pluviais, dentre outros corpos d'água em geral são receptores de despejos poluentes, nem sempre diluídos ou degradados no meio ambiente. Os fármacos, por exemplo, lançados após a bio transformação e excreção de pacientes internados em hospitais ou em seus domicílios, persistem no ambiente aquático, inclusive após a passagem por estações de tratamento. Existem diversas pesquisas sobre a presença de fármacos em efluentes hospitalares, redes de esgoto sanitário, estações de tratamento e no ambiente aquático [Avella et al. 2010; Booker et al. 2014; Bottoni et al. 2010; Kümmerer 2003, 2008; Lenz et al. 2007; Rowney et al. 2009; Zhang et al. 2013; Zouneková et al. 2007].

Uma das classes de produtos farmacêuticos com maior potencial para causar efeitos negativos no ambiente é a dos antineoplásicos. Essas substâncias se encontram em aproximadamente 70% dos tratamentos em pacientes oncológicos. Além disso, estes fármacos têm o potencial de atuar praticamente sobre todos os organismos vivos e minerais, tornando-os prejudiciais aos ecossistemas. Diante deste cenário, os antineoplásicos passaram a ser inseridos no debate ambiental, principalmente em função do desconhecimento sobre o seu destino e toxicidade.

A legislação brasileira determina que as excretas de pacientes tratados com fármacos antineoplásicos podem ser eliminadas na rede de esgoto, desde que haja um sistema de tratamento na região onde se encontra o serviço. Caso não exista tratamento de esgoto, devem ser submetidas a tratamento prévio no próprio estabelecimento [ANVISA 2004]. Este problema se agrava no Brasil, pois a maioria dos serviços de saúde não realiza tratamento prévio em seus efluentes, lançando seus despejos in natura na rede coletora de esgotos, tendo como destino final um corpo receptor (i.e. ser humano, espécies animais e vegetais). Se a vazão da rede de esgotamento sanitário for insuficiente para que haja uma diluição e não houver uma degradação nas plantas municipais de tratamento, podem alcançar as águas de superfície.

Se os órgãos públicos de saúde e meio ambiente dispusessem de recursos, meios e pessoal especializado para a medição in loco dos fármacos despejados na rede de águas e esgotos, bastaria medir as quantidades das substâncias coletadas e, com base nos dados, apoiar as decisões de investimento em saneamento básico. De fato, isto não está disponível aos órgãos públicos do país. Em face dessas dificuldades, é possível aplicar ferramentas de pesquisa operacional para estimar as localidades mais vulneráveis à contaminação por estes fármacos, com a finalidade de contribuir para o apoio à decisão dos municípios, precedendo e complementando outros métodos mais caros e complexos.

Nesse contexto, este artigo tem por objetivo ordenar alguns municípios brasileiros por potencial de contaminação de suas redes de água e esgoto com fármacos oncológicos. Os resultados obtidos são relevantes ao apoio à decisão dos gestores de saúde pública. A ordenação dos municípios pode, por exemplo, auxiliar na distribuição dos recursos orçamentários do estado sob análise, para que priorizem o saneamento dos municípios com maior potencial de contaminação. Além disso, considerando as dimensões continentais do país, os órgãos de vigilância sanitária podem otimizar a alocação de equipes e materiais de coleta e análise de amostras em locais selecionados, com base nos resultados desta pesquisa.

Com base em critérios identificados nas pesquisas dos principais autores neste tema, visualizou-se a aplicação de metodologia de apoio à decisão multicritério (MCDM). O contexto do problema indica o uso de um método de ordenação, tanto por sua robustez em relação a outros métodos quanto por contribuir com o objetivo do artigo [Pomerol e Barba-Romero 2012]. A imprecisão dos dados do problema motivou a utilização do método de Composição Probabilística de Preferências (CPP), que se destina à ordenação multicritério de alternativas por abordagem probabilística [Sant'Anna 2015a].

Por necessidade de concisão do texto, priorizou-se uma amostra de municípios da região sul do país, sendo ordenados por região e por estado. Para tanto, este artigo apresenta na Seção 2 uma revisão da literatura, na Seção 3 a metodologia de pesquisa, na Seção 4 a análise dos resultados e, por fim, na Seção 5 as considerações finais.

2. REVISÃO DA LITERATURA

A revisão da literatura aborda os principais aspectos relacionados ao despejo de fármacos nas redes de saneamento urbano e ao método CPP.

2.1 FÁRMACOS E SANEAMENTO URBANO

Os medicamentos, juntamente com os pesticidas e os detergentes, constituem uma das principais classes de agentes poluentes cujo principal impacto ambiental é a toxicidade dos ecossistemas devido à baixa ou inexistente biodegradabilidade [Sperling 2005]. Quando lançados indevidamente em sistemas sanitários, os compostos farmacêuticos podem percorrer dois caminhos: os sistemas de esgotos ou o solo por infiltração através de fossas sépticas. Caso não sejam eficazmente degradados ou eliminados durante os processos de tratamento podem atingir as águas superficiais e subterrâneas, podendo estar presentes na água potável [Kümmerer 2003].

Os fármacos compreendem centenas de substâncias com propriedades físico-químicas diferentes entre si. Este cenário faz com que sejam considerados contaminantes emergentes do solo e da água pela sua pouca ou nenhuma biodegradabilidade nas estações de tratamento, fato agravado pelo lançamento das excretas dos pacientes após a sua administração na rede de esgoto doméstico [Bottoni et al. 2010].

Estudos recentes demonstraram que vários fármacos são persistentes no meio ambiente, devido a sua resistência a vários processos normalmente utilizados para o tratamento de água. Dessa forma, os fármacos não são removidos nas estações de tratamento de esgoto, passando a fazer parte do meio ambiente através das descargas de efluentes nestas estações [Barreto 2007]. Diversos fármacos foram detectados na água potável oriunda da bacia do rio Atibaia (SP), principal manancial utilizado para o abastecimento público da região, apresentando concentrações de hormônios sexuais muito próximas, indicando a ineficiência do tratamento empregado na remoção dos mesmos [Ghiselli 2008]. Outro estudo realizado na cidade do Rio de Janeiro, com drogas de uso humano constatou que durante a passagem pela Estação de Tratamento de Esgotos (ETE), a taxa média de remoção individual das drogas selecionadas para a pesquisa foi de 12 % a 90 %, indicando que a remoção incompleta desses resíduos pela ETE pode trazer consequências negativas para o meio aquático [Colaço et al. 2015].

A diluição de um poluente nas redes sanitárias é dependente, dentre outros fatores, da densidade populacional. Quanto maior a concentração de habitantes por área, maior a carga de efluentes e conseqüentemente maior a diluição e menor a participação relativa do poluente no ambiente [Sperling 2005]. Entretanto, estudos realizados no Brasil e no exterior demonstram que, mesmo em regiões com grande densidade populacional como São Paulo e Rio de Janeiro, foi detectada a presença de fármacos em águas superficiais antes e depois das estações de tratamento.

Dentre os fármacos com grande potencial para causar efeitos negativos no ambiente destacam-se os antineoplásicos. Sua principal fonte de inserção no esgoto ou no ambiente são excreções (i.e. urina e fezes) de pacientes em tratamento [Zampieri 2013]. A utilização destes medicamentos tem crescido, na medida em que aumentam os casos de câncer na sociedade. Recentes estudos comprovam a sua presença em rios e ETE, sendo então considerados micro poluentes emergentes das organizações hospitalares [Avella et al. 2010].

Apesar do aumento da utilização dos fármacos antineoplásicos nos tratamentos do câncer e da importância do possível impacto ambiental causado pela sua presença e de seus metabólitos em rios e mananciais, ainda são reduzidos os estudos sobre os possíveis danos causados pelos resíduos destes fármacos sobre o ambiente [Zhang et al. 2013]. Porém, o aumento da incidência e prevalência dos casos de câncer, aliados à ineficácia dos atuais métodos utilizados de tratamento de efluentes fará com que sejam cada vez mais necessários os estudos do risco ambiental destes medicamentos [Rowney et al. 2009].

A natureza farmacológica dos quimioterápicos faz com que, mesmo quando os efluentes hospitalares contendo estes medicamentos sejam tratados, ainda sejam encontrados traços destes fármacos em baixas concentrações no meio ambiente. Isto demonstra a importância do desenvolvimento de pesquisas que busquem por alternativas de tratamento que reduzam o impacto destes medicamentos no meio ambiente e nos seres vivos [Barreto 2007]. Embora diversos estudos demonstrem que são necessárias altas concentrações destes medicamentos para provocar efeito tóxico, alguns fármacos são consumidos em grande escala, aumentando significativamente o seu despejo nos efluentes, corroborando a tese de que é importante um constante monitoramento destes medicamentos em efluentes hospitalares [Zouneková et al. 2007].

Em relação à biodegradabilidade destes fármacos, estudos experimentais têm demonstrado que muitos apresentam meia-vida de degradação superior a 100 dias, podendo persistir por anos. Além disso, estes fármacos não são sensíveis aos processos de degradação comumente presentes no ambiente aquático e no solo [Bottoni et al. 2010]. Um estudo recente realizado na China comprovou a ocorrência de diversos citostáticos em efluentes hospitalares que, mesmo em baixas concentrações, permanecem em águas superficiais e podem ser armazenados em microrganismos marinhos, causando desequilíbrios no ambiente [Yin et al. 2010].

No Brasil, ainda há poucos estudos direcionados para a presença de antineoplásicos em efluentes hospitalares. Destaca-se um estudo conduzido em 127 hospitais, constatando que apenas três dispunham de estações de tratamento própria. Esta carência, tanto de pesquisas quanto das instalações ilustram a relevância do tema e a necessidade do desenvolvimento de pesquisas que relacionem o lançamento dos efluentes de serviços de saúde com a capacidade de coleta e tratamento destes efluentes [Vecchia et al. 2010].

2.2 MÉTODO CPP

O método CPP se destina à ordenação de alternativas em problemas MCDM, com base na teoria de probabilidades. O método foi inicialmente proposto por [Sant'Anna e Sant'Anna 2001] e [Sant'Anna 2002], recebendo desde então as mais diversas aplicações em apoio à decisão. Em especial, cabe destacar as aplicações similares com a ordenação de países e unidades da federação, em diferentes tipos de problemas [Dutt-Ross et al. 2010; Sant'Anna 2015; Sant'Anna et al. 2013; Sant'Anna 2014].

De maneira geral, o método se baseia na ideia-chave da imprecisão dos dados que compõem a matriz de decisão de um problema MCDM. Dessa forma, a avaliação da preferência de uma alternativa pode assumir a forma de uma probabilidade dessa alternativa ser escolhida diante das demais. Segundo [Sant'Anna 2015a], essa abordagem traduz a subjetividade implícita em qualquer processo de escolha. Essa imprecisão pode decorrer de diferentes processos que envolvem avaliações de especialistas, de medidas de desempenho imprecisas, de processos com sistemas métricos imperfeitos, dentre outros que envolvem avaliações humanas em situação de incerteza.

O método se desenvolve em três estágios. O primeiro se refere à aleatorização das avaliações, que consiste em associar distribuições de probabilidade para substituir os valores exatos das medidas de preferência. A escolha da função probabilística que melhor se ajusta aos dados pode advir de informações a priori, de circunstâncias similares ao problema em questão. Por exemplo, dados de fadiga em materiais são geralmente ajustados com distribuições de Weibull ou de Birnbaum-Saunders, taxas de falhas em equipamentos por distribuições exponenciais, dentre outros casos [Chiodo e Lauria 2015; Leiva et al. 2014]. A escolha da função probabilística pode também advir do uso de métodos estatísticos para o ajuste dos dados a distribuições conhecidas [Delignette-Muller e Dutang 2014]. Outra forma é simular dados com base na distribuição empírica que descreve o comportamento das variáveis [Gavião et al. 2016]. Em síntese, um dado é assumido como uma medida de posição em uma distribuição de probabilidades, que reflete a imprecisão do problema em análise [Sant'Anna 2015a].

No segundo estágio do CPP, são calculadas as probabilidades conjuntas de preferência máxima (M_{ij}) e mínima (m_{ij}) de cada alternativa “ i ” em relação às demais, combinando as preferências obtidas para cada critério “ j ”, em que “ j ” varia de 1 a “ m ”. A composição pode empregar qualquer distribuição multivariada de probabilidade, entretanto a função que descreve esse comportamento é usualmente desconhecida. Nesse caso, assume-se independência estatística para simplificar o cálculo das probabilidades conjuntas pelo produto das funções marginais de probabilidade. O desenvolvimento matemático neste contexto resulta em preferências pela opção “ i ” segundo o critério “ j ” dadas pelas equações (1) e (2).

$$M = \prod_{j=1}^m \left[\int_{x_i}^{\infty} F_{-i}(x) f_j(x) dx \right] \quad (1)$$

$$m = \prod_{j=1}^m \left[\int_{x_i}^{\infty} (1 - F_{-i}(x)) f_j(x) dx \right] \quad (2)$$

Nas equações (1) e (2), F_X , f_s e DX_i representam respectivamente a função distribuição cumulativa (cdf) da variável “ x - i ”, que indica as demais alternativas sob o mesmo critério, à exceção da variável x_i considerada no cálculo, a função densidade de probabilidade (pdf) e o suporte da variável aleatória “ x_i ” [Sant'Anna et al. 2012].

No terceiro estágio do CPP, efetua-se a composição das probabilidades “Mij” e “mij” em escores de preferência global, para diferentes pontos de vista do decisor. Esses pontos de vista são estimativas descritas a partir de um eixo progressista (P) - conservador (C) e um eixo otimista (O)

- pessimista (P). Esses eixos permitem definir, pelas quatro combinações possíveis, os pontos de vista: PP, PO, CP e CO. O eixo progressista-conservador se refere à escolha de “Mij” ou “mij” como parâmetro de composição final. O extremo progressista utiliza o “Mij”, por envolver o conceito de “maior ganho”, em que o foco do decisor reside nas alternativas próximas à fronteira de excelência. O extremo conservador utiliza o “mij”, que traduz a ideia de “evitar perdas”, em que o decisor objetiva diferenciar as alternativas próximas à fronteira de pior performance.

O eixo otimista-pessimista se refere ao uso dos operadores lógicos de interseção (i.e. “e”) e união (i.e. “ou”) nas equações dos pontos de vista. No caso progressista, o enfoque otimista considera suficiente a preferência em relação a apenas um critério, enquanto o extremo pessimista, de natureza mais exigente, requer a preferência segundo todos os critérios simultaneamente.

$$PP_i = \prod_{j=1, \dots, n} M_{ij}, \quad PO_i = 1 - \prod_{j=1, \dots, n} (1 - M_{ij}) \quad (3)$$

As equações (3) descrevem os cálculos dos pontos de vista PP e PO, que foram utilizados neste artigo, sendo omitidas outras abordagens propostas por [Sant’Anna 2015a], não aplicáveis ao contexto do problema. Nessas equações, a variável “n” indica a quantidade de critérios “j”.

3. METODOLOGIA

A escolha de um método MCDM para o problema de pesquisa orientou a aplicação de metodologia proposta para tais métodos, sendo adaptados os principais passos descritos por [Pomerol e Barba-Romero 2012]. A sequência de procedimentos foi sintetizada na Figura 1.

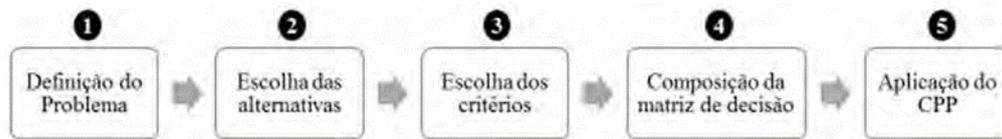


Figura 1 – Metodologia

A definição do problema foi apresentada na introdução deste artigo. Cabe ressaltar que os condicionantes do problema foram os orientadores para a escolha de um método MCDM, capaz de ordenar alternativas, com a capacidade de modelar dados imprecisos e sob contexto de incerteza acerca dos fatores que impactam sobre o potencial de contaminação das redes de saneamento com fármacos oncológicos. Esse contexto motivou o uso do método CPP, que se adequa a tais características de imprecisão e incerteza.

Na segunda etapa, a escolha das alternativas se referiu à amostra de municípios a serem analisados no problema. Foram escolhidos treze municípios da região sul do país. Do Paraná (PR) foram selecionadas as cidades de Curitiba, Ponta Grossa, Londrina, Maringá, Cascavel e Foz do Iguaçu; de Santa Catarina (SC), as cidades de Blumenau e Joinville; e do Rio Grande do Sul (RS) as cidades de Porto Alegre, Canoas, Caxias do Sul, Pelotas e Santa Maria. A escolha desses municípios decorreu de sua localização no interior, pois o foco do estudo é o potencial de contaminação de rios e lagos. Outro fator para a escolha foi a disponibilidade de unidades de atendimento oncológico pelo Sistema Único de Saúde (SUS) e do acesso aos dados referentes aos demais critérios desta pesquisa. Dados incompletos dos órgãos consultados determinaram a exclusão de outros municípios inicialmente considerados na pesquisa.

Na terceira etapa, foram definidos quatro critérios para a avaliação dos municípios: (1) índices de atendimento total de esgotos, em percentuais; (2) índice de esgoto tratado por água consumida, em percentuais; (3) densidade demográfica, em população por área territorial; (4) total de pacientes tratados em atendimentos ambulatoriais oncológicos, realizados pelo SUS.

O índice de atendimento total de esgoto é definido pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), do Ministério das Cidades, como a “população total atendida com esgoto” e compreende o valor da soma das populações urbana e rural das localidades atendidas com esgotamento sanitário pelo prestador de serviços, no último dia do ano de referência. Esse indicador é calculado pelo quociente da população atendida com esgoto

dividida pela população total. Foram utilizados os dados entre 2010 e 2014. Quanto menor este índice, maior a possibilidade das excretas de pacientes contendo resíduos de fármacos serem lançadas diretamente nas redes de sanitárias [BRASIL 2016].

O índice de esgoto tratado por água consumida é calculado pelo quociente do volume de esgoto tratado, dividido pelo volume de água exportado. O volume de esgoto tratado é o registro anual de esgoto coletado na área de atuação do prestador de serviços e que foi submetido ao tratamento, sendo medido ou estimado na entrada da ETE. O volume de água exportado é o volume anual de água potável, previamente tratada, transferido para outros agentes distribuidores. Para inferir o tratamento do esgoto coletado nos municípios, utilizou-se o índice de esgoto tratado referido à água consumida, disponibilizado pelo SNIS entre 2010 e 2014. Quanto menor este índice, menor a probabilidade de que o resíduo dos fármacos seja retirado dos efluentes antes do seu lançamento nas águas de superfície, porém, isso depende do tipo de tratamento utilizado e das características de cada fármaco, o que não é objeto deste estudo [BRASIL 2016].

A densidade populacional dos municípios pesquisados é o resultado do contingente populacional por área territorial. Esses dados são disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e se referem ao período compreendido entre 2010 e 2014. Quanto menor a densidade de um município, menor será este fluxo diário de água residual e conseqüentemente menor será a tendência de diluição na rede de esgoto da porção excretada dos fármacos. Esta cadeia de eventos amplia probabilidade de detecção dos fármacos nas redes, rios e lagos. Entretanto, cabe ressaltar que alguns fármacos são insolúveis e persistentes no ambiente aquático, agravando ainda mais o problema e devem ser objeto de estudos futuros.

O total de pacientes tratados se refere aos anos de 2014 e 2015 e os totais foram obtidos no sistema DATASUS do Ministério da Saúde [BRASIL 2016a]. Foram considerados os atendimentos em oncologia, independentemente do procedimento realizado (i.e. pequena cirurgia, consulta, quimioterapia, radioterapia ou tratamento paliativo). Quanto maior o número de pacientes oncológicos atendidos por um município, maior será a excreção de resíduos de fármacos pelos pacientes tratados e conseqüentemente maior será o lançamento destes resíduos na rede de esgoto municipal.

Na quarta etapa é composta a estrutura matricial de alternativas, critérios e avaliações, reunindo os dados das etapas anteriores. Por necessidade de constrição do texto, a Tabela 1 apresenta um extrato da matriz de decisão, exemplificada com os dados de 2015.

Tabela 1 - Extrato da matriz de decisão

Município	Índice de Atendimento Total de Esgoto (%)	Índice de Esgoto Tratado / Água Consumida (%)	Densidade Demográfica	Total de Pacientes Tratados
Canoas-RS	21,93	17,82	2470,15	278
Caxias do Sul-RS	90,82	31,67	264,89	1683
Pelotas-RS	57,95	19,2	203,89	7480
Porto Alegre-RS	89,4	27,99	2837,53	34149
Santa Maria-RS	51,63	44,86	145,98	1531
Joinville-SC	21,85	18,61	457,58	5256
Blumenau-SC	29,19	17,77	595,97	7069
Cascavel-PR	77,94	83,01	136,23	25219
Curitiba-PR	99,18	89,71	4027,04	22401
Foz do Iguaçu-PR	75,48	78,89	414,58	2803
Londrina-PR	97,58	99,81	306,52	10782
Maringá-PR	95,27	93,7	733,14	7441
Ponta Grossa -PR	95,99	85,27	150,72	2965

Fonte: os autores

A última etapa da metodologia se referiu à aplicação do CPP à matriz de decisão, conforme descrito no item 2.2. Os resultados em cada etapa do CPP estão apresentados e analisados na Seção

4. Para os cálculos foi utilizado o software “R” (R-Core-Team, 2015).

Nesta pesquisa utilizou-se a distribuição empírica para a aleatorização da matriz de decisão, a partir da simulação de Monte Carlo de novas amostras com 1500 dados, gerados a partir das amostras coletadas. A ordenação probabilística dos municípios foi implementada com auxílio do pacote “EnvStats” e da função “integrate” do software “R”. O pacote “EnvStats” disponibiliza as funções “demp” e “pemp” para modelar, respectivamente, as funções densidade e cumulativa de probabilidades empíricas das amostras reproduzidas por simulação de Monte Carlo. A função “integrate” operacionalizou as equações (1) e (2) no “R”, enquanto as equações (3) e (4) envolvem operações matemáticas básicas [Gavião et al. 2016].

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados serão apresentados para as três etapas do CPP.

4.1 PRIMEIRO ESTÁGIO DO CPP

A Figura 2 apresenta um extrato das funções densidade de probabilidade (PDF) das distribuições empíricas dos dados de cada cidade, para o Critério 1, geradas por simulação de Monte Carlo, para nova amostra com 1500 dados.

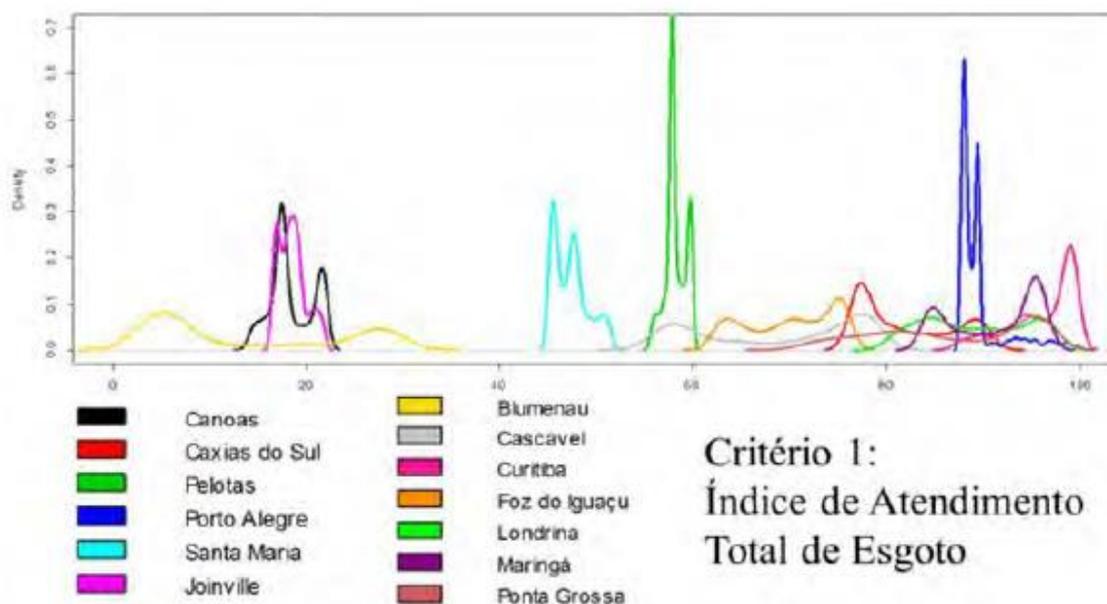


Figura 2: PDF das distribuições empíricas do Critério 1

As séries temporais dos municípios, referentes aos registros dos sete anos anteriores nos diferentes critérios, foram utilizadas como base para estabelecer as distribuições de probabilidades empíricas para cada critério, seguindo o procedimento de cálculo proposto por [Gavião et al. 2016].

4.2 SEGUNDO ESTÁGIO DO CPP

A Tabela 2 descreve as probabilidades conjuntas para as cidades, em cada critério.

Tabela 2 - Probabilidades conjuntas (2ª etapa)

Municípios	Índice de Atendimento Total de Esgoto (%)		Índice de Esgoto Tratado / Água Consumida (%)		Densidade Demográfica		Total de Pacientes Tratados	
	MAX	min	MAX	min	MAX	min	MAX	min
Prob. Conjuntas								
Canoas-RS	0,00501	0,20739	0,00682	0,12156	0,01514	0,00028	0,00701	0,91705
Caxias Sul-RS	0,02991	0,00979	0,00663	0,16190	0,00511	0,00305	0,00681	0,04285
Pelotas-RS	0,00574	0,01789	0,00908	0,03204	0,01245	0,01921	0,00662	0,00046
P. Alegre-RS	0,03479	0,00962	0,01477	0,05478	0,06115	0,00002	0,87042	0,00001
Sta Maria-RS	0,00598	0,02571	0,02269	0,01975	0,01220	0,00003	0,00581	0,01229
Joinville-SC	0,00213	0,17334	0,01158	0,16684	0,00830	0,00200	0,00437	0,00397
Blumenau-SC	0,00658	0,46617	0,05092	0,39691	0,00963	0,00093	0,00632	0,00132
Cascavel-PR	0,01646	0,02686	0,06010	0,01048	0,01917	0,95806	0,01868	0,00011
Curitiba-PR	0,40216	0,01580	0,18434	0,00548	0,82187	0,00000	0,03689	0,00040
Foz Iguaçu-PR	0,01238	0,01538	0,04430	0,00739	0,00793	0,00218	0,00561	0,00499
Londrina-PR	0,16736	0,01128	0,14644	0,00898	0,00587	0,00295	0,01590	0,00038
Maringá-PR	0,15715	0,00860	0,36371	0,00544	0,00823	0,00094	0,00683	0,00116
Pta Grossa -PR	0,15435	0,01218	0,07862	0,00844	0,01296	0,01035	0,00873	0,01501
Soma Prob.	1	1	1	1	1	1	1	1

Fonte: os autores

A Tabela 2 apresenta os resultados da segunda etapa do CPP. As cidades foram avaliadas sob os quatro critérios, a partir das equações (1) e (2). Para cada critério foram calculadas as probabilidades conjuntas de cada cidade receber avaliações superiores e inferiores em relação às demais cidades simultaneamente, recebendo as descrições "MAX" e "min", respectivamente, nas colunas de cada critério. Por exemplo, a cidade de Curitiba-PR, no critério "Índice de Atendimento Total de Esgoto (%)", apresentou 40% de probabilidade de coletar mais esgoto que cada uma das demais cidades. Nesse mesmo critério, a cidade de Canoas-RS, apresentou 21% de probabilidade de ser a que coleta menos esgoto comparativamente às demais cidades do conjunto, conforme indicam as células destacadas no texto. Cabe ressaltar que os axiomas de probabilidades são respeitados, com especial atenção à soma unitária das probabilidades das cidades, para cada critério, conforme indica a última linha da matriz.

4.3 TERCEIRO ESTÁGIO DO CPP

A Tabela 3 apresenta os resultados das composições do CPP por pontos de vista PP e PO.

Tabela 3 - composições do CPP

Municípios	Maior Potencial de Contaminação (ponto de vista PP)		Maior Potencial de Contaminação (ponto de vista PO)	
	CPP	Rank	CPP	Rank
Canoas-RS	4,9E-08	5	3,1E-01	5
Caxias do Sul-RS	3,3E-08	6	1,8E-01	6
Pelotas-RS	7,3E-08	4	7,4E-02	7
Porto Alegre-RS	7,8E-09	8	8,8E-01	2
Santa Maria-RS	1,0E-10	12	5,1E-02	9
Joinville-SC	2,5E-07	3	3,2E-01	4
Blumenau-SC	1,1E-06	2	6,8E-01	3
Cascavel-PR	5,0E-06	1	9,6E-01	1
Curitiba-PR	1,5E-11	13	5,7E-02	8
Foz do Iguaçu-PR	1,4E-09	11	3,0E-02	12
Londrina-PR	4,8E-09	9	3,9E-02	11
Maringá-PR	3,0E-10	10	2,2E-02	13
Ponta Grossa -PR	9,3E-09	7	3,9E-02	10

Fonte: os autores

A Tabela 3 apresenta os resultados da terceira etapa do CPP. Observa-se a escolha dos pontos de vista de decisão com foco na vertente progressista, por aderência ao objetivo da pesquisa, previamente definido. O problema deve estabelecer a ordenação das cidades com maior potencial de contaminação, sendo então de interesse as composições que utilizem como referência as probabilidades conjuntas que maximizam essa orientação, no caso as composições PP e PO.

Deve-se alertar, entretanto, que os três critérios iniciais (i.e coleta, tratamento e densidade) apresentam impactos negativos e, dessa forma, as probabilidades conjuntas "min" compõem os cálculos dos pontos de vista PP e PO, enquanto o último critério "pacientes" participa das composições com as probabilidades "MAX", por apresentar impacto positivo sobre o potencial de contaminação das cidades. Por exemplo, em ambos pontos de vista, a cidade de Cascavel-PR apresentou o maior potencial de contaminação dentre as treze cidades analisadas. Esses resultados podem contribuir como apoio à tomada de decisão para que as políticas de saúde pública do PR, no sentido de priorizar esforços e recursos para o saneamento hospitalar nesse Estado, dentre outras medidas.

Em relação às cidades do PR, na Tabela 3, verifica-se que a cidade de Ponta Grossa obteve o segundo maior potencial de contaminação sob o ponto de vista PP e o terceiro maior sob o ponto de vista PO, o que também confere certa preocupação à Secretaria de Saúde daquele Estado, juntamente com a cidade de Cascavel.

Em relação a SC, parece evidente a necessidade de priorizar investimentos em Blumenau, quando comparada a Joinville, pois em ambos pontos de vista as ordenações apoiam essa decisão. Entretanto, ao considerar a avaliação global dos municípios, verifica-se que Joinville também está situada entre as três maiores sob o ponto de vista PP e entre as quatro maiores sob o ponto de vista PO, indicando também elevado potencial de contaminação.

No RS, as divergências entre as ordenações de Porto Alegre e Pelotas são marcantes. Nesse caso, talvez seja recomendável propor uma solução de compromisso, intermediária entre os pontos de vista. Tal composição está amparada por Sant'Anna (2015), podendo ser composta com o produto dos resultados do CPP ou mesmo com uma abordagem mais simples, a partir da teoria de ordenação de Borda. Este centenário método utiliza a composição dos rankings por soma em sua etapa final, o que permitiria identificar, por exemplo, que as cidades de Porto Alegre e Pelotas apresentariam ordenações finais de cinco pontos e Canoas, quatro pontos. Tal procedimento indicaria a necessidade de priorizar essas cidades em investimentos e projetos de saneamento hospitalar, em relação às demais cidades do RS.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo teve por objetivo ordenar municípios por potencial de contaminação de suas redes de água e esgoto com fármacos oncológicos. A escassez de dados sobre a quantidade e tipos de fármacos despejados como esgoto, associada à gravidade das substâncias para a saúde pública, foi motivador para a pesquisa. A revisão sistemática da literatura permitiu levantar quatro critérios potencialmente relevantes para estimar que municípios apresentam os maiores potenciais de contaminação das redes sanitárias.

A natureza do problema orientou o uso de método MCDM, preferencialmente com características aderentes à imprecisão dos dados e à incerteza decorrente da escassez de pesquisas específicas sobre o tema no Brasil. Nesse caso, aplicou-se o CPP e os municípios selecionados foram probabilisticamente ordenados.

Os resultados obtidos são relevantes ao apoio à decisão dos gestores de saúde pública. A ordenação dos municípios pode, por exemplo, auxiliar na distribuição dos recursos orçamentários do estado sob análise, para que priorizem o saneamento dos municípios com maior potencial de contaminação. Além disso, os resultados, mesmo que estimativos, são suficientes para alertar os gestores de saúde pública sobre o problema e para contribuir, desde já, para auxiliar a tomada de decisão sobre a prioridade de investimentos nas redes de saneamento hospitalar das cidades analisadas.

Para futuros estudos, visualiza-se a possibilidade de inclusão de novos municípios, com a expectativa de maior abrangência das bases de dados públicas. Deve-se também ampliar a análise de outros critérios que contribuam para estimar o potencial de contaminação dos municípios. Em médio prazo, a coleta de dados sobre fármacos nas redes de água e esgoto, in loco, poderá confirmar as estimativas desta pesquisa e proporcionar a elaboração de procedimentos que permitam generalizar as estimativas para outras cidades.

REFERÊNCIAS

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada - RDC Nr 306 (2004).

Avella, A. C., Delgado, L. F., Görner, T., Albasi, C., Galmiche, M., & De Donato, P. (2010). Effect of cytostatic drug presence on extracellular polymeric substances formation in municipal wastewater treated by membrane bioreactor. *Bioresource Technology*, 101(2), 518–526.

Barreto, P. S. (2007). Biodegradabilidade do antineoplásico ciclofosfamida por processo anaeróbio. Tese de Doutorado em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

Booker, V., Halsall, C., Llewellyn, N., Johnson, A., & Williams, R. (2014). Prioritising anticancer drugs for environmental monitoring and risk assessment purposes. *Science of the Total Environment*, 473, 159–170.

Bottoni, P., Caroli, S., & Caracciolo, A. B. (2010). Pharmaceuticals as priority water contaminants.

Toxicological & Environmental Chemistry, 92(3), 549–565.

BRASIL. (2016a). Sistema DATASUS. Retrieved May 5, 2016, from <http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php>

BRASIL. (2016b). Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). Retrieved May 2, 2016, from <http://www.snis.gov.br/>

Chiodo, E., & Lauria, D. (2015). Some Basic Properties of the Failure Rate of Redundant Reliability Systems in Industrial Electronics Applications. *Industrial Electronics, IEEE Transactions on*, 62(8), 5055–5062.

Colaço, R., Gomes, E. C., & Peralta-Zamora, P. G. (2015). Poluição por resíduos contendo compostos farmacologicamente ativos: aspectos ambientais, geração a partir dos esgotos domésticos e a situação do Brasil. *Revista de Ciências Farmacêuticas Básica E Aplicada*, 35(4).

Delignette-Muller, M. L., & Dutang, C. (2014). *fitdistrplus: An R Package for Fitting Distributions*.

J. Stat. Softw, 64, 1–34.

Dutt-Ross, S., Ribeiro, R. A., & Sant'Anna, A. P. (2010). Ranking de municípios para políticas públicas de educação: comparação entre avaliações multicritério a partir do IDH. *Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento*, 2(2), 156–169.

Gavião, L. O., Lima, G. B. A., Sant'Anna, A. P., & Martins, E. F. (2016). Integrando a Simulação de Monte Carlo e a Composição Probabilística de Preferências com Distribuições Empíricas em Problemas de Decisão em Grupo: Aplicação em FMEA. In 1 Congresso de Aplicações de Linguagem R em Administração. Rio de Janeiro: COPPEAD-UFRJ.

Ghiselli, G. (2008). Avaliação da qualidade das águas destinadas ao abastecimento público na região de Campinas: ocorrência e determinação dos interferentes endócrinos (IE) e produtos farmacêuticos e de higiene pessoal (PFHP). Tese de Doutorado em Química. Universidade Estadual de Campinas.

Kümmerer, K. (2003). Significance of antibiotics in the environment. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 52(1), 5–7.

Kümmerer, K. (2008). *Pharmaceuticals in the environment: sources, fate, effects and risks*. Springer Science & Business Media.

Leiva, V., Santos-Neto, M., Cysneiros, F. J. A., & Barros, M. (2014). Birnbaum–Saunders statistical modelling: a new approach. *Statistical Modelling*, 14(1), 21–48.

Lenz, K., Koellensperger, G., Hann, S., Weissenbacher, N., Mahnik, S. N., & Fuerhacker, M. (2007). Fate of cancerostatic platinum compounds in biological wastewater treatment of hospital effluents. *Chemosphere*, 69(11), 1765–1774.

Pomerol, J.-C., & Barba-Romero, S. (2012). *Multicriterion decision in management: principles and practice (Vol. 25)*. New York: Springer.

R-Core-Team. (2015). *R: A language and environment for statistical computing*. [Http://www.R-Project.Org](http://www.R-Project.Org). Vienna, Austria.

Rowney, N. C., Johnson, A. C., & Williams, R. J. (2009). Cytotoxic drugs in drinking water: a prediction and risk assessment exercise for the Thames catchment in the United Kingdom. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 28(12), 2733–2743.

Sant'Anna, A. P. (2002). Aleatorização e composição de medidas de preferência. *Pesquisa Operacional*, 22(1), 87–103. <http://doi.org/10.1590/S0101-74382002000100006>

Sant'Anna, A. P. (2014). Aplicação do CPP-TRI à classificação dos países pelos critérios do IDH. In *Encontro Nacional de Engenharia de Produção - XXXVI ENEGEP* (pp. 1–15). Curitiba.

Sant'Anna, A. P. (2015a). *Probabilistic Composition of Preferences, Theory and Applications*. New York: Springer.

Sant'Anna, A. P. (2015b). Probabilistic Human Development Indices. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, 12(1), 136.

<http://doi.org/10.14488/BJOPM.2015.v12.n1.a13>

Sant'Anna, A. P., Faria, F., & Costa, H. G. (2013). Aplicação da Composição Probabilística e do método das K-Médias à classificação de municípios quanto à oferta de creches. *Cadernos Do IME- Série Estatística*, 34(1), 17.

Sant'Anna, A. P., Gomes, L. F. A. M., Costa, F. F. da, Rangel, L. A. D., Faria, M. J. da S., Ferreira, R. G., ... Senna, V. de. (2012). Análise multicritério baseada em probabilidades de preferência. In

V. F. de Oliveira, V. Cavenaghi, & F. S. Másculo (Eds.), *Tópicos emergentes e desafios metodológicos em Engenharia de Produção: casos, experiências e proposições - Volume V* (p. 258). Rio de Janeiro: ABEPRO.

Sant'Anna, A. P., & Sant'Anna, L. A. F. P. (2001). Randomization as a stage in criteria combining. In *International Conference on Industrial Engineering and Operations Management - VII ICIEOM* (pp. 248–256). Salvador.

Sperling, M. von. (2005). Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. In UFMG (Ed.), *Princípios básicos do tratamento de esgotos* (p. 452). Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais.

Vecchia, A. D., Thewes, M. R., Naime, H., & Spilki, F. R. (2010). Diagnóstico sobre a Situação do Tratamento do Esgoto Hospitalar no Brasil. *Revista Saúde E Ambiente*, 10(2), 65–70.

Yin, J., Shao, B., Zhang, J., & Li, K. (2010). A preliminary study on the occurrence of cytostatic drugs in hospital effluents in Beijing, China. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 84(1), 39–45.

Zampieri, D. A. (2013). Avaliação da presença da antineoplásico em água residuária de um hospital oncológico e do sistema de esgotamento sanitário municipal. *Dissertação de Mestrado*. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina de Botucatu. UNESP.

Zhang, J., Chang, V. W. C., Giannis, A., & Wang, J.-Y. (2013). Removal of cytostatic drugs from aquatic environment: a review. *Science of the Total Environment*, 445, 281–298.

Zouňková, R., Odráška, P., Doležalová, L., Hilscherová, K., Maršálek, B., & Bláha, L. (2007). Ecotoxicity and genotoxicity assessment of cytostatic pharmaceuticals. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 26(10), 2208–2214.

Capítulo 26

FATORES CONDICIONANTES DA SATISFAÇÃO EM SERVIÇOS DE SAÚDE: ANÁLISE DE UMA PESQUISA DE SATISFAÇÃO EM UMA EMERGÊNCIA HOSPITALAR DO RIO DE JANEIRO

[DOI: 10.37423/200500839](https://doi.org/10.37423/200500839)

Bianca Nassif Machado Costa (Universidade Federal do Rio de Janeiro - Departamento de Engenharia Industrial, Centro de Tecnologia).

biancanassif@poli.ufrj.br

Gabriel Araujo Sousa de Lima (Universidade Federal do Rio de Janeiro - Departamento de Engenharia Industrial, Centro de Tecnologia).

o.gabrielima@gmail.com

Luiz Felipe Braga Gomes (Universidade Federal do Rio de Janeiro Departamento de Engenharia Industrial, Centro de Tecnologia).

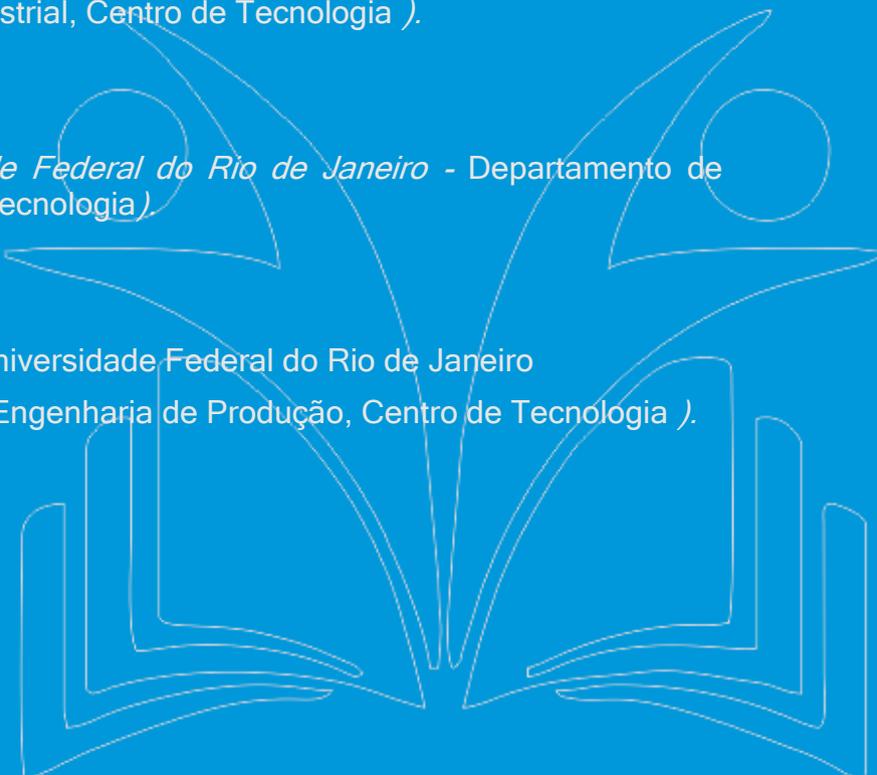
luiz.gomes@poli.ufrj.br

Raíssa Silva Rotolo (Universidade Federal do Rio de Janeiro - Departamento de Engenharia Industrial, Centro de Tecnologia).

raissa.rotolo@poli.ufrj.br

Luís Filipe Azevedo de Oliveira (Universidade Federal do Rio de Janeiro Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Centro de Tecnologia).

lfilipeao@gmail.com



RESUMO: O presente artigo avalia uma pesquisa de satisfação dos pacientes de uma emergência hospitalar, localizada no Rio de Janeiro. Diante da natureza qualitativa dos dados obtidos durante as entrevistas com os usuários, propõe-se a utilização de uma regressão ordinal logística para avaliar a influência de alguns fatores no nível de satisfação da amostra avaliado. O modelo proposto relaciona o nível de satisfação com a avaliação da orientação a qual o paciente foi submetido, a natureza do comentário realizado por este e a avaliação do tempo de espera para ser atendido. Destaca-se que o fator que mais influi na satisfação é o tempo de espera, indicando que o hospital estudado deve otimizar a gestão de seus recursos para aumentar o nível de satisfação de seus usuários.

PALAVRAS CHAVE: Pesquisa de Satisfação. Emergência Hospitalar. Regressão Logística Ordinal.

SA – PO na Área de Saúde

EST – Estatística

1. INTRODUÇÃO

A demanda crescente da sociedade em relação a serviços de qualidade gerou uma necessidade de mudanças nas características destes e maior exigência para com os fornecedores de diversos tipos de serviços, inclusive os voltados à área de saúde (FEDEL; REGIS FILHO, 2009). A qualidade em saúde refere-se ao grau em que os serviços aumentam a probabilidade de resultados de saúde desejáveis e são consistentes com a prática profissional corrente. Quanto mais elevados forem os padrões de qualidade de uma organização, melhores serviços ou produtos essa organização produz.

Um constante estado crítico na prestação de serviços de saúde está relacionado às falhas de gestão da logística interna, no contato e na relação com o doente, bem como nas condições de trabalho dos profissionais de saúde. Sendo assim, a questão da humanização nessa área apresenta-se como um desafio em potencial.

Segundo Casate e Correia (2005), a compreensão da humanização se relaciona com o modo de perceber o paciente dentro do sistema de saúde, com sua história de vida, sua família e questões sociais e, simultaneamente, se relaciona com a organização do serviço de saúde, que envolve investimento na estrutura física e revisão de métodos administrativos.

No contexto da assistência ao paciente e da visão multiprofissional de humanização, algumas intervenções têm sido recomendadas e implementadas internacionalmente, como o acolhimento com avaliação e classificação de risco. Entretanto, como mensurar a satisfação dos pacientes com tais intervenções é, também, um desafio.

A questão da humanização nos hospitais apresenta tangibilidade ampla e pressupõe análises do comportamento dos funcionários, de adequação do arranjo espacial, da satisfação do paciente, dentre outras. O tema abordado trata de um objeto extremamente importante para a organização de serviços de saúde. Especificamente, a satisfação do paciente foi o problema de interesse escolhido para análise neste trabalho dado o contexto apresentado, visto que é um bom indicador de eficiência para um hospital, considerando que o objetivo dos sistemas de saúde em garantir a satisfação e recuperação dos pacientes com o atendimento.

O objetivo principal desta pesquisa é avaliar as condicionantes para um paciente mais

Satisfeito e de que forma tais variáveis influem no nível de satisfação dos pacientes. Para tanto, foi realizada uma pesquisa com os pacientes de uma unidade de urgência hospitalar no município do Rio de Janeiro, identificando não só a satisfação global destes usuários, mas também a orientação dada durante o atendimento e a avaliação do tempo de espera para ser atendido.

É importante avaliar a forma como os serviços de saúde respondem aos cidadãos, para garantir a sua acessibilidade aos cuidados, a organização dos serviços e a atitude dos cuidadores, sendo importante a emissão das suas opiniões e a avaliação da sua satisfação para serem usadas em planos e ações orientados para a melhoria dos cuidados. Estes dados foram analisados por meio de uma regressão logística ordinal, que representa uma ferramenta gerencial aos hospitais, haja vista que é possível apontar os fatores condicionantes à satisfação do paciente, de modo a delinear nortes para o planejamento estratégico de sua administração.

A seção a seguir apresenta uma visão geral sobre avaliação de serviços de saúde por meio de regressão logística ordinal. A seção 3 descreve o método de pesquisa utilizado para avaliar a satisfação de pacientes de uma emergência hospitalar no município do Rio de Janeiro. A seção 4 expõe os principais resultados e discussões geradas. Finalmente, a seção 5 resume e conclui o artigo.

2. AVALIAÇÃO DE SERVIÇOS EM SAÚDE POR MEIO DE REGRESSÃO LOGÍSTICA

A literatura científica apresenta de forma significativa a importância da qualidade em serviços e como as empresas e os serviços públicos devem atuar para alcançar a excelência na prestação dos mesmos. Como valor, a qualidade está associada a um estilo de gestão, à visão sistêmica, à melhoria contínua e visa promover mudanças sucessivas utilizando-se de novas técnicas de produção, voltadas ao combate dos desperdícios humanos e materiais (Fedel e Régis Filho, 2009). No que concerne a avaliação dos serviços de saúde, avaliar a qualidade do serviço prestado por hospitais, clínicas e profissionais da saúde tem sido um campo de estudo de diversos pesquisadores, diante da necessidade de melhorar o nível de serviço, sejam eles em instituições públicas ou privadas (Neves, 2010).

São diversos os meios e ferramentas de avaliação da qualidade do serviço de saúde. Com o aumento dos custos e a pressão cada vez maior da população sobre os diversos serviços à

disposição, faz-se necessário avaliar estes serviços e uma análise coerente e robusta, baseando-se não somente em comparações com modelos ideais de prestação de serviço e avaliação dos prestadores de serviço de saúde quanto a sua estrutura e seus processos, mas também na avaliação dos resultados obtidos pelos pacientes. Os padrões e critérios analisados mostram a necessidade de aprofundamento na avaliação dos resultados.

Em uma vertente quantitativa de avaliação destes padrões, alguns trabalhos vislumbram compreender quais os fatores que influenciam na satisfação do paciente, uma vez que acredita-se que isto está intimamente relacionado à recuperação dos pacientes, afetando o desempenho e os resultados da unidade de saúde. Desse modo, baseiam-se em uma coleta e tratamento dos dados por meio do modelo de regressão logística ordinária, conhecido como logit. A utilização desse modelo em detrimento do modelo de regressão linear múltipla se deve ao fato de as variáveis envolvidas nesses casos não possuírem as propriedades previstas pelo modelo linear. Os problemas que a utilização deste traria são sanados com a utilização do modelo logístico (Hensher, 1981).

Nesse contexto, o trabalho de Fernandes (2011) analisou os dados coletados por meio do modelo logit, devido a existência de uma variável dependente binária, que acarretaria em problemas na confiabilidade das probabilidades estimadas pelo modelo linear. Como resultados mais relevantes, apresentou que os níveis de satisfação, quer fossem gerais ou particulares, não pareceram ser influenciados por características sócio demográficas; que certos dias da semana – terças e sextas-feiras – condicionavam negativamente a satisfação geral do paciente quando comparado ao domingo; e que, em relação ao horário da noite, os outros horários exercem uma influência negativa na probabilidade de satisfação e na recomendação do paciente.

Para avaliar o acesso aos serviços públicos de saúde, Stülp et al. (2006) realizaram sua pesquisa em três âmbitos: hospitais, postos e pessoal responsável. Como resultados relevantes, concluiu que não existia um conjunto de variáveis significativas comuns que permitiam avaliar como bom ou ótimo os hospitais, os postos de saúde e seus respectivos profissionais. No mais, para todas as situações analisadas, foi possível afirmar que a probabilidade dos pacientes avaliarem positivamente não depende somente da qualidade dos serviços prestados, mas também das características sócio econômicas dos pacientes e da localização espacial na região.

No intuito de identificar os principais determinantes da satisfação de pacientes na Alemanha, Schoenfelder et al. (2011) realizaram uma pesquisa junto a usuários provenientes de 39 diferentes hospitais. O instrumento de avaliação contempla uma variável para mensurar a satisfação global dos pacientes, bem como outras 37 questões que abrangem aspectos demográficos, cuidados médicos, bem como desempenho dos serviços e dos cuidados prestados. Com base em tais informações, conduziu-se uma análise fatorial a fim de se reduzir dimensionalidade dos dados, bem como identificar dimensões relevantes dentre as áreas avaliadas. Além disso, a análise de regressão logística para identificar os determinantes da satisfação dos pacientes utilizou os dados referentes aos aspectos médicos de cuidados e de desempenho de serviço. Como principal achado, identificou-se que os resultados do tratamento e a gentileza dos profissionais e enfermagem são os principais determinantes da satisfação com os serviços médicos.

Em outra vertente, Jaimes et al. (2014) utilizam um instrumento de pesquisa próprio, bem como utilizam o modelo logit para analisar os resultados de seu levantamento, visando a fácil interpretação em termos de razão de possibilidades. Os autores identificaram que os pacientes que consideraram o tempo dedicado pelo médico à consulta como ótimo ou bom tinham sua satisfação com o hospital aumentada em mais de 5 vezes em relação aos que consideraram esse aspecto ruim ou péssimo.

É comum que tais análises sejam realizadas a partir de dados coletados diretamente dos pacientes por meio de um instrumento para medição da satisfação destes em diversos aspectos da unidade de saúde e do atendimento oferecido. No entanto, não há um modelo universal padronizado para essa coleta, o que leva, em alguns casos, a replicar um instrumento já utilizado (Referência), bem como elaborar o próprio meio de pesquisa. Essa dificuldade em encontrar o modelo de instrumento ideal para coleta de dados está relacionada ao fato de o *know-how* nesse âmbito ser insuficiente para afirmar de forma embasada os principais fatores condicionantes de satisfação, o que afeta a determinação do que deve ser abordado neste instrumento e a forma de fazê-lo.

1. MÉTODO DE PESQUISA

Este trabalho visa identificar os principais fatores que determinam o nível de satisfação no atendimento numa unidade de emergência hospitalar no Rio de

Janeiro. Para tanto, foram utilizados dados primários, coletados em um hospital da rede pública de grande porte, que atende cerca de 500 pacientes ao dia em sua unidade de atendimento de urgências, localizado no município do Rio de Janeiro. Os dados são provenientes de uma pesquisa de satisfação junto à organização, realizada pelo Grupo de Produção Integrada da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Para a concretização dos objetivos definidos, é importante conhecer, não só a opinião dos doentes relativamente a níveis gerais de satisfação, mas também a opinião sobre questões mais detalhadas que envolvem vários aspectos na formação de opinião global do doente acerca da sua experiência no serviço de urgência. Desse modo, o instrumento de pesquisa foi idealizado em forma de questionário para identificar o nível de satisfação dos pacientes atendidos no setor de emergência, com base em um conjunto de critérios que influenciam a satisfação dos doentes com os serviços de urgência. De maneira geral, as dimensões identificadas como mais importantes para a satisfação destes usuários, estão associadas a questões médicas e assistenciais, aspectos interpessoais, o tempo de espera percebido, a comunicação com o paciente, a qualidade de cuidados e os custos envolvidos (Pereira, 2001; Watt *et al.*, 2005; Fernandes, 2011).

Com base nessas informações, a pesquisa de opinião foi feita por meio de uma entrevista com os pacientes liberados da emergência hospitalar ao longo de um mês e meio, em dias variados. O questionário aplicado durante a Pesquisa de Satisfação constituía-se de 4 quatro perguntas sucintas: (i) “Qual o grau de satisfação com o atendimento recebido?”, na qual estavam disponíveis as opções de resposta “muito baixo”, “baixo”, “médio”, “alto” e “muito alto”; (ii) “Você considera que foi corretamente orientado pela equipe de emergência?”, cuja as respostas possíveis eram dicotômicas, “sim” ou “não”; (iii) “Considerando o tempo de espera para atendimento, você esperou:”, em que o paciente poderia responder “pouco”, “mais ou menos” ou “muito”; e, (iv) “Você gostaria de fazer algum comentário ou sugestão?”, na qual o paciente tinha opção de deixar ou não um comentário referente ao seu atendimento.

Os dados originais obtidos na pesquisa foram do tipo qualitativo, uma vez que expressam a percepção da experiência por cada indivíduo. Dessa forma, as perguntas feitas com tais graduações representam uma estratégia de classificação de um fenômeno aparentemente imponderável. Então, fixando-se premissas de natureza

ontológica e semântica é possível instrumentalizar o reconhecimento do evento, a análise de seu comportamento e sua relação com outros eventos de forma estatisticamente consistente (Oliveira, 2005). Desse modo, as perguntas realizadas derivaram as seguintes variáveis hipoteticamente condicionantes à satisfação dos pacientes:

- (i) Satisfação (Satisfação), uma variável categórica que identifica o grau de satisfação geral em relação ao atendimento recebido pelo paciente, com graduação variando entre zero (0), para os que indicaram nível de satisfação “muito baixo”, e quatro (4), indicando que este apresenta o nível de satisfação “muito alto”;
- (ii) Orientação adequada (OrientAdeq), uma variável *dummy* que indica a adequação da orientação dada ao paciente pela equipe da emergência, em que os pacientes que consideram ter recebido uma orientação adequada recebem o valor um (1) e os que discordam, aqueles que não estão satisfeitos com a orientação recebida no atendimento, recebe o valor zero (0);
- (iii) Tempo de espera (Espera), uma variável do tipo categórica sobre o tempo que o paciente precisou esperar para ser atendido, variando da graduação zero (0), para os que esperaram “pouco”, a dois (2), para os que esperaram “muito”;
- (iv) Comentário positivo (PosComen), refere-se a natureza do comentário gerado na pergunta aberta sobre a satisfação do atendimento, que gerou respostas positivas (1) ou negativas (0).

As variáveis decorrentes das respostas listadas acima são utilizadas no modelo econométrico sugerido para identificar como os fatores questionados influenciam o nível de satisfação dos pacientes. Isto é, tenta-se explicar o nível de satisfação a partir da adequação da orientação recebida, do tempo de espera para atendimento e da presença de comentário positivo. Os resultados da pesquisa de satisfação são apresentados na seção 4 deste trabalho, determinando a parcela de entrevistados que se encontra em cada grau de satisfação com respeito ao serviço prestado.

Par realizar a estimativa deste modelo, a amostra em questão foi obtida através da técnica de amostragem aleatória simples, chegando a um total de 216 respondentes,

durante os meses de setembro e outubro de 2014. Devido ao fato de que não havia obrigatoriedade na resposta de todas as perguntas, alguns dos entrevistados se abstiveram em pelo menos uma das perguntas feitas, sendo, portanto, descartadas na estimativa do modelo econométrico proposto e limitando a amostra real da análise a 121 observações.

Além disso, é importante reconhecer que os dados levantados pela amostra possuem limitações na análise econométrica, já que existem diversos outros fatores que influem na satisfação dos pacientes. Dentre esses podem-se citar: a qualidade do atendimento médico, a relação dos funcionários com o paciente, a organização do hospital, a eficiência administrativa, a disponibilidade de equipamentos adequados, dentre outros. Dessa forma, é previsível que o coeficiente de explicação da regressão não será ideal, em decorrência de dados faltantes a serem analisados.

3.1. TRATAMENTO ESTATÍSTICO E MODELO ECONOMÉTRICO

A variável resposta de interesse, nível de satisfação dos usuários dos serviços de saúde em questão, é de natureza ordinal, pois é expressa em uma escala de intervalo do tipo *Likert*, na qual existe uma hierarquia entre as respostas. Dessa maneira, a adoção de um modelo de regressão logística ordinal se faz necessária para ser capaz de dar o tratamento adequado à variável em questão.

Abreu (2009) explica que existem vários modelos de regressão logística usados quando a resposta possui ordenação, tais como o modelo de *odds* proporcional, modelo de *odds* proporcional parcial, modelo de razão contínua e modelo estereótipo. Apresenta-se aqui apenas o modelo de *Odds* Proporcionais ou *Odds* Cumulativo, conforme será usado para estimar o efeito econométrico do tempo de espera, da orientação do paciente e da natureza dos comentários sobre o nível de satisfação dos pacientes entrevistados.

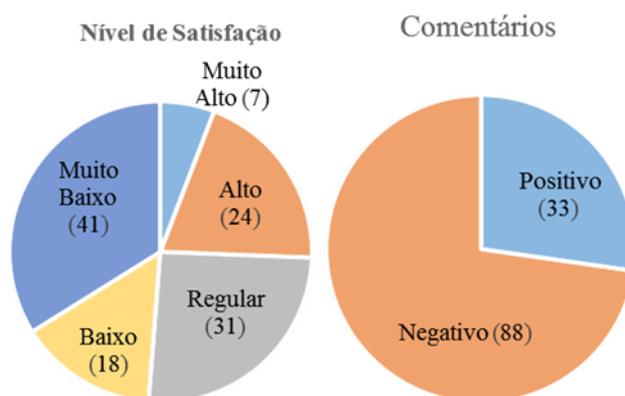
O modelo trata de uma variável Y com k categorias codificadas em $1, 2, \dots, k$ e $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ como conjunto de variáveis explicativas. As k categorias de Y condicionalmente aos valores de x_1, x_2, \dots, x_n ocorrem com probabilidades p_1, p_2, \dots, p_k , isto é, $p_j = P(Y = j)$, para $j = 1, 2, \dots, k$. Os termos β_n correspondem aos efeitos parciais das covariáveis x_1, x_2, \dots, x_n na variável resposta Y . No caso geral, a expressão apresenta a forma do modelo de regressão logística ordinal múltiplo

$$\ln \left\{ \frac{P(Y \leq j)}{1 - P(Y \leq j)} \right\} = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + u \quad , \quad j = 1, 2, \dots, k-1 \quad (1)$$

A estimação dos coeficientes é realizada através de um método iterativo de máxima verossimilhança que termina quando se verifica uma diminuição significativa da soma dos quadrados dos resíduos. Para fim de implementação do modelo proposto, os cálculos da regressão desta pesquisa foram conduzidos utilizando-se o software SPSS®, que apresenta como resultados para cada variável independente, o seu coeficiente estimado bem como o respectivo efeito marginal da sua variação em relação à variável dependente observada. Além disso, são utilizadas as métricas disponíveis neste pacote para avaliar a qualidade do ajuste ao modelo, a sua significância estatística e a análise dos pressupostos referente ao modelo de regressão logística.

4. RESULTADOS

Os resultados do levantamento da pesquisa de satisfação dos usuários de unidade de emergência hospitalar analisada no Rio de Janeiro estão dispostos na Figura 1. Cada gráfico indica a participação das respostas que o público entrevistado deu a cada um dos questionamentos, em que número entre parênteses assinala o valor absoluto de ocorrência da respectiva resposta dada.



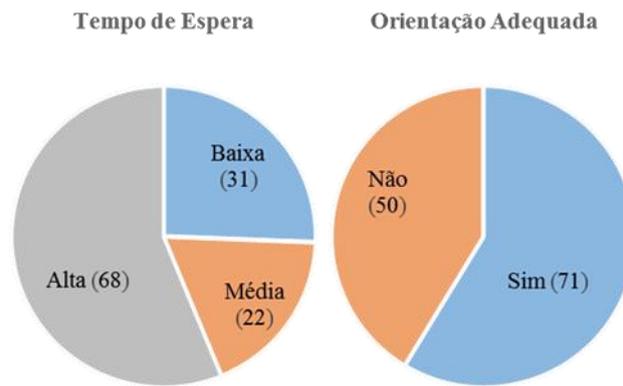


Figura 1 – Resultados da Pesquisa de Satisfação

Com base nestes resultados, é possível constatar que apenas 5,8% (7) dos entrevistados consideram seu nível de satisfação muito alto; 19,8% (24) apontaram um nível de satisfação alto; 25,6% (31) consideram seu nível de satisfação regular; 14,9% (18) apresentam nível de satisfação baixo; e a maior faixa da amostra são daqueles que responderam ter o nível de satisfação muito baixo, representando 33,9% (41) dos entrevistados. Isto é, praticamente metade dos entrevistados consideram seu nível de satisfação baixo ou muito baixo, totalizando 48,8% dos respondentes.

Quanto aos comentários feitos, apenas 27,3% (33) destes foram comentários positivos, enquanto 72,7% (88) fizeram comentários negativos. 56,2% (68) dos entrevistados consideram o tempo de espera para atendimento alto, 18,2% (22) avaliaram o tempo de espera como regular e 25,6% (31) responderam que o tempo de espera foi baixo. Quanto a avaliação sobre a orientação dada ao paciente pela equipe da emergência, 58,7% (71) avaliam ter recebido uma orientação adequada, enquanto 41,3% (50) não acham adequada a orientação recebida.

Como foi avaliado a seguir na explanação do modelo, essa estatística descritiva das variáveis permite a utilização do modelo de regressão logístico, em que foram avaliados os fatores que condicionam a satisfação dos usuários em questão.

4.1. AVALIAÇÃO DO MODELO DE REGRESSÃO LOGÍSTICA ORDINAL

O método de estimação de parâmetros mais comumente utilizado na regressão logística é o da máxima verossimilhança. Detalhes da metodologia são apresentados em diversas referencias, tais como em Ryan (2009). Aplicando-se o logaritmo natural em ambos os lados da equação facilita a aplicação do método de máxima verossimilhança, visto que as equações são não lineares nos parâmetros e requerem o emprego de processos iterativos

como Newton- Raphson e escore de Fisher na sua solução (Gourieroux e Monfort, 1995). Na Tabela 1, apresentam-se os resultados derivados da análise do teste de máxima verossimilhança aplicados no modelo do trabalho.

Parâmetro	$\hat{\beta}$	$ep(\hat{\beta})$	Qui-Quadrado	Sig.	e^{β}
Intercepto (S ≤ 0)	-2,141	0,487	19,369	0,000	0,118
Intercepto (S ≤ 1)	-1,215	0,466	6,798	0,009	0,297
Intercepto (S ≤ 2)	0,620	0,445	1,942	0,163	1,859
Intercepto (S ≤ 3)	2,897	0,559	26,860	0,000	18,126
<i>OrientAdeq</i>	-1,601	0,408	15,414	0,000	0,202
<i>PosComent</i>	-1,369	0,469	8,511	0,004	0,254
<i>Espera</i>	0,903	0,228	15,693	0,000	2,468

Tabela 1 – Estimativa de parâmetros

Na última coluna (e^{β}) da Tabela 1, podemos identificar a influência de cada variável no nível de satisfação. As estimativas obtidas indicam que a probabilidade de aumentar a categoria de satisfação é 0,202 maior para quem acredita que recebeu uma orientação adequada durante o atendimento. No que concerne a realização de comentários positivos, a probabilidade de estar em uma categoria maior de satisfação é 0,254 quando estes ocorrem. Por fim, a redução marginal na avaliação no tempo de espera implica em aumentar as chances de se possuir uma maior satisfação em 2,468 vezes.

A partir de tais resultados, o modelo de previsão pode ser representado conforme as expressões matemáticas (2), (3), (4) e (5), em que os estimadores de todas as variáveis explicativas são estatisticamente significantes, a um nível de confiança de 95%.

$$\ln(\text{Satisfação} \leq \text{Muito Baixa}) = -2,141 - 1,601 \cdot \text{OrientAdeq} - 1,369 \cdot \text{PosComent} + 0,903 \cdot \text{Espera} \quad (2)$$

$$\ln(\text{Satisfação} \leq \text{Baixa}) = -1,215 - 1,601 \cdot \text{OrientAdeq} - 1,369 \cdot \text{PosComent} + 0,903 \cdot \text{Espera} \quad (3)$$

$$\ln(\text{Satisfação} \leq \text{Média}) = 0,620 - 1,601 \cdot \text{OrientAdeq} - 1,369 \cdot \text{PosComent} + 0,903 \cdot \text{Espera} \quad (4)$$

$$\ln(\text{Satisfação} \leq \text{Alta}) = 2,897 - 1,601 \cdot \text{OrientAdeq} - 1,369 \cdot \text{PosComent} + 0,903 \cdot \text{Espera} \quad (5)$$

Assim como em qualquer tipo de análise de regressão, é importante avaliar a qualidade do ajuste dos modelos de regressão logística ordinal, pois a falta deste pode, por exemplo, levar a viés de estimação de efeitos. A qualidade do ajuste dos modelos foi verificada usando os testes de Pearson e Deviance, que baseiam-se na comparação das contagens observadas e esperadas entre as possíveis configurações das covariáveis do modelo e as categorias da resposta ordinal (Lall et al., 2002; Pulkstenis e Robinson, 2004,). Os resultados

obtidos para verificação da qualidade do ajuste do trabalho em questão estão representados na Tabela 2.

	Qui-Quadrado	gl	Valor-p
<i>Pearson</i>	52,251	37	0,049
<i>Deviance</i>	41,263	37	0,290

Tabela 2 – Qualidade de ajuste

Em ambos os testes, a não rejeição da hipótese nula é um indicativo de bom ajuste do modelo. No caso do teste Deviance, como o valor-p encontrado foi alto, o modelo apresenta um bom ajuste aos dados observados. Por outro lado, o teste Pearson sugere que o modelo não apresenta um bom ajuste a um nível de significância de 95%. O resultado do teste pode ser justificado pela limitação do modelo, relacionada ao número de configurações possíveis com baixa ou frequência nula de observação.

Outra suposição seria a violação do princípio de probabilidades proporcionais. Este princípio implica que uma variável explicativa possui o mesmo efeito nas probabilidades, independentemente das diferentes divisões consecutivas feitas aos dados para cada categoria do modelo (O'Connell, 2006).

Além disso, como não existe um coeficiente de explicação (R^2) para avaliar o modelo de uma regressão ordinal logística, as alternativas mais comumente utilizadas são os testes de Cox & Snell, de Nagelkerke e de McFadden (Menard, 2000). Embora nenhum dos testes seja melhor que os demais, Hair et al. (2009) destacam que o teste de McFadden como a melhor alternativa dentre as três para representar o Pseudo- R^2 .

Os resultados obtidos da aplicação destes testes encontram-se na Tabela 3. De maneira análoga ao coeficiente de determinação em uma regressão linear, seus valores estão sempre entre 0 e 1 e, quanto mais alto, melhor é o ajuste do modelo aos resultados, muito embora o R^2 de McFadden tende a ser muito mais baixo que R^2 . Segundo Hensher (1981), valores acima de 0,2 são considerados satisfatórios. Como resultado, destacamos um valor abaixo de 0,2, sendo considerada uma baixa explicação da variável Satisfação pelo conjunto de variáveis independentes.

Pseudo-R ²	
<i>Cox & Snell</i>	0,437
<i>Nagelkerke</i>	0,460
<i>McFadden</i>	0,193

Tabela 3 – Resultados dos Testes Pseudo-R²

Para determinar a capacidade preditiva do modelo, obtivemos a tabela de Sucesso de Predição para cada um dos modelos gerados, conforme as equações (2), (3), (4) e (5), apresentando para cada categoria de satisfação as variáveis “índice de acerto de presença”, o “índice de acerto de ausência” e “índice de acerto total”, que refletem a relação entre a distribuição observada e a esperada, indicando o nível de acerto do modelo, como representado na Tabela 4 (Gujarati e Porter, 2011).

		Resposta Prevista			Total	
		0	2	3		
<i>Satisfação</i>	0	Ocorrências	25	16	0	41
		% em Satisfação	61%	39%	0%	100%
	1	Ocorrências	9	9	0	18
		% em Satisfação	50%	50%	0%	100%
	2	Ocorrências	4	22	5	31
		% em Satisfação	13%	71%	16%	100%
	3	Ocorrências	1	9	14	24
		% em Satisfação	4%	38%	58%	100%
	4	Ocorrências	1	2	4	7
		% em Satisfação	14%	29%	57%	100%
<i>Total</i>		Ocorrências	40	58	23	121
		% em Satisfação	30%	50%	20%	100%

Tabela 4 – Sucesso de Predição

Como resultado, destacamos que apenas 50,4% (61) dos casos foram previstos de forma correta pelo modelo. Como se considera apenas a diferença de categoria como comparação, a

precisão de ajuste demonstrada é menor do que comparações considerando valores residuais. Outro ponto importante é que as categorias que não tiveram respostas previstas (1 e 4, Satisfação baixa e Muito Alta, respectivamente) são as de menores frequência.

Por fim, para verificar significância estatística do modelo, foi utilizado o teste da razão de verossimilhança, que consiste em comparar as probabilidades conjuntas da amostra sob dois cenários: com ou sem determinadas variáveis incluídas no modelo (Hosmer e Lemeshow, 2000). Sendo assim, quanto menor for a diferença entre os modelos, mais bem explicadas podem ser as variáveis dependentes pelas variáveis independentes. O Qui-quadrado de tendência é um dos testes apropriados para seleção dos efeitos principais, já que considera o caráter ordinal da variável resposta (Abreu, Siqueira e Caiaffa, 2009).

A Tabela 5 apresenta os resultados derivados da análise do teste da razão de verossimilhança, que indica a rejeição da hipótese de que os parâmetros estimados são iguais a zero, com 95% de confiança. Isto é, podemos dizer que o ajuste do modelo estimado é estatisticamente significativo.

Modelo	Estatística D	Qui-Quadrado	gl	Sig.
<i>Apenas o intercepto</i>	162,620			
<i>Final</i>	93,171	69,450	3	0,000

Tabela 5 – Significância Estatística do Modelo Econométrico

4.1 ANÁLISE DOS PRESSUPOSTOS DO MODELO DE REGRESSÃO LOGÍSTICA ORDINAL

Segundo Hair *et al.* (2009), para o modelo de regressão logística ordinal, os seguintes pressupostos devem ser atendidos:

- a) Há uma variável dependente que corresponde a uma variável qualitativa ordinal;
- b) Há uma ou mais variáveis independentes que podem ser qualitativas nominais, qualitativas ordinais, quantitativas discretas ou quantitativas contínuas;
- c) Não há multicolinearidade;
- d) Há probabilidades proporcionais.

Os pressupostos “a” e “b” foram validados, conforme explicado na seção 3 deste

trabalho. A variável dependente “Satisfação” representa a avaliação subjetiva dos usuários do hospital público, que pode ser graduada em diferentes níveis. Portanto, trata-se de uma variável qualitativa ordinal. Por sua vez, a variável independente “Espera” também corresponde a uma avaliação subjetiva dos usuários que pode ser graduada e novamente temos uma variável ordinal.

A multicolinearidade ocorre quando duas ou mais variáveis independentes apresentam alta correlação. Segundo Levine (2011), um método eficaz para medir a colinearidade é o fator inflacionário da variância (VIF) para cada uma das variáveis independentes. Ele sugere que, quanto mais próximo de 1 for o valor de VIF, menor é a ocorrência de multicolinearidade. Se o conjunto for fortemente relacionado, então o valor de VIF pode exceder 10. Outros autores, como Snee (1973), sugerem que o valor máximo admissível para fator inflacionário seja 5. A Tabela 6 representa os valores de VIF para as variáveis adotadas no problema. Como a ordem de grandeza das VIF calculadas é menor que 10, podemos considerar que não há multicolinearidade. Assim o pressuposto “c” também é atendido.

Variável	VIF
<i>OrientAdeq</i>	1,274
<i>Espera</i>	1,172
<i>PosComen</i>	1,426

Tabela 6 – Valores de VIF

O pressuposto “d”, de probabilidades proporcionais, significa que o modelo ordinal logístico assume que os coeficientes que descrevem as relações entre as diferentes categorias de respostas são os mesmos. Para avaliar a existência de probabilidades proporcionais podemos utilizar o teste da razão de verossimilhança, que compara a qualidade de dois diferentes modelos o que considera probabilidades proporcionais e o geral, que não considera tal proporcionalidade (Gujarati e Porter, 2011).

Nesse caso, a hipótese nula sugere que o modelo de probabilidades proporcionais possui melhor ajuste que o modelo original e o pressuposto é atendido. A Tabela 7 representa o teste da razão de verossimilhança para os dados adotados, em que constatamos que a hipótese nula não pode ser rejeitada. Tão logo, o pressuposto de probabilidades proporcionais é atendido pelo modelo de regressão encontrado.

Modelo	Teste da Razão	Qui-Quadrado	gl	Sig.
<i>Hipótese Nula</i>	93,171			
<i>Geral</i>	86,648	6,523	9	0,687

Tabela 7 – Teste da Razão de Verossimilhança

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A questão da saúde pública e a sua interface com desenvolvimento econômico e social evidencia a importância de se prestar um serviço de qualidade para os cidadãos que buscam este atendimento. Nesse sentido, este trabalho avaliou uma pesquisa de satisfação realizada com usuários de uma unidade de emergência hospitalar, no município do Rio De Janeiro, que indica um alto grau de insatisfação destes usuários com o serviço prestado. Uma análise dos fatores que influenciam a satisfação dos pacientes foi realizada por meio de uma regressão logística ordinal, dado o caráter categórico que a variável resposta do modelo proposto apresenta.

Levando-se em conta os resultados apresentados pode-se perceber que a regressão ordinal logística foi considerada adequada para a nossa análise estatística, gerando resultados que correspondiam às previsões originais. Além disso, dado um nível de confiança de 5%, o ajuste do modelo foi considerado significativo pelo Teste Deviance. Nesse sentido, podemos perceber que a pesquisa de satisfação realizada na emergência apresenta parâmetros que realmente influem diretamente na satisfação do paciente.

Entretanto, a análise alternativa ao coeficiente de explicação, o teste de McFadden, apontou um modelo não satisfatório. A justificativa para tal resultado pode ser a insuficiência de dados, pela amostra reduzida e dados faltantes ou, muito provavelmente, pelas múltiplas variáveis que não foram consideradas. É possível inferir que, para melhores resultados, podemos ampliar a amostra da pesquisa de satisfação, assim como realizar uma pesquisa com um questionário mais amplo, sendo possível destacar outras variáveis que hipoteticamente influem na satisfação de um paciente.

Por se tratar de um modelo que leva em consideração um sistema bastante complexo, a emergência hospitalar, é realmente um desafio encontrar um conjunto de variáveis regulares que possam explicar eficientemente o nível de satisfação do paciente. Como exemplo de variáveis que poderiam ser incluídas no questionário de pesquisa para a obtenção de um modelo mais satisfatório, podemos citar a avaliação do atendimento do

médico, realização ou não de exames, atendimento em dia da semana ou final de semana, dentre outras. Supõe-se que tais variáveis influem diretamente na satisfação do paciente, entretanto, pelas limitações da base de dados, não foi possível testar a hipótese e mensurar o nível de influência dessas variáveis.

Os resultados obtidos apontaram que a variável que mais influi na satisfação do paciente relaciona-se à percepção do paciente quanto ao tempo que ficou esperando para ser atendido. As chances de se possuir uma maior satisfação aumentam em 2,468 vezes para cada redução marginal no nível de espera percebido. Isto é, foi comprovado estatisticamente que o grau de influência da espera na satisfação do paciente, dentre as variáveis consideradas, é indubitavelmente a que mais influi.

Um fator preponderante que contribui para o tempo de espera dos usuários é a carência de recursos humanos e a má alocação dos recursos, acarretando na ineficiência de suas operações. Diversas pesquisas vêm sendo desenvolvidas no sentido de se obter métodos para analisar e dimensionar sistemas, de forma a elevar o nível de serviço oferecido e também racionalizar o uso dos recursos disponíveis (Takeda et al., 2004; Scarpin et al., 2007; 2008).

Cabe, portanto, destacar a importância do papel da Pesquisa Operacional na modelagem integrada de tais sistemas, que abordam questões complexas nos serviços de saúde, auxiliando tanto o planejamento, quanto em ações diretas sobre a operação deste sistema. O uso de tais ferramentas pode prover boas soluções às necessidades do fluxo de pacientes na unidade estudada, de modo a melhorar a qualidade dos serviços prestados à população que necessita deste atendimento.

REFERÊNCIAS

Abreu, M. N. S., Siqueira, A. L. e Caiaffa, W. T. (2009), Regressão logística ordinal em estudos epidemiológicos, *Revista de Saúde Pública*, 43(1), 183-194.

Casate, J. C. e Correa, A. K. (2005), A Humanização do Atendimento em Saúde: Conhecimento Veiculado na Literatura Brasileira de Enfermagem, *Revista Latino Americana de Enfermagem*, 13(1), 105-111.

Fadel, M. A. V. e Regis Filho, G. I. (2009), Percepção da qualidade em serviços públicos de saúde: um estudo de caso, *RAP*, v. 43(1), 07-22.

Fernandes, P. A., Que Perfis Concorrem Para a Satisfação do Doente que Recorre ao Serviço de Urgência: Aplicação ao Centro Hospitalar do Nordeste Transmontano, Dissertação de Mestrado em Gestão das Organizações, Bragança, Instituto Politécnico de Bragança, 2011.

Gourieroux, C. e Alain Monfort, A., *Statistics and Econometric Models*, Press Syndicate of the University of Cambridge, Cambridge, 1995.

Gujarati, D. N., & Porter, D. C., *Econometria Básica*, McGraw Hill, Porto Alegre, 2011.

Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L., Black, W. C. e Babin, B. J., *Análise Multivariada de Dados*, Bookman, Porto Alegre, 2009.

Hensher, D. A., *Applied Discret-choice Modelling*. Croom Helm, London, 1981.

Hosmer, D. W. e Lemeshow, S., *Applied Logistic Regression*, Wiley, Nova York, 2000.

Jaimes, F. G., Carreto, R. R., Hernández, F. J., Reducindo, M. M., Sandoval, A. C. e Campos, E. C. (2014), Nivel de Satisfacción de Usuarios de Consulta Externa en un Hospital Público, *Psicología y Salud*, 24(1), 97-107.

Lall, R., Campbell, M. J., Walters, S. e Morgan, K. (2002), A Review of Ordinal Regression Models Applied on Health-related Quality of Life Assessments, *Statistical Methods in Medical Research*, 11(1), 49-67.

Levine, D., Berenson, M., Krehbiel, T. e Stephan, D., *Statistics for Managers using MSEXcel*, Prentice Hall, New Jersey, 2011.

Menard, S. (2000), Coefficients of determination for multiple logistic regression analysis, *The American Statistician*, 54(1), 17-24.

Neves, M. A. B. (2010), Avaliação da qualidade da prestação de serviços de saúde: um enfoque baseado no valor para o paciente, *Anais do III CONSAD*, Brasília.

Oliveira, D. C. (2005), Pontuando idéias sobre o desenvolvimento metodológico das representações sociais nas pesquisas brasileiras. *Revista brasileira de enfermagem*, Brasília, 58(1), 86-90.

Pereira, J. C., *Análise de Dados Qualitativos: Estratégias Metodológicas para as Ciências da Saúde, Humanas e Sociais*, Editora USP, São Paulo, 2001.

Pulkstenis, E. e Robinson, T. J. (2004), Goodness-of-fit Tests for Ordinal Response Regression Models, *Statistics in Medicine*, 23(6), 999-1014.

Ryan, T., *Estatística Moderna para Engenharia*, Elsevier, Rio de Janeiro, 2009.

Snee, R. D. (1973), Some Aspects of Nonorthogonal Data Analysis: Part I – Developing Prediction Equations, *Journal of Quality Technology* 5, 67-79.

Scarpin, C. T., Arns Steiner, M. T., Dias, G. J. C. e Steiner Neto, P. J. (2008), Otimização no serviço de saúde no estado do Paraná: fluxo de pacientes e novas configurações hierárquicas, *Gestão & Produção*, 15(2), 275-290.

Scarpin, C. T., Dias, G. J. C., Arns Steiner, M. T., Wilhelm, V. E., & Steiner Neto, P. J. (2007), Técnicas da Pesquisa Operacional Aplicadas na Otimização do Fluxo de Pacientes do Sistema Único de Saúde do Estado do Paraná, *TEMA*, 8(2), 299-308.

Schoenfelder, T., Klewer, J., & Kugler, J. (2011), Determinants of patient satisfaction: a study among 39 hospitals in an in-patient setting in Germany, *International Journal for Quality in Health Care*, 23(5), 503-509.

Watt, D., Wertzler, W. e Brannan, G. (2005), Patient expectations of emergency department care: phase I – a focus group study, *Canadian Journal of Emergency Medicine*, 7, 12-16.

Takeda, R. A., Widmer, J. A. e Morabito, R. (2004), Aplicação do modelo hipercubo de filas para avaliar a descentralização de ambulâncias em um sistema urbano de atendimento médico de urgência, *Pesquisa Operacional*, 24(1), 39-71.

Capítulo 27

ESTRUTURAS ORGANIZACIONAIS E ESTRATÉGIA: UM ESTUDO DE CASO EM UMA ONG MINEIRA

[DOI: 10.37423/200500849](https://doi.org/10.37423/200500849)

Jessica Rangel Silva (UFMG) - jessicarangel.jamg@gmail.com

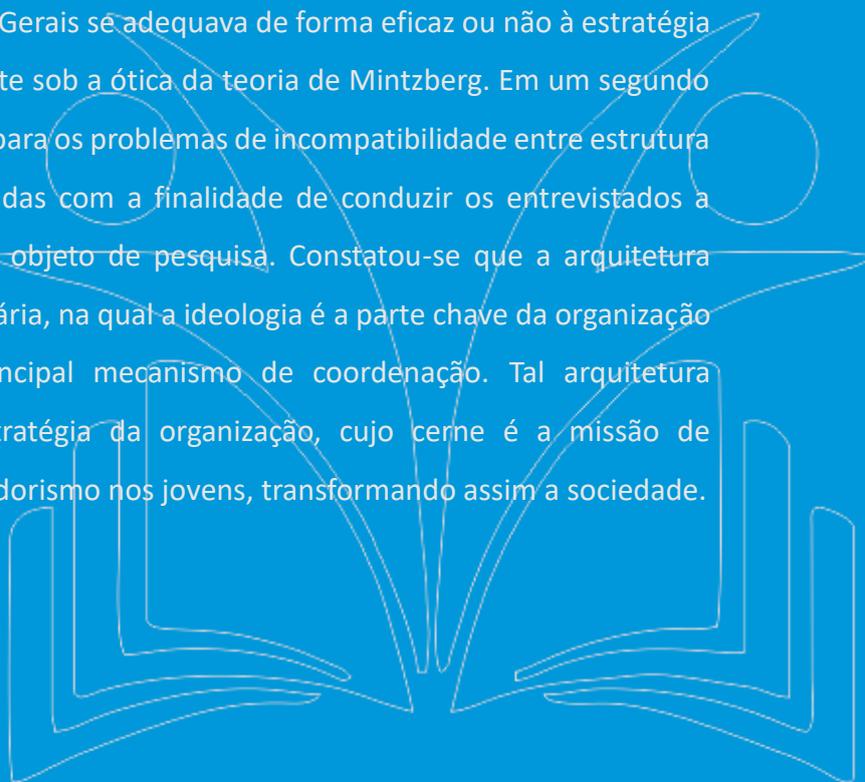
Thiago Hugo Luciano Pacheco (UFMG) - thiagohpacheco@outlook.com

Matheus Luiz Pontelo de Souza (UFMG) - mslzposa@hotmail.com

Jessica Braga Cardoso (UFMG) - jessicabragac@gmail.com

Katya Siqueira Leandro da Silva (UFMG) - katyta_sik@yahoo.com.br

RESUMO: O presente artigo buscou identificar e analisar se a estrutura organizacional da Associação Junior Achievement Minas Gerais se adequava de forma eficaz ou não à estratégia empregada pela mesma, principalmente sob a ótica da teoria de Mintzberg. Em um segundo momento, buscou-se propor soluções para os problemas de incompatibilidade entre estrutura e estratégia. Entrevistas foram realizadas com a finalidade de conduzir os entrevistados a expor suas percepções associadas ao objeto de pesquisa. Constatou-se que a arquitetura predominante na empresa é a missionária, na qual a ideologia é a parte chave da organização e a padronização de normas o principal mecanismo de coordenação. Tal arquitetura organizacional se adapta bem à estratégia da organização, cujo cerne é a missão de desenvolver e despertar o empreendedorismo nos jovens, transformando assim a sociedade.



No entanto, no momento da análise estavam em curso movimentos por parte da cúpula estratégica com o objetivo de obter maior controle do trabalho por meio da padronização de processos e de resultados. Tais movimentos podem se mostrar inadequados à estratégia da empresa, podendo gerar consequências indesejáveis. Foram elaboradas sugestões para possibilitar um aumento do controle do trabalho por parte da cúpula e, ao mesmo tempo, minimizar possíveis consequências negativas.

Palavras – chave: Estruturas Organizacionais, Estratégia, Estrutura Missionária, Organização Não-Governamental.

1. INTRODUÇÃO

Este artigo contempla o estudo da Associação Junior Achievement Minas Gerais (JAMG), uma organização não governamental (ONG) do estado de Minas Gerais. A Junior Achievement é uma associação sem fins lucrativos, mantida pela iniciativa privada, cuja missão é despertar o espírito empreendedor dos jovens ainda na escola. Para isso, promove programas de educação empreendedora que se baseiam no método da aprendizagem experimental - aprender por meio de exemplos da vida real e de atividades práticas (JAB, 2012). Criada em 1919 na universidade de Harvard, a associação está atualmente presente em mais de 120 países e possui unidades em todos os estados brasileiros. A Associação Junior Achievement Minas Gerais (comumente denominada JAMG) foi fundada em 2003 e possui atualmente 11 profissionais no seu quadro de funcionários. Está submetida hierarquicamente à Junior Achievement Brasil (JAB). Esta, por sua vez, à Junior Achievement World Wide (JAWW).

Os objetivos desse artigo são:

Identificar a arquitetura organizacional predominante na JAMG;

Analisar se a estratégia empregada pela ONG se adapta bem à sua arquitetura; Identificar possíveis problemas de incompatibilidade entre a arquitetura organizacional e a estratégia. Feito isso, propor soluções para resolver tais problemas.

Tachizawa et. Al (2012), afirma que Profundas mudanças na natureza das atribuições do Estado estão ocorrendo (TACHIZAWA, 2012) tanto na esfera federal como na estadual e municipal. Após várias décadas de convivência com um Estado que absorvia grande parte das responsabilidades pela provisão de bens e serviços públicos, ocorre, atualmente, movimento em direção a minimizar tais responsabilidades [...].

Dessa forma, ele propõe um contexto no qual o Estado passa da função de provedor à função de regulador. Durante tal transição, marcada pelo crescimento desarticulado das Organizações Governamentais (primeiro setor), foram criados espaços de atuação principalmente pela descontinuidade da participação do Estado em determinadas atividades de prestação de serviços públicos. Espaço no qual surgem as ONGs e demais organizações sociais, na forma de um empreendedorismo específico para a geração de serviços públicos, batizado como Terceiro Setor (TACHIZAWA et. Al, 2012).

Pode-se dizer, portanto, que as ONGs desempenham cada vez um papel mais importante no desenvolvimento da infraestrutura brasileira, especialmente no que diz respeito à saúde, educação, apoio à criança e ao adolescente e meio ambiente. Assim sendo, este estudo apresenta relevância no sentido de compreender melhor e formular propostas que auxiliem organizações desse gênero a alcançar seus objetivos.

2. REVISÃO

De acordo com Tachizawa (2010), as Organizações Não Governamentais (ONGs) são entidades de natureza privada (não públicas), sem fins lucrativos, que, juridicamente, caracterizam-se como associações ou fundações. Tal é o caso da JAMG.

As definições existentes para o termo estratégia são tão amplas quanto o número de autores que escreve sobre o assunto. Porter (1980) afirma que estratégia competitiva são ações ofensivas ou defensivas para criar uma posição defensável numa indústria, para enfrentar com sucesso as forças competitivas e assim obter um retorno maior sobre o investimento. Quinn (1980) declara que a estratégia é um modelo ou plano que integra os objetivos, as políticas e a sequência de ações num todo coerente.

A otimização no relacionamento entre a organização e o meio ambiente que a cerca pode ser formalizada para produzir e articular resultados na forma de integração sinérgica de decisões e ações organizacionais (MINTZBERG e QUINN, 2001). Pode-se afirmar, portanto, que a estratégia da organização deve promover tal otimização entre o que lhe é externo e o meio-ambiente no qual se insere. Em outras palavras, a organização carece de uma arquitetura organizacional que se adapte de maneira eficaz à sua estratégia.

Ao comparar a arquitetura organizacional e a dos espaços físicos, Gerstein (1993) conceitua a primeira como a arte de modelar o espaço organizacional para satisfazer as necessidades e as aspirações humanas e a segunda como o projeto do espaço comportamental no qual as pessoas atuam. A criação de oportunidades para a ação, a imposição de limitações a essas ações e o desenho de como deve se dar o fluxo de informação constituem, entre outros, aspectos básicos da tarefa do arquiteto organizacional. Nadler (1993) conceitua arquitetura organizacional como a forma de articulação, ou o *modus operandi*, dos vários sistemas, estruturas, processos e estratégias que constituem uma empresa.

A Arquitetura de uma organização é, portanto, o modelo representativo de seu funcionamento completo, uma vez que dita como ocorre a interação entre as pessoas, a

troca de informação entre elas, bem como sua interação com os clientes. Diante de um mercado cada vez mais competitivo, a definição de uma arquitetura organizacional adequada torna-se necessidade primordial na sobrevivência organizacional. É necessário encontrar uma arquitetura que esteja de acordo com os objetivos estratégicos da instituição, isto é, que a auxilie a atingi-los.

Mintzberg (2012) considera que toda atividade humana organizada dá origem a duas exigências fundamentais e opostas, que são a divisão do trabalho em tarefas e a coordenação dessas tarefas. Essas duas grandes exigências geram dois pilares da arquitetura organizacional, que são os mecanismos de coordenação e as partes chave da organização, relacionadas à divisão do trabalho. São propostos seis mecanismos de coordenação e seis partes-chave, e a análise desses dois pilares possibilita identificar a predominância de uma das seis configurações de Mintzberg na organização analisada. As seis configurações de Mintzberg e suas características predominantes estão dispostas na tabela abaixo.

Tabela 1 - Mecanismos de Coordenação e Partes-chave das configurações organizacionais propostas por Mintzberg

Estrutura Organizacional	Mecanismo de Coordenação Predominante	Parte-chave da Organização
<i>Adhocracia</i>	Ajustamento Mútuo	Assessoria de apoio (com o núcleo operacional na Adhocracia Operacional)
<i>Burocracia Mecanizada</i>	Padronização de Processos	Tecnoestrutura
<i>Burocracia Profissional</i>	Padronização de Habilidades	Núcleo Operacional
<i>Estrutura Simples</i>	Supervisão Direta	Cúpula Estratégica
<i>Forma Divisionalizada</i>	Padronização de Resultados	Linha Intermediária
<i>Configuração Missionária</i>	Padronização de Normas (Doutrinação)	Ideologia

Fonte: Adaptado de Mintzberg (2013)

A seguir serão expostas breves definições dos mecanismos de coordenação citados neste estudo, segundo Mintzberg (2012). Por ajustamento mútuo se compreende o mecanismo pelo qual o controle do processo de trabalho permanece na mão dos operadores, e a coordenação se dá pelo processo de comunicação informal. Tal mecanismo pode se tornar mais evidente por meio da realização rotineira de reuniões que propiciem tal forma de

comunicação. Por padronização de processos compreende-se o mecanismo por meio do qual o conteúdo do trabalho é especificado e programado antes de sua execução. A padronização de resultados (ou de outputs) realiza a coordenação por meio da especificação de parâmetros relativos ao que é produzido, como por exemplo especificações de dimensão ou desempenho. A padronização de normas, ou socialização, é um conjunto de crenças e normas oriundo da missão inspiradora da organização, às quais seus colaboradores são submetidos.

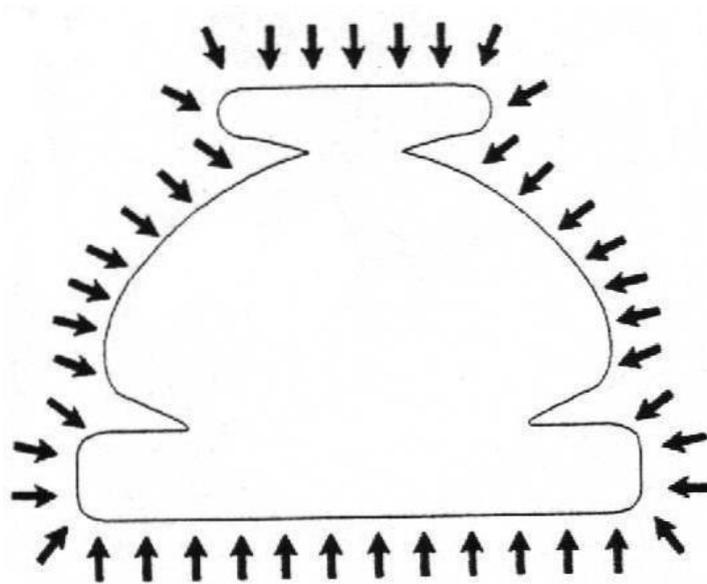
Segundo Mintzberg (2012), existe uma configuração de arquitetura organizacional denominada Missionária. Seu mecanismo-chave de coordenação é a padronização de normas, ou doutrinação. Por doutrinação compreende-se o processo que leva o colaborador a um processo de enculturação da ética, dos valores, normas e formas de agir daquele grupo. Esse processo ocorre na maioria das organizações, porém é decisivo na coordenação presente na configuração missionária. Isso faz dela uma forma de burocracia, uma vez que é inflexível e não-adaptativa: a missão precisa ser distinta e inspiradora, mas nem ela, nem seu conjunto de normas podem ser modificados (MINTZBERG, 2012). Todavia, se distingue das outras burocracias uma vez que seus novos membros, após devida doutrinação, são parcialmente libertados de outras formas de controle, já que o controle normativo gera a maior parte da coordenação necessária. Verificam-se algumas características marcantes nesta configuração, como presença de grande lealdade, identificação organizacional e liderança carismática.

O principal parâmetro de design, ou parte-chave da configuração missionária é a ideologia. Embora presente em todas as organizações, é o que predominantemente a move e mantém sua isonomia. Mintzberg (op. cit.) afirma que em outras organizações "o impulso da ideologia fica perdido nos impulsos mais fortes para a padronização, a fragmentação e assim por diante." Já na configuração missionária trata-se de uma parte viva ou até mesmo tecnicamente animada, um sistema de crenças interior à organização, uma força que direciona o senso de missão e dá impulso para "evangelizar" em seu nome (MINTZBERG, 2012). A configuração missionária pura é construída em torno de uma missão inspiradora - mudar a sociedade de alguma forma, por exemplo - e um conjunto paralelo de crenças e normas. Em sua evolução, tende a crescer e se dividir em pequenas unidades que, exceto pela participação da ideologia comum, são autônomas. Essa divisão também é necessária

uma vez que o contato próximo de seus integrantes é fator importante para manter a ideologia forte.

Outras características da configuração missionária são a ausência de especialização marcada pela alta rotação de tarefas; descentralização de poder pura, que faz de tal estrutura a forma mais próxima da democracia ideal; preparação para ajustamento mútuo geralmente informal. Nela também há pouco ou nenhum controle por outros mecanismos de coordenação, hierarquia mínima, nenhuma tecnoestrutura e linha intermediária escassa (MINTZBERG, 2012). Segue a Figura 1 de Mintzberg com configuração da estrutura missionária.

Figura 1 – Configuração Missionária



Fonte: Duarte (2008, pág. 11)

3. METODOLOGIA

A metodologia utilizada para este estudo foi o estudo de caso, de acordo com o que afirma Yin (2010). É, portanto, uma inquirição empírica que investiga um fenômeno inserido na realidade de uma organização a partir de múltiplas fontes de evidência, em um contexto no qual a fronteira entre o fenômeno e seu contexto não é claramente identificável.

O levantamento de dados foi realizado por meio de entrevistas semiestruturadas e análise documental. Foram realizadas duas entrevistas com a gestora e uma com os colaboradores da ONG analisada. As entrevistas foram realizadas entre fevereiro e maio de 2013. A técnica

de entrevista utilizada visou a conduzir os entrevistados a expor suas percepções associadas ao objeto de pesquisa mediante o diálogo com os entrevistadores.

A análise de dados buscou identificar as interfaces entre a realidade da organização e os elementos presentes na literatura abordada neste estudo - especialmente os propostos por Mintzberg relacionados à arquitetura organizacional. Após tal identificação foi analisada a adequação de tais elementos de arquitetura à estratégia da ONG por meio da análise da literatura, consultas a especialistas em arquitetura organizacional da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e discussões entre pesquisadores.

4. DESENVOLVIMENTO

4.1. CARACTERIZAÇÃO DA ONG

A estratégia da Junior Achievement é a mesma para todas as suas unidades (incluindo a JAMG) e consiste em: "Despertar o espírito empreendedor dos jovens ainda na escola, por meio da ação de voluntários em programas educacionais de empreendedorismo e sustentabilidade." (JAB, 2012).

Para atingir a estratégia da instituição, são oferecidos diversos programas, sendo 12 para o ensino fundamental e 12 para o ensino médio. Cada programa possui um manual que direciona o trabalho dos voluntários, cujo conteúdo é exatamente igual em todas as unidades nacionais. Apesar disso, os voluntários possuem certa autonomia para a aplicação dos programas, desde que não comprometam o prazo de duração do e o cumprimento de todas as atividades previstas.

Com o objetivo de melhorar o processo gerencial, a JAMG fez uma parceria com a uma consultoria, em 2011, para a elaboração de um Planejamento Estratégico (PE) próprio. Algumas ferramentas, oriundas do PE e com o objetivo de tornar possível compreender a estratégia da JAMG foram: o Mapa Estratégico, a identificação dos Macroprocessos, a criação de novos indicadores e a efetiva utilização de Planos de Ação. A criação do Mapa Estratégico da JAMG tornou-se uma representação visual dos objetivos estratégicos e desafios que a instituição terá que superar para concretizar sua missão e visão. A identificação dos Macroprocessos explicitou para toda a equipe quais são os processos internos e externos da associação. Por fim, a criação de indicadores para acompanhar sistemicamente as atividades, e os planos de ação para aperfeiçoá-las. Essas ferramentas

facilitaram o gerenciamento da organização e aumentaram a compreensão, por parte dos funcionários, da estratégia da Associação Junior Achievement de Minas Gerais.

O PE foi elaborado e traduz o desejo da cúpula estratégica de por um lado, tornar mais claro para todos a missão da empresa, fortalecendo a ideologia e a padronização de normas, e por outro obter maior controle e capacidade de mensurar os resultados dos processos internos.

A Junior Achievement utiliza o Balanced Scorecard (BSC) como ferramenta de gestão que avalia o desempenho empresarial. Dentro desta visão, a JAB desenvolveu um BSC em âmbito nacional contendo mais de 70 indicadores que devem ser preenchidos periodicamente. Além desse sistema, a JAMG desenvolveu um BSC interno, com indicadores específicos para o estado de Minas Gerais.

Percebe-se aqui um elemento característico das formas divisionalizada proposta por Mintzberg (2013): A coordenação exercida pela JAB sobre a JAMG por meio da padronização de resultados. Tal elemento tem sido introduzido também internamente à JAMG, entre sua cúpula estratégica e núcleo operacional, após a elaboração de seu PE.

Além disso, a JAMG tem empregado a metodologia de Gerenciamento de Projeto proposta pelo PMBoK, utilizado atualmente com algumas modificações. O guia Project Management Body of Knowledge (PMBoK) é um livro que apresenta um conjunto de práticas em gestão de projetos publicado pelo Instituto de Gerenciamento de Projetos (Project Management Institute – PMI) e constitui a base para o conhecimento em gerenciamento de projetos do PMI. Percebe-se, com tal ação, um esforço por parte da cúpula estratégica para padronizar alguns processos inerentes à gestão de seus projetos internos.

4.2. CONFIGURAÇÃO MISSIONÁRIA NA JUNIOR ACHIEVEMENT

A Junior Achievement possui várias unidades no mundo e, especificamente no Brasil, possui uma unidade em cada estado. Essa divisão é uma medida estratégica a fim de favorecer a propagação de sua missão, e conseqüentemente, fortalecer a ideologia. Cada unidade tem autonomia de gestão, no entanto, todas seguem a mesma ideologia que é regida por um estatuto social. Segue abaixo um fragmento do estatuto social da JAMG:

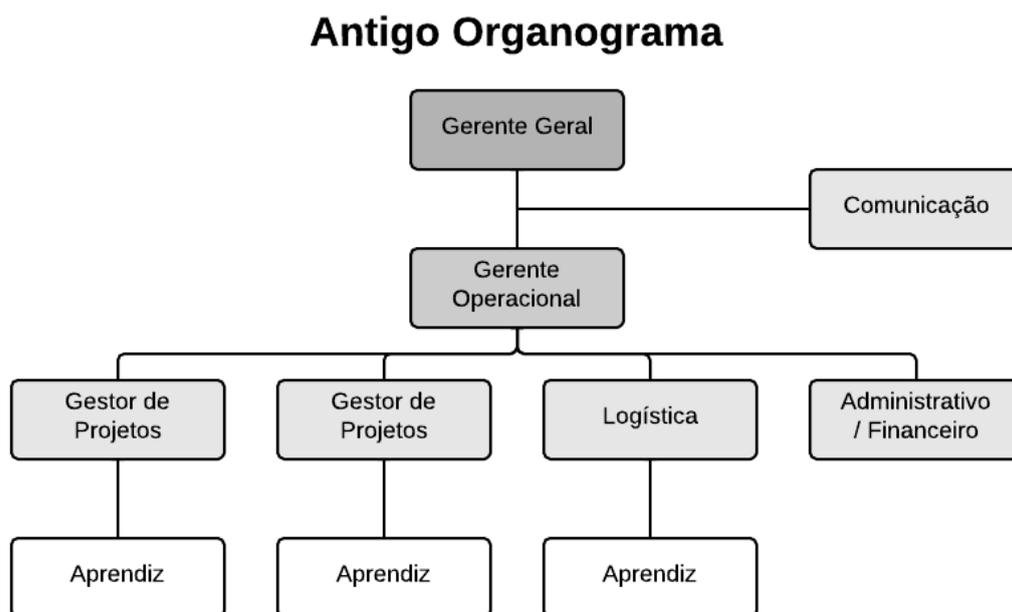
“Artigo 2. A ASSOCIAÇÃO JUNIOR ACHIEVEMENT DE MINAS GERAIS configura-se como uma associação de fins culturais e educacionais, promovendo a integração de instituições de

ensino e a livre iniciativa para estimular o despertar do espírito empreendedor e o desenvolvimento pessoal de jovens, sem intuito político, sectário, lucrativo e/ou econômico.” (ESTATUTO SOCIAL, 2005).

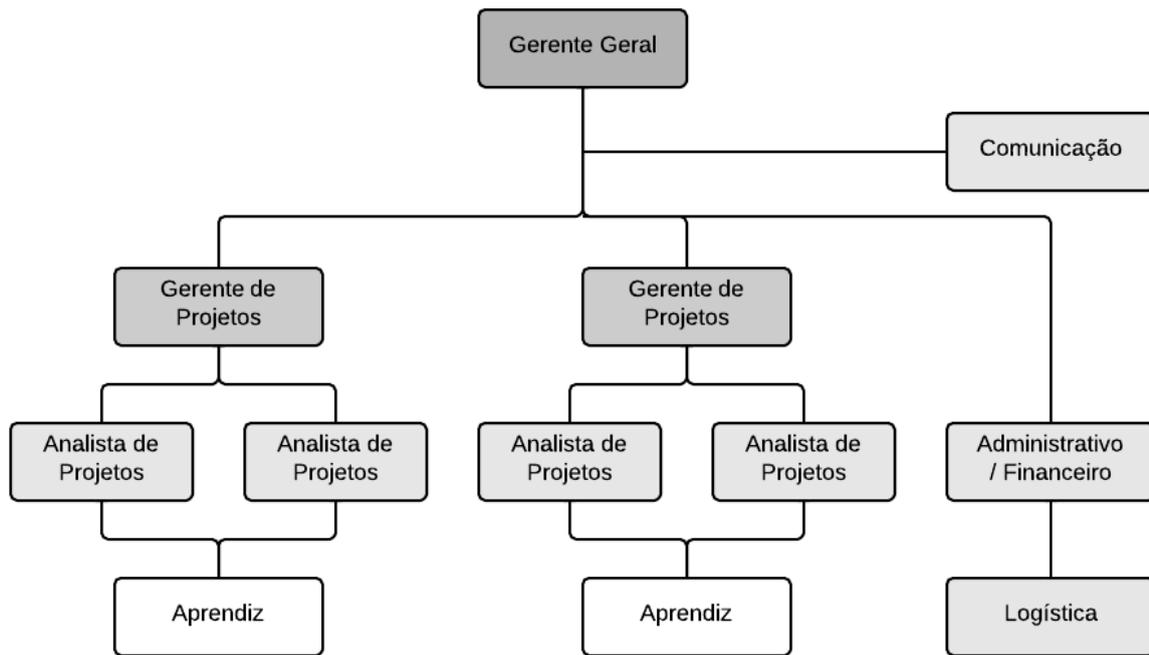
Além do estatuto, todas as unidades da Junior Achievement Brasil seguem o Manual de Normas e Procedimentos que vieram da Junior Achievement World Wide, que tem como objetivo servir de guia na implantação, consolidação e expansão da Junior Achievement em todos os Estados do Brasil. Também com relação à ação característica da ONG, que são os programas de empreendedorismo, cada programa possui um manual que direciona o trabalho dos voluntários, cujo conteúdo é exatamente igual em todas as unidades nacionais.

Em relação à estrutura formal da JAMG, pode-se fazer uma comparação entre o organograma utilizado até 2012 e o organograma atual em que se percebe um processo de horizontalização de funções. Segundo a gerente geral, essa mudança propiciou uma divisão mais igualitária do trabalho entre os gestores de projetos e pôde contribuir para a contratação de novos funcionários. Outro fator marcante na configuração missionária se percebe aqui: a democratização do trabalho proposta por Mintzberg, 2012. Segue na Figura 2 uma comparação na divisão de cargos:

Figura 2 – Diferenças entre os organogramas novo e antigo - JAMG



Novo Organograma



Fonte: Autoria própria

Como é característico em uma estrutura missionária, a Junior Achievement se dividiu em pequenas unidades semi-autônomas, como nas configurações divisionalizadas propostas por Mintzberg (2012). O objetivo central de tal divisão é manter a ideologia forte, o que permite propagá-la já que a ideologia é o impulso de atuação da configuração missionária. A unidade estudada, JAMG, possui uma proximidade física de atuação da diretora geral com os membros, visto que possui um tamanho físico pequeno, o que favorece com que estes se mantenham fiéis à missão da organização. Assim como na JAMG, em cada unidade da JA se verifica autonomia em termos de gestão e organização, porém há grande isonomia em termos de ideologia - uma só é a missão e a estratégia - e metodologia de trabalho, uma vez que os projetos e cursos aplicados pela JA nas escolas muitas vezes são os mesmos em diversas partes do Brasil e do mundo. E mesmo quando há diferenças, o já citado método do “aprender fazendo” e a forma de lidar com os voluntários permanece a mesma.

Dentro da estrutura da JAMG, a doutrinação é o principal parâmetro de design, tão presente dentro da organização que é possível reconhecê-lo em uma simples visita à unidade. Todos os funcionários da JAMG, inclusive os voluntários, antes de iniciarem suas atividades passam

por uma enculturação, cujo objetivo não é apenas o de apresentar a missão da empresa, mas também engajar a todos.

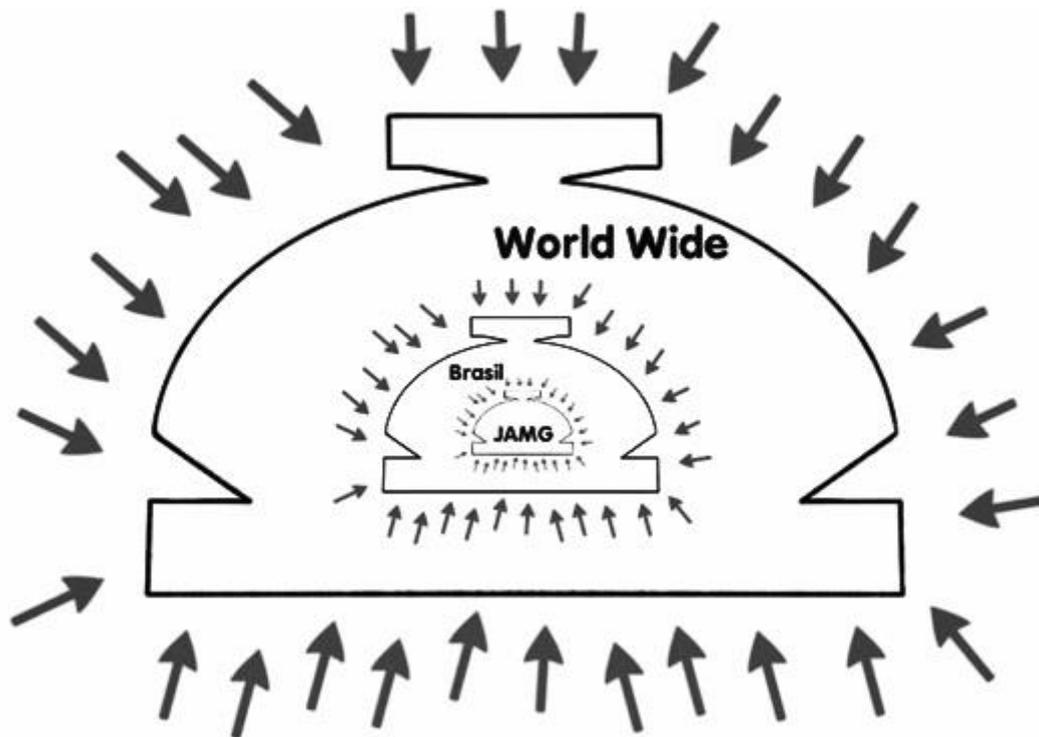
Segundo a diretora geral da JAMG o colaborador precisa “sentir a causa da empresa, ser voluntário, falar sobre a Junior Achievement com brilho no olho.” Precisa também se engajar com a proposta, envolvendo-se muito mais pela identificação com a missão da ONG do que com o salário recebido. Tal ideologia está presente em todos os níveis da organização e elimina a necessidade de um controle direto da diretora sobre os gerentes e analistas, ou ainda dos gerentes sobre os analistas. Depois que o membro da organização está engajado na proposta, a confiança no trabalho dele é grande, deixando-o com liberdade para realizar suas tarefas. No período inicial, após a contratação de um novo funcionário, ocorre um acompanhamento do desenvolvimento dele até que se torne claro que este absorveu completamente as crenças da JAMG e que estas se tornaram suas próprias crenças. Existem relatos de funcionários com excelentes competências técnicas, mas que não abraçaram a causa e precisaram assim ser desligados da organização.

Apesar da liberdade de gerenciar seu próprio trabalho, uma vez desenvolvido o PE, são realizadas reuniões periódicas onde todos os funcionários podem apresentar propostas e sugestões de melhorias. Todos possuem liberdade de opinar sobre qualquer área, sobre qualquer tarefa e isto é visto como uma atitude extremamente enriquecedora, sendo assim, um comportamento altamente incentivado. Aqui se percebe o mecanismo de coordenação de ajustamento mútuo, bem como a descentralização horizontal do poder dentro da organização. No âmbito das tarefas, cada cargo as possui bem definidas em teoria, mas muito flexíveis na prática. Todos conhecem suas funções, mas também estão prontos para uma colaboração mútua, onde qualquer cargo pode auxiliar no trabalho do outro. Essa situação é identificada em períodos de alta demanda para determinadas tarefas. Identifica-se aqui a baixa especialização de tarefas presente na JAMG.

Outra característica das configurações missionárias presentes na JAMG é a liderança carismática, que é altamente estimulada. Um exemplo claro é a atual Diretora Superintendente da JAB, uma senhora que é um ícone para todos os colaboradores das unidades brasileiras. A gestora da JAMG, por exemplo, afirmou: “ela é um modelo de empreendedorismo, me espelho nela”.

Segue na Figura 3 um modelo de autoria própria no qual foi destacada a configuração missionária na JAMG, inserida em uma forma divisionalizada de outras duas configurações missionárias.

Figura 3 – Configuração Missionária presente na Junior Achievement



Fonte: Autoria própria

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista a presente análise, pode-se dizer que a JAMG, bem como a JAB e a JAWW são configurações caracteristicamente missionárias, embora entre elas percebam-se elementos das formas divisionalizadas. A coordenação por meio da padronização de normas, e a ideologia como parte-chave da organização são perceptíveis nos manuais e estatutos, na fala de sua gestora sobre o que a identificação com a “causa” da empresa que todo colaborador deve possuir, e no treinamento dado aos novos colaboradores da empresa. Outras características descritas por Mintzberg (2012) como próprias da configuração missionária presentes na JAMG são:

A democracia presente nas organizações de caráter voluntário, ainda presente na JAMG que, embora remunere seus funcionários, mantém em seu quadro de colaboradores uma

maioria que já foi voluntária na aplicação dos cursos, e apenas promove para alguns cargos estes colaboradores que já foram voluntários; Lealdade e identificação organizacional; Liderança carismática; Trabalho em pequenos grupos semi-autônomos (aqui percebe-se também a alta rotação tarefas e a descentralização do poder); Preparação para cooperação mútua.

Tal arquitetura organizacional se adapta bem à estratégia da organização, cujo cerne é a missão de desenvolver e despertar o empreendedorismo nos jovens, transformando assim a sociedade. No entanto, os movimentos em curso por parte da cúpula estratégica que buscam obter maior controle do trabalho por meio da padronização de processos e da padronização de resultados interior à JAMG podem se mostrar inadequados à estratégia da empresa, e devem ser trabalhados com cautela. O maior risco é de, no esforço por obter controle por meio desses dois mecanismos, diminuir o impulso da ideologia e da padronização de normas, que são os mais adequados à estratégia, como foi dito.

Os riscos adicionais oriundo da tentativa de padronização dos processos são tornar a organização rígida e com processos internos mais lentos e desnecessariamente burocratizados, o que pode ocorrer com a adoção de práticas do PMBoK. Já com relação à padronização de resultados e o uso dos indicadores, já tem ocorrido uma sobrecarga intensa de trabalho oriundo do uso do BSC. O BSC referente à JAB apresenta mais de 70 indicadores. O interior à JAMG, desenvolvido junto ao PE, apresenta pouco mais de 80. Após a implantação do último, a alimentação do primeiro não tem sido realizada em tempo, e a razão percebida é o tempo gasto para alimentar o BSC interno à unidade de Minas Gerais.

Para dirimir tais problemas as sugestões são que a padronização de processos seja realizada apenas para definir as mínimas especificações críticas a cada projeto. Segundo Biazzi (1994), por mínima especificação crítica compreende-se o princípio segundo o qual o projeto do trabalho deve se ater a um número mínimo de prescrições, reduzidas ao essencial para que os trabalhadores possuam a capacidade de resposta exigida pela organização. Neste sentido é sugerida a utilização de um método de gerenciamento de produtos mais adequado a organizações flexíveis em detrimento do PMBoK. É também sugerido que o sistema de indicadores que alimenta o BSC seja revisto tanto internamente à JAMG quanto pela JAB. Tal revisão deve ter o objetivo de diminuir o número de indicadores, reduzindo-os aos mais significativos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO JUNIOR ACHIEVEMENT DE MINAS GERAIS. Estatuto social anexo à ata da assembleia geral extraordinária da associação Junior Achievement de Minas Gerais. Realizada em 2005.

BIAZZI, F. A conveniência e a viabilidade da implementação do enfoque sócio-técnico nas empresas. *Revista de Administração de Empresas, São Paulo*, 34(1):30-37, janeiro/fev. 1994.

DUARTE, Nelson Felipe dos Santos. Teoria de Mintzberg, Mintzberg e o Desenho Organizacional. Instituto Politécnico de Coimbra, Coimbra. 2006. 13p.

GERSTEIN, M. S. (1993). Das burocracias mecânicas às organizações em rede: uma viagem arquitetônica. In D. A. Nadler, M. S. Gerstein, & R. B. Shaw (Orgs.), *Arquitetura organizacional: a chave para a mudança empresarial* (pp. 11-38). Rio de Janeiro: Campus.

JUNIOR ACHIEVEMENT BRASIL. Manual de Normas e Procedimentos. Porto Alegre, 2012. 160p.

MINTZBERG, H. Criando Organizações Eficazes: estruturas em cinco configurações. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2012. 334p.

NADLER, D. A. (1993). Arquitetura organizacional: metáfora para mudança. In D. A. Nadler, M. S. Gerstein, & R. B. Shaw (Orgs.), *Arquitetura organizacional: a chave para a mudança empresarial* (pp. 1-8). Rio de Janeiro: Campus.

PORTER, M. Estratégia Competitiva-Técnicas para análise de indústrias e da concorrência. Editora Campus, 1980.

QUINN, J. B. Strategies for Change: Logical Incrementalism. R.D. Irwin Incorporation, 1980.

TACHIZAWA, T. Organizações Não Governamentais e Terceiro Setor. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

TACHIZAWA, T. Gestão Ambiental e Responsabilidade Social Corporativa. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

TACHIZAWA, T., POZO, H., ALVES, J. A. F. Formulação de um plano estratégico em instituições do terceiro setor: o caso de uma ONG de pequeno porte. In *Reuna Belo Horizonte, Minas Gerais*. v.17, n.3, p.53-72, julho/set. 2012. ISSN 2179-883.

YIN, R.K. Estudo de Caso: planejamento e métodos. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

Capítulo 28

APLICAÇÃO DA ANÁLISE DE AGRUPAMENTO NA AVALIAÇÃO DA FORMAÇÃO TÉCNICA PROFISSIONALIZANTE PARA O SETOR INDUSTRIAL

[DOI: 10.37423/200500854](https://doi.org/10.37423/200500854)

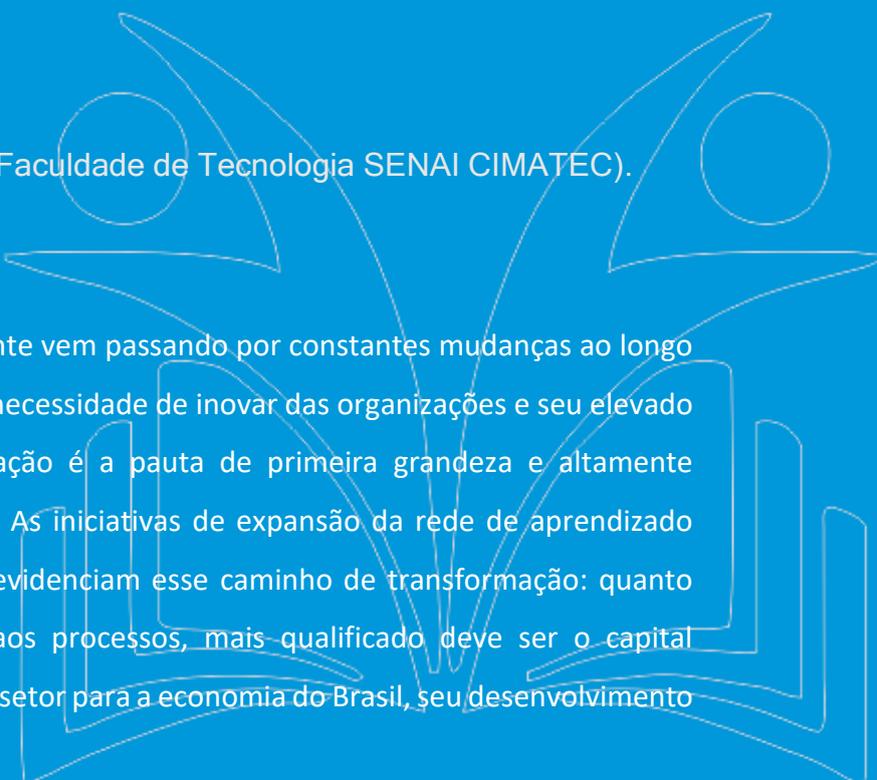
Murilo Santos (Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia da Bahia
Campus de Feira de Santana).
murilosantos@ifba.edu.br

Camila de Sousa Pereira-Guizzo (Área de Modelagem Computacional - Faculdade
de Tecnologia SENAI CIMATEC).
camila.pereira@fieb.org.br

Renelson Ribeiro Sampaio (Área de Modelagem Computacional - Faculdade de
Tecnologia SENAI CIMATEC).
renelson.sampaio@fieb.org.br

Antônio José Assunção Cordeiro (Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC).
antonio.cordeiro@gmail.com

RESUMO: A formação profissionalizante vem passando por constantes mudanças ao longo dos últimos anos, impulsionada pela necessidade de inovar das organizações e seu elevado nível tecnológico. Atualmente, inovação é a pauta de primeira grandeza e altamente dependente de pessoas qualificadas. As iniciativas de expansão da rede de aprendizado profissional e a busca por talentos, evidenciam esse caminho de transformação: quanto mais tecnologias forem agregadas aos processos, mais qualificado deve ser o capital humano. A indústria é um importante setor para a economia do Brasil, seu desenvolvimento



acelera o crescimento do país, promovendo a distribuição de riquezas. Sem educação, essa engenharia socioeconômica não funciona. Nesse contexto é importante analisar os cursos técnicos profissionalizantes sob o prisma das expectativas discentes. O objetivo é entender, a partir das dificuldades vivenciadas pelos alunos, o que pode interferir no desenvolvimento dos cursos. Para cumprir com essa abordagem, foram aplicados questionários entre os alunos matriculados em uma unidade do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia. Os resultados, analisados por meio de estatística descritiva e multivariada, apontaram para fatores que representam dificuldades para os discentes, impactam no atingimento de suas expectativas e desenvolvimento industrial.

PALAVRAS CHAVE. Educação profissionalizante, Cursos técnicos, Expansão IFs, Indústria.

Área principal (EDU - PO na Educação)

1. INTRODUÇÃO

As novas tecnologias aplicadas nas indústrias exigem um alto nível de qualificação pessoal. Para Figueiredo (2005), surge o problema de adequar o desenvolvimento da educação profissional às demandas cada dia mais crescentes por capital humano qualificado. Esse aspecto aponta para um quantitativo e qualitativo de egressos insuficiente para suprir a necessidade das organizações. A manutenção da competitividade das empresas depende da qualificação dos profissionais.

Este trabalho tem o objetivo de identificar como as dificuldades que os alunos encontram, ao realizar os cursos promovidos pelos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia (antigos CEFETs), estão agrupadas. Estas instituições acabaram de passar pelo seu maior processo expansivo, que elevou para mais que o dobro o número de unidades espalhadas pelo país. Nesse contexto de ampliação do acesso, o estudo servirá de orientação para o planejamento de ações sócio, econômico e culturais de solução e/ou suporte aos problemas agrupados pela análise.

Além desta etapa introdutória, o trabalho é composto por outras quatro partes. Na etapa dois, será descrita uma breve história da estrutura e funcionamento do ensino profissionalizante no Brasil e a necessidade do mercado de trabalho, em termos quantitativos, de capital humano qualificado. Ainda nesse início, serão abordadas, brevemente, a relação da formação profissionalizante com as indústrias e a influência dos cursos no perfil dos discentes. Em seguida, será explicada a metodologia aplicada para a execução da pesquisa, na terceira parte. A quarta seção contém a apresentação e a análise dos resultados obtidos com a pesquisa de campo. A quinta e última etapa é composta pela conclusão, contendo as análises do problema pesquisado.

2. A EDUCAÇÃO PROFISSIONALIZANTE NO BRASIL E A DEMANDA DO MERCADO POR PROFISSIONAIS CAPACITADOS

A história dos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia e a da educação profissionalizante do Brasil caminham de maneira indissociada. Nesse contexto, a educação profissional vem, ao longo dos anos, passando por inúmeras transformações.

A fundação se deu em setembro de 1909, conforme relata o Portal IFBA (2009), com as Escolas de Aprendizes Artífices criadas nas capitais dos estados brasileiros, pelo então

presidente da república Nilo Peçanha. Essas escolas buscavam ofertar educação profissionalizante para a população que apresentava vulnerabilidade social e econômica. Atualmente, o processo de expansão da rede busca ampliar o acesso através de uma estrutura multicampi e pluricurricular.

Segundo o Portal IFBA (2009), os atuais institutos oferecem cursos de nível médio (Ensino Médio integrado ao ensino técnico profissionalizante, técnico profissionalizante para quem já concluiu o Ensino Médio e Proeja - Educação de Jovens e Adultos). Além de curso superior, composto por bacharelados, engenharias, licenciaturas, formações tecnológicas e pós-graduações.

Sempre houve o forte vínculo entre o ensino do 2º grau, o ensino médio de hoje, e o ensino profissionalizante. Porém, a vocação da educação profissional é orientar o discente ao desenvolvimento constante, com vistas ao mercado de trabalho.

A educação profissional pode ser oferecida pelas escolas técnicas federais, estaduais, municipais e privadas, sendo que, nestas últimas, estão incluídos os estabelecimentos do chamado Sistema 'S' (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – SENAI; Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial – SENAC; Serviço Nacional de Aprendizagem Rural – SENAR; Serviço de Apoio à Pequena e Microempresa – SEBRAE) e instituições empresariais, sindicais, comunitárias e filantrópicas. (Organización de Estados Iberoamericanos, 2002, p. 135).

É importante citar que os IF's, mesmo aplicando grande energia de trabalho voltado para o setor industrial, também mira outras áreas ou setores do desenvolvimento econômico do país. O processo de expansão, vivenciado pelos antigos CEFETs - Centros Federais de Educação Tecnológica, segundo Ministério da Educação (2009), compreende todas as regiões brasileiras e busca atender as necessidades de desenvolvimento local e regional. Conforme ilustra a Figura 1, até 2002 existiam 140 escolas (representadas pelos pequenos quadrados pretos) e até o final de 2010, esse número foi ampliado para 354 unidades (representadas pelos pontos laranja).

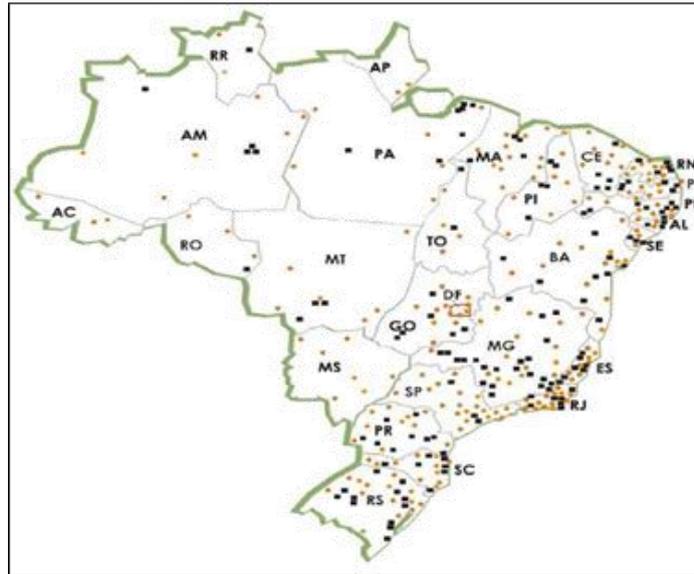


Figura 1 – Expansão da Rede Federal até 2010.

Fonte: Portal MEC - Ministério da Educação

Essas ações de ampliação da rede federal de ensino técnico profissionalizante tentam suprir a carência do mercado por profissionais mais capacitados, que é um dos requisitos para o desenvolvimento do país.

Pode-se evidenciar as mudanças da relação da educação profissionalizante com o mercado de trabalho, com foco no setor industrial (que é o setor que mais absorve os egressos dos IFs), ao confrontar duas publicações do IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. São dois comunicados: um de abril de 2011 e, o outro, de outubro de 2012. O primeiro, em uma de suas análises, relata uma estimativa de saldo efetivo entre a oferta e a demanda de mão-de-obra qualificada para o ano de 2011, dividido por regiões do país, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Estimativa de saldo efetivo entre oferta e demanda de mão-de-obra para o setor industrial em 2011 por regiões do país

REGIÃO	ÁREA DE ATIVIDADE INDUSTRIAL
Norte	10.811
Nordeste	25.849
Sudeste	-15.013
Sul	-51.590
Centroeste	-4.556
BRASIL	-34.499

Fonte: MTE e IBGE, Elaboração Ipea. (Adaptado)

O segundo, em seu tópico sobre a Composição do emprego, analisa o nível de qualificação dos trabalhadores e suas escolaridades. Conforme o estudo da Publicação 156 do IPEA, ao longo dos últimos dez anos, a composição do emprego com base na escolaridade passou por fortes mudanças.

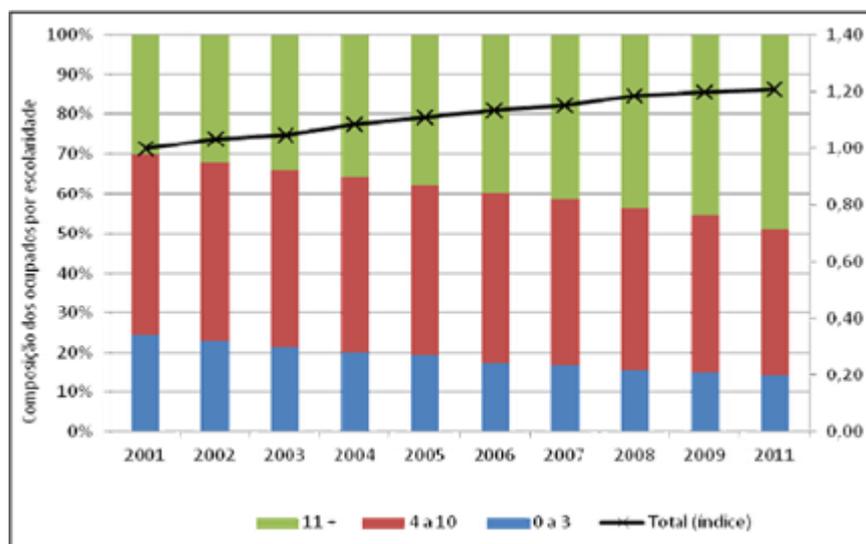


Figura 2 – Gráfico de ocupados e distribuição por grupos de escolaridade.

Fonte: PNAD/IBGE. Elaboração: Ipea

Ainda segundo o IPEA (2012) e conforme ilustra a Figura 2, em 2011 o percentual de trabalhadores com tempo de escolaridade igual ou superior a 11 anos, passou de 30% para quase 50% do total de ocupados. “Já o grupo de trabalhadores com baixa escolaridade (até três anos de estudo) reduziu sua participação de 25% dos ocupados em 2001 para pouco menos de 15% dez anos depois.” (IPEA, 2012, p. 18). Em resumo, o mercado de trabalho apresentou maior escolaridade e diminuição do índice de participação dos indivíduos de escolaridade baixa.

Os dois comunicados do IPEA têm o ano de 2011 com período base e seus estudos apontam para um déficit de capital humano qualificado, em termos nacionais, apesar de ter ocorrido um aumento significativo na escolaridade dos indivíduos, na composição do mercado de trabalho.

2.1. A RELAÇÃO DA FORMAÇÃO PROFISSIONALIZANTE COM AS INDÚSTRIAS

O nível atual de utilização de estratégias inovadoras e tecnológicas nas escolas de ensino profissional aponta para um cenário de aproximação eficiente com o setor produtivo? A

resposta para esse questionamento requer um levantamento detalhado, em campo, de informações e análises cuidadosas das práticas empregadas na preparação dos futuros trabalhadores industriais. Enquanto não se detém a resposta, vale verificar o que rege a estrutura de funcionamento das empresas e porque o ser humano é peça fundamental para a aceleração do desenvolvimento industrial.

A capacidade tecnológica de uma empresa ou indústria, para Figueiredo (2005), está concentrada em quatro elementos: (1) Produtos e serviços; (2) Sistema físico, dados, softwares, máquinas e equipamentos; (3) Conhecimento tácito, acumulado do indivíduo – experiência, talento; (4) Estratégias gerenciais, rotinas e procedimentos da organização. A esse conjunto de quatro elementos, dá-se o nome de ‘tecnologia’. O capital cognitivo das pessoas contempla esse patrimônio.

Oliveira (2003, p. 254) enfatiza a “necessidade do sistema educacional sofrer alterações de forma a se tornar coetâneo e articulado aos interesses industriais.” Para Oliveira (2003), nosso sistema de ensino carece de mecanismos estabelecidos, eficientemente, de avaliação da qualidade e do desempenho das instituições regentes. Observa-se a indústria como uma grande demandante de mão-de-obra de perfil técnico.

2.2. INFLUÊNCIA DOS CURSOS NO PERFIL DE SEUS DISCENTES

A formação profissional atua como agente transformador de seus alunos. Para Luiz, Costa e Costa (2010), é importante analisar a influência de instituições de ensino sobre a sociedade, principalmente pela grande responsabilidade que exercem sobre o crescimento e desenvolvimento do País.

Segundo von Linsingen (2006, p. 11), “no currículo das áreas técnicas, as novas diretrizes oferecem a possibilidade de se pensar a educação tecnológica numa perspectiva transformadora e dinâmica.” E para que essa possibilidade seja concretizada, deve haver a construção de uma formação docente constantemente estimulada para a transformação.

Os docentes são a principal interface de interferência de mudança no perfil dos alunos, pois “podem reavaliar seus métodos, refletir sobre suas concepções prévias, transformando o processo educacional tecnocientífico numa construção de sentidos sociais-culturais sobre a ciência e a tecnologia em que os estudantes se tornem sujeitos da própria aprendizagem.” (von Linsingen, 2006, p. 10). Vale salientar a importância dos discentes nesse processo de

formação educacional, em que devem ser ouvidos e contribuírem com informações norteadoras das implementações de melhorias dos programas.

O mercado busca profissionais com capacidade de aprendizado constante. “A participação dos alunos na produção científica e a atuação profissional dos egressos” são, segundo Luiz, Costa e Costa (2010, p. 104), critérios relevantes para a avaliação dos cursos e, portanto, devem ser investigados.

3. METODOLOGIA

3.1. PARTICIPANTES

Para definir o tamanho da amostra, foi considerado o nível de confiança de 95% e margem de erro de 5%. Esse cálculo apontou para a necessidade de buscar 226 participantes para a pesquisa. Assim, de um universo de 550 alunos, 235 participaram voluntariamente desta pesquisa, cerca de 42,7% da população escolar, sendo 116 do sexo feminino e 119 do sexo masculino. A idade média dos participantes é de 21,3 anos. Esses participantes são alunos regularmente matriculados nos cursos Técnicos de Nível Médio em Informática, Eletrotécnica e Edificações.

3.2. ESPAÇO EMPÍRICO

O universo da pesquisa contempla os alunos do Campus IFBA de Feira de Santana. Essa unidade escolar foi escolhida por ter sido inaugurada há quase dois anos e estar por formar a sua primeira turma de egressos.

Os cursos oferecidos são todos de nível médio. A saber: Técnico em Informática (TI), modalidade subsequente; Técnico em Eletrotécnica, modalidade subsequente e integrada; Técnico em Edificações, modalidade integrada. Na modalidade subsequente, os cursos são compostos por quatro módulos semestrais, com duração de dois anos. No modelo integrado, o funcionamento dos cursos é anual, com duração de quatro anos.

3.3. PROCEDIMENTO DE COLETA E ANÁLISE DOS DADOS

Os dados foram coletados por meio de um formulário eletrônico, disponibilizado em ambiente web através do link <https://pt.surveymonkey.com/s/CIMATEC>. Foi utilizado um dos laboratórios disponíveis na instituição, objeto do estudo, com cerca de 40 microcomputadores com acesso a internet, como ambiente de coleta de dados.

A questão chave, que trata das dificuldades dos discentes, essência da pesquisa, foi elaborada com base na proposta de Luiz, Costa e Costa (2010, p. 101) acerca da “construção de um modelo para captar e analisar percepções a respeito dos impactos de um curso de graduação em engenharia de produção sobre o perfil dos seus egressos”. Foi utilizada a escala Likert, onde as opções de resposta estão distribuídas em cinco pontos onde 1 representa Nenhuma dificuldade, 2 Pouca dificuldade, 3 Dificuldade regular, 4 Muita dificuldade e, 5, Dificuldade extrema.

A questão aplicada foi: Assinale, nos itens a seguir, o grau de dificuldade encontrado ao realizar o curso técnico profissionalizante, nessa unidade de ensino. Os itens de análise desta questão foram: (01) Falta de informação sobre o curso; (02) Transporte público; (03) Afinidade com a área técnica escolhida; (04) Entendimento do conteúdo das disciplinas técnicas; (05) Práticas de laboratório; (06) Tempo para estudar em casa; (07) Estar há alguns anos sem estudar; (08) Conhecimentos básicos do ensino fundamental; (09) Qualidade do corpo docente; (10) Nível das provas e avaliações; (11) Quantidade de informações passadas por aula; (12) Disciplinas de exatas; (13) Busca de ajuda para esclarecer dúvidas ou dificuldades relativas ao curso; (14) Organização do tempo para estudar fora do horário de sala de aula; (15) Participação em discussões relacionadas ao conteúdo; (16) Comprometimento com as atividades solicitadas pelo docente; e (17) Atenção nas aulas dadas. Os número associados a esses itens servirão de base para leitura das Figuras 4 e 5.

Os dados obtidos a partir da coleta eletrônica foram compilados e organizados em planilhas com extensão .csv, para carregamento e leitura do sistema RStudio. Dessa maneira, foi possível gerar as estruturas visuais que suportam as análises de agrupamento registradas pelo estudo. Os resultados foram analisados por meio de estatística descritiva e multivariada.

A Figura 3, na próxima seção, traz as primeiras impressões do estudo por meio de contraste visual. Essa primeira análise, que segue as orientações de Oliveira (2005), a partir do uso do Ranking Médio (RM) sobre as respostas oriundas da escala tipo Likert de 5 pontos, aponta as dificuldades que mais impactam no desenvolvimento discente.

Como parte central do estudo, foi aplicada a técnica estatística de análise de agrupamentos que, segundo Moori, Marcondes e Ávila (2002, p.71), dá ao pesquisador a possibilidade de separar, classificar e observar dados provenientes de diferentes classes. A análise estatística

descritiva e multivariada foi composta por três estruturas teóricas: associação da aplicação das Faces de Chernoff aos conceitos de K-means; distância Euclidiana, com o uso de dendograma; e boxplot. Todos gerados a partir do software estatístico Rstudio.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados, ilustrados a seguir na Figura 3, mostram em que nível os itens propostos representam as dificuldades vivenciadas pelos discentes. Os itens que mais se destacaram como problemas foram a Organização do tempo para estudar fora do horário de sala de aula e o Transporte público. Enquanto a Atenção nas aulas dadas e a Qualidade do corpo docente foram os itens apontados com os menores graus de impacto. Também observa-se que as Disciplinas da área de exatas e a Participação em discussões relacionadas ao conteúdo despontam como itens de relevante interferência.

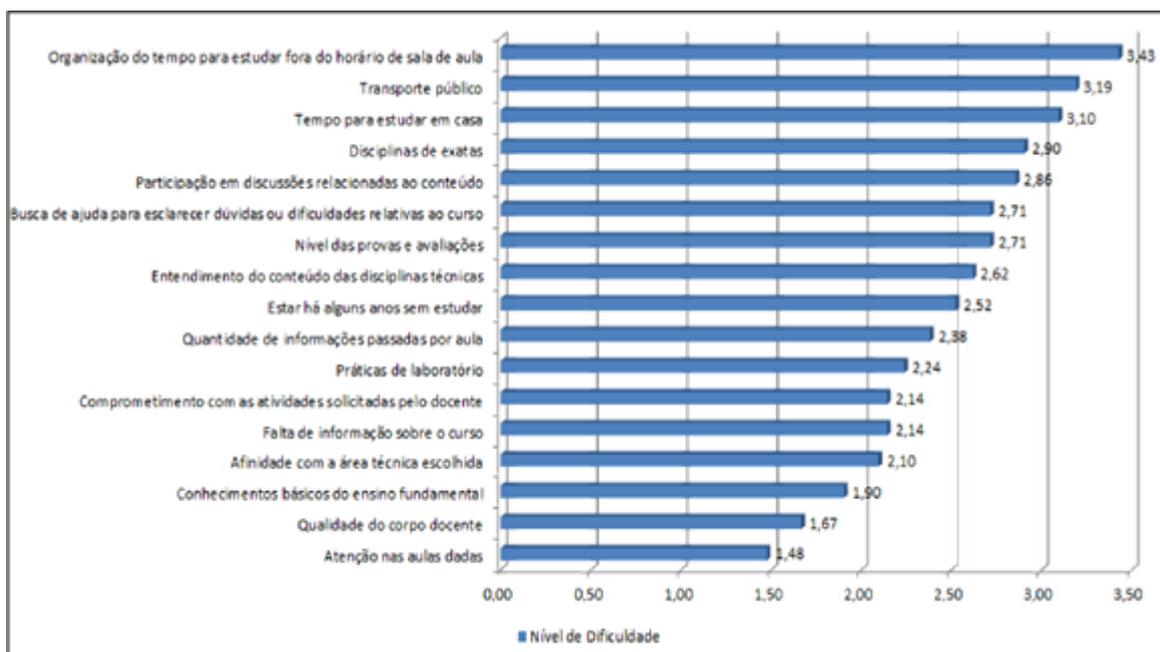


Figura 3 – Gráfico da percepção dos alunos do nível de dificuldade vivenciada

Dos dezessete itens trabalhados no questionário do nível das dificuldades, quatorze apresentam indicadores de RM acima de 2,0. Ou seja, tendem a causar interferências no cotidiano dos discentes, no transcorrer do curso. Dentre essas dificuldades, uma é de caráter estrutural (Transporte público). Porém, tem grande peso, por interferir na frequência e pontualidade dos alunos, como também no cumprimento de suas atividades.

Dentre a maioria dos itens, com índices de interferência que variam de 2,14 a 2,90, observa-se que alguns deles apontam para as dificuldades que estão relacionadas com a adaptação

dos alunos às rotinas que o tipo de ensino (Técnico profissionalizante) que é oferecido impõe, bem como ao nível de exigência praticado.

Não se observa preocupação dos respondentes com as dificuldades representadas pelos itens: Conhecimentos básicos do ensino fundamental, Qualidade do corpo docente e Atenção nas aulas dadas. Respectivamente, nesses itens os valores são: 1,90, 1,67 e 1,48.

Quanto à análise de agrupamento, observamos que as estruturas teóricas reforçam, entre si, o agrupamento das dificuldades com grande similaridade interna. A aplicação das Faces de Chernoff caracteriza cada dificuldade com base nas intenções do respondentes, moldando os aspectos faciais (formatos, tamanho e cores das faces, olhos, nariz, boca e orelhas) de acordo com o nível de impacto apontado na coleta de dados.

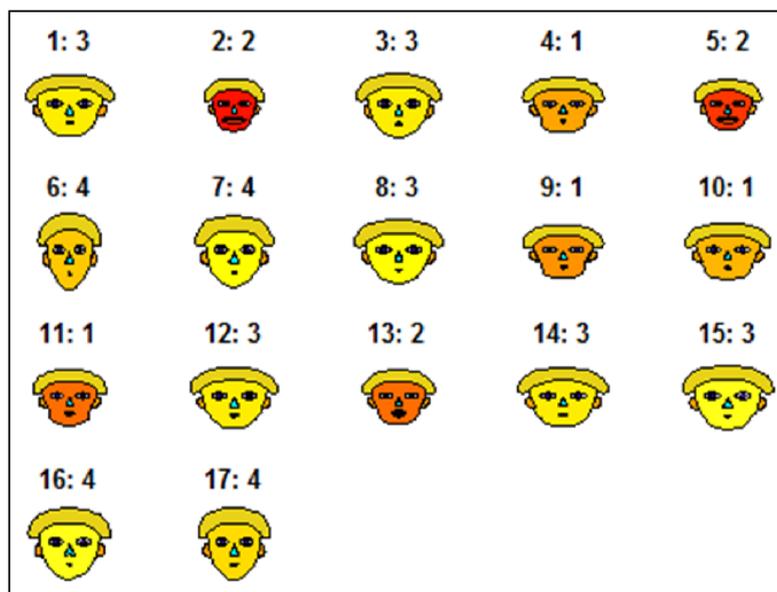


Figura 4 – Faces Chernoff e K-means

Observando a Figura 4, onde em (1:3), por exemplo, o número a esquerda identifica a dificuldade e, o da direita, representa o agrupamento, vê-se a delimitação dos 17 itens apontados como dificuldade em quatro grupos. Desse modo, as similaridades ficam distribuídas conforme a Tabela 2, a seguir, a exemplo do grupo 04, aponta que para os indivíduos que optaram por Tempo para estudar em casa, também deram um peso muito próximo ao do item Atenção nas aulas dadas, no nível das dificuldades vivenciadas.

Grupos	Dificuldades	
01	04	Entendimento do conteúdo das disciplinas técnicas
	09	Qualidade do corpo docente
	10	Nível das provas e avaliações
	11	Quantidade de informações passadas por aula
02	02	Transporte público
	05	Práticas de laboratório
	13	Busca de ajuda para esclarecer dúvidas ou dificuldades relativas ao curso
03	01	Falta de informação sobre o curso
	03	Afinidade com a área técnica escolhida
	08	Conhecimentos básicos do ensino fundamental
	12	Disciplinas de exatas
	14	Organização do tempo para estudar fora do horário de sala de aula;
	15	Participação em discussões relacionadas ao conteúdo
04	06	Tempo para estudar em casa
	07	Estar há alguns anos sem estudar
	16	Comprometimento com as atividades solicitadas pelo docente
	17	Atenção nas aulas dadas

Tabela 2 – Legenda de agrupamento baseado em Faces Chernoff e K-means

A Tabela 2 aqui se posiciona como uma legenda, no intuito de facilitar a leitura das dificuldades a partir da identificação numérica e visualizar o agrupamento gerado pelas Faces de Chernoff, que neste estudo foi aplicada com o Algoritmo K-means, com o objetivo de produzir uma visão dos dados, e, ao mesmo tempo, classificá-los algoritmicamente quanto ao agrupamento conforme os seus vizinhos mais próximos. Em conformidade com Macqueen (1967) o K-means possibilita a classificação de N observações em K grupos (onde $N \geq K$), estabelecendo que cada elemento seja associado o grupo mais próximo da média. Para determinação do número ideal de Clusters, os dados foram analisados utilizando o método Silhouette (clustering) discutido em Rousseeuw (1987).

A Figura 5 com o dendrograma, confirma a distribuição apontada pela estruturação das Faces de Chernoff com o algoritmo K-means, porém, demonstra a em detalhes hierárquicos a classificação das dificuldades em relação ao distanciamento existente entre os níveis de dificuldades aferidos. Observa-se na Figura 5, que foi desenhada com base na Distância Euclidiana, a mesma macro divisão das dificuldades em 04 grupos e, de maneira complementar, quais dessas dificuldades estão mais fortemente inter- associadas.

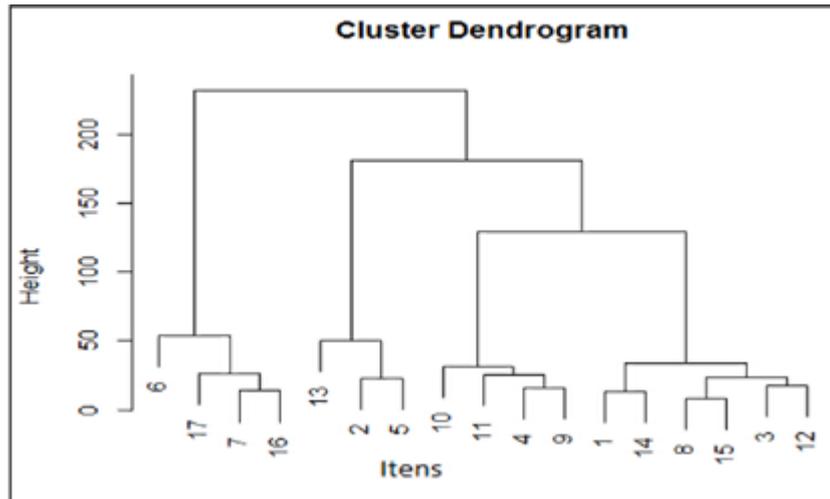


Figura 5 – Cluster Dendrograma das Dificuldades.

A Figura 6 traz uma análise das dificuldades apontadas pelos entrevistados. As opiniões são apresentadas de forma analítica, demonstrando a distribuição estatística das opções de respostas, para todas as perguntas relacionadas às dificuldades indicadas pelos discentes na coleta de dados. Desse modo, pode-se afirmar que, dentre todas as perguntas com respostas definidas como Nenhuma Dificuldade (ND), obtivemos mediana de 69 respostas ND entre as 17 perguntas. Aliado a isso, a mediana, ou seja, 50% das 17 perguntas, possuem a opinião ND em 66 ocorrências. Ainda com base nas análises da Figura 6, o primeiro quartil (25% das perguntas) possui 38 ocorrências da resposta ND, o terceiro quartil (75% das perguntas) possui 84 ocorrências da resposta ND. Outro fato apresentado é que o menor valor de respostas ND para as 17 perguntas é o de 15 ocorrências. Por outro lado, o maior valor é de 150 indicações.

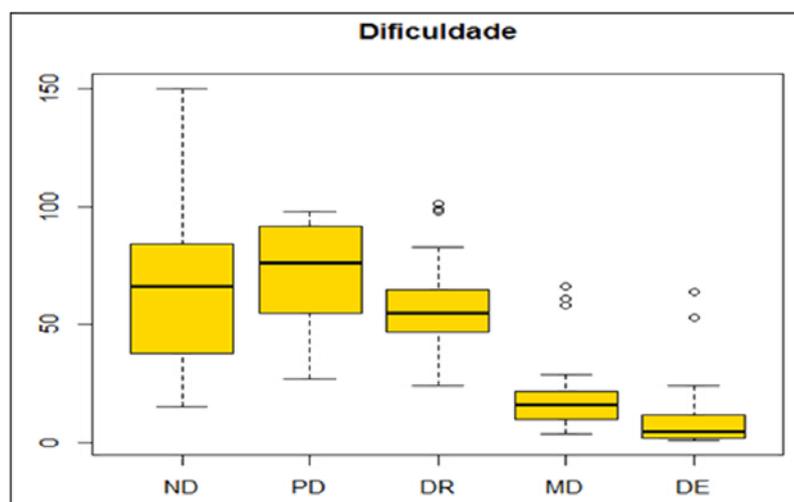


Figura 6 – Blox Plot das Dificuldades.

5.CONCLUSÃO

A análise dos dados aponta para um número significativo de elementos que dificultam o desenvolvimento dos cursos, conseqüentemente, o desempenho dos discentes.

As principais percepções dos discentes, em relação às dificuldades de se fazer um curso IFBA Campus Feira de Santana expõe, inicialmente, dois aspectos: (1) A necessidade dos alunos administrarem melhor ou, ainda, implementar uma nova rotina, composta por uma carga de estudos mais arrojada e multidisciplinar. Uma vez que houve grande destaque para os itens Organização do tempo para estudar fora do horário de sala de aula e Tempo para estudar em casa; (2) Um melhor planejamento da instituição, referente ao deslocamento e acolhimento dos discentes. Ao deslocamento, pelo fato de o item Transporte público estar na segunda posição, superando outras dificuldades bem pontuadas, tais como, lidar com Disciplinas de exatas e Participação em discussões, mais comuns para alunos recém-chegados.

Os agrupamentos delineados pelo estudo apontam que há uma considerável similaridade entre as dificuldades abordadas no estudo. No Grupo 01, o Entendimento do conteúdo das disciplinas técnicas é mais fortemente afetado pela Qualidade do corpo docente e, menos diretamente, pela Quantidade de informações passadas por aula e pelo Nível das provas e avaliações, nessa ordem.

No segundo agrupamento, desca-se o fato de um problema conjuntural misturar-se a dificuldades que estão voltadas ao ensino, são particulares em discentes que não frequentaram cursos técnicos (Práticas de laboratório) e/ou provenientes de um ensino fundamental que não estimulava a autonomia (Busca de ajuda para esclarecer dúvidas ou dificuldades relativas ao curso), nessa ordem de distanciamento.

O Grupo 3 concentra o maior número de dificuldades similares. São seis itens que se agrupam aos pares e, o que se destaca, é a aproximação existente entre os Conhecimentos básicos do ensino fundamental e a Participação em discussões relacionadas ao conteúdo. Dessa forma, confirma-se que sem uma boa base do ensino fundamental, fica difícil desenvolver raciocínio crítico que contemple discussões. O par com os itens de dificuldade em lidar com as Disciplinas de exatas e de Afinidade com a área técnica escolhida expõe a dificuldade dos discentes em desenvolver atividades de cálculo e raciocínio lógico, além de compor um quarteto de aproximação com os itens citados no início desse parágrafo.

O terceiro e último par de dificuldades do grupo 3 pouco se afasta da deficiência dos ensinamentos anteriores, caracterizado pelo exposto acima, pois resvala na falta de autonomia e disciplina do discente, respectivamente, indicadas nos itens Falta de informação sobre o curso e Organização do tempo para estudar fora do horário de sala de aula.

Estão alocadas no Grupo 4 as dificuldades que, para serem superadas, envolvem alterações do comportamento e da postura dos discentes. As atividades de ensino desenvolvidas em um curso Técnico Profissionalizante requerem de seus alunos disciplina, atualização constante, compromisso e concentração, inerentes aos itens de dificuldade Tempo para estudar em casa, Estar há alguns anos sem estudar, Comprometimento com as atividades solicitadas pelo docente e Atenção nas aulas dadas, respectivamente.

É importante destacar as percepções dos discentes, pois tais dificuldades podem provocar evasões. Isso inicia um processo negativo, em que as turmas dos últimos semestres dos cursos ficam esvaziadas, fazendo com que um baixo quantitativo de egressos seja disponibilizado para o mercado de trabalho. Como efeito, a indústria não preenche adequadamente seus postos laborais, de maneira a manter a competitividade em alto nível de desenvolvimento.

Para trabalhos futuros, fica a sugestão de se expandir a amostragem e propor outros itens que possam aferir mais fatores passíveis de representação das dificuldades. Além disso, cotejar as respostas aqui registradas com as das mesmas turmas ao se aproximarem da conclusão do curso.

REFERÊNCIAS

Ferretti, C.J. Formação Profissional e Reforma do Ensino Técnico No Brasil: Anos 90. Educação & Sociedade, Campinas, n. 59, p. 225-269, 1997. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/es/v18n59/18n59a01.pdf>. Acessado em Abril 2012.

Figueiredo, Paulo N., Acumulação tecnológica e inovação industrial: conceitos, mensuração e evidências no Brasil. São Paulo em Perspectiva, v. 19, n. 1, p. 54-69, jan./mar. 2005. Disponível em:

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-88392005000100005&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt. Acessado em Maio 2013.

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Comunicado nº 89 - Emprego e oferta qualificada de mão de obra no Brasil: projeções para 2011. 28 de abril de 2011. Disponível em:

http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/comunicado/110428_comunicadoipea89.pdf. Acessado em Junho 2013.

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Comunicado nº 156 - PNAD 2011: Primeiras Análises sobre o Mercado de Trabalho Brasileiro. 11 de outubro de 2012.

Disponível

em:http://agencia.ipea.gov.br/images/stories/PDFs/comunicado/121011_comunicadoipea156.pdf. Acessado em Junho 2013.

Luiz, Natália Mattos; Costa, Aline Franco da; Costa, Helder Gomes., Influência da Graduação em Engenharia de Produção no Perfil dos seus Egressos: Percepções Discentes. Avaliação, Campinas, Sorocaba, v. 15, n. 1, p. 101-120, 2010. Disponível

em <http://www.scielo.br/pdf/aval/v15n1/v15n1a06.pdf>. Acessado em Junho 2013.

Macqueen, James et al. Some methods for classification and analysis of multivariate observations. In: Proceedings of the fifth Berkeley symposium on mathematical statistics and probability. 1967. p. 281-297.

Ministério da Educação (MEC). Centenário da Rede Federal de Educação Profissional e Tecnológica, 2009. Disponível

em:http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/centenario/historico_educacao_profissional.pdf. Acessado em Junho 2013.

Moori, Roberto Giro; Marcondes, Reynaldo Cavalheiro and Avila, Ricardo Teixeira., A análise de agrupamentos como instrumento de apoio à melhoria da qualidade dos serviços aos clientes. Rev. adm. contemp. [online]. 2002, vol.6, n.1, pp. 63-84. ISSN 1982-7849.

Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/rac/v6n1/v6n1a05.pdf>. Acessado em Abril 2014.

Oliveira, Luciel Henrique de., Exemplo de cálculo de Ranking Médio para Likert. Notas de Aula. Metodologia Científica e Técnicas de Pesquisa em Administração. Mestrado em Adm. e Desenvolvimento Organizacional. PPGA CNEC/FACECA: Varginha, 2005.

Oliveira, Ramon de., Empresariado industrial e a educação profissional brasileira. Universidade Federal de Pernambuco. Educação e Pesquisa, São Paulo, v.29, n.2,

p. 249-263, jul./dez. 2003. Disponível

em: <http://www.scielo.br/pdf/ep/v29n2/a04v29n2.pdf>. Acessado em Outubro 2011.

Organización de Estados Iberoamericanos (OEI). Informe OEI-Ministério da Educação, 2002. Tópico 11 - Educação Profissional, p. 134-141. Disponível em http://www.oei.es/quipu/brasil/educ_profesional.pdf. Acessado em Junho 2013.

Portal Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia da Bahia (IFBA).

História, 2009. Disponível em: <http://www.portal.ifba.edu.br/centenario/historia.html>. Acessado em Junho 2013.

Rousseeuw, Peter J. Silhouettes: a graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis. *Journal of computational and applied mathematics*, v. 20, p. 53-65, 1987.

von Linsingen, I., CTS na Educação Tecnológica: Tensões e Desafios. I Congresso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación CTS+I. Palacio de Minería, 19 a 23 de Junho 2006 del. Disponível

em: <http://www.oei.es/memoriasctsi/mesa4/m04p18.pdf>. Acessado em Julho 2012.

Capítulo 29

AJUSTE COORDENADO DOS PARÂMETROS DOS CONTROLADORES ESTABILIZADORES DE SISTEMA DE POTÊNCIA VIA ALGORITMO GENÉTICO DE CHUBASLEY ESPECIALIZADO

[DOI: 10.37423/200500856](https://doi.org/10.37423/200500856)

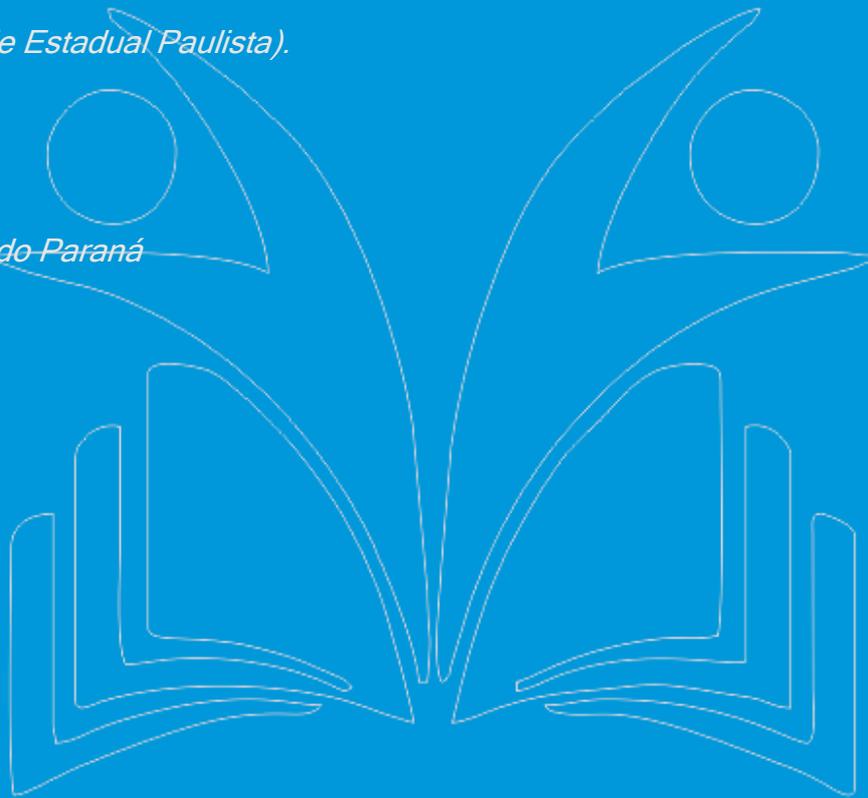
Elenilson de Vargas Fortes (Instituto Federal de Goiás).
elenilson.fortes@ifg.edu.br

Percival Bueno de Araujo ((Universidade Estadual Paulista).
percival@dee.feis.unesp.br

Leonardo H. Macedo ((Universidade Estadual Paulista).
leohfmp@gmail.com

Bruno Rafael Gamino (Universidade Estadual Paulista).
gaminobr@gmail.com

Ednei L. Miotto
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
edneimiotto@utfpr.edu.br



1. INTRODUÇÃO

Sistemas Elétricos de Potência (SEP) interligados são uma realidade na atual conjuntura energética global. Há vantagens e desvantagens de se interligar os SEP. Como vantagens, há um melhor aproveitamento do potencial energético e ainda, maior confiabilidade no SEP, já que se por alguma razão certa eventualidade ocorrer em determinada unidade geradora, esta pode ter suas demandas atendidas por outra unidade geradora. Como desvantagens, em geral, SEP interligados são caracterizados por longas linhas de transmissão (altas impedâncias), o que limita a transferência de potência entre áreas, podendo ocasionar o comprometimento da operação no SEP. Outra desvantagem está no fato de que toda essa diversidade na geração, transmissão e na distribuição encontrada atualmente nos SEP faz com que sua correta e segura operação seja mais complexa, sendo exposta aos mais variados tipos de eventualidades como, por exemplo, oscilações eletromecânicas de baixa frequência que podem afetar a estabilidade do sistema [Hassan et al., 2014].

A estabilidade relaciona-se com a capacidade que os SEP possuem de permanecerem em equilíbrio dadas as condições normais de operação, e que devem evoluir para um novo ponto de equilíbrio aceitável após a ocorrência de perturbações que podem ser de pequena ou de grande magnitude [Kundur, 1994]. Em particular, quando se tratam de variações normais da carga nos barramentos do SEP o estudo é denominado de estabilidade a pequenas perturbações [Kundur, 1994].

Essas oscilações presentes nos SEP podem ser classificadas como do tipo local (0, 8–2, 0 Hz), interárea (0, 2 – 0, 7 Hz) ou intraplanta (1, 5 – 2, 5 Hz) e podem ser identificadas a partir da análise da sua frequência de ocorrência [Larsen e Swann, 1981]. Nesse trabalho, em particular, é dada ênfase às oscilações eletromecânicas de baixa frequência classificadas como de modo local.

Normalmente, tal tipo de oscilação ocorre quando geradores síncronos de determinada unidade geradora oscilam contra o restante do sistema ou, simplesmente, contra outra unidade geradora dentro da mesma área onde ambas estão inseridas.

O estudo dessas oscilações presentes no SEP não é recente e foi inicialmente apresentado por De Mello e Concordia [1969]. Neste trabalho, foi apresentado o controlador conhecido como Estabilizador de Sistema de Potência (ESP). Quando este dispositivo é adicionado à malha de controle dos Reguladores Automáticos de Tensão (RAT) este atua produzindo

torque elétrico em fase com as variações da velocidade angular do rotor (torque de amortecimento). Mais tarde, foi verificado que esse dispositivo também pode atuar inserindo amortecimento adicional às oscilações do tipo local [Larsen e Swann, 1981], desde que os seus parâmetros de controle (constantes de tempo e ganho) sejam corretamente ajustados para tal fim.

Na literatura, o ajuste dos parâmetros desse controlador para inserir amortecimento desejado ao SEP tem sido realizado de diversas formas. Com sucesso, técnicas baseadas no controle clássico têm sido empregadas nesta tarefa e apresentaram ao longo do tempo resultados confiáveis [Yang et al., 1998; Chen e Hsu, 1987; Araujo e Zaneta, 2001; Valle e Araujo, 2015]. Atualmente, técnicas de otimização, como por exemplo o Bacterial Foraging Optimization Algorithm (BFO) [Menezes et al., 2014; Abd-Elazim e Ali, 2012], Particle Swarm Optimization (PSO) [Hasanvand et al., 2016; Shayeghi et al., 2010] e o Algoritmo Genético (AG) [Hassan et al., 2014] foram empregadas com sucesso no ajuste dos parâmetros dos ESP, apresentando excelentes resultados.

Nesse trabalho, propõe-se realizar o ajuste coordenado dos parâmetros dos ESP por meio de uma técnica de otimização que é baseada nos Algoritmos Genéticos (AGs) [Glover e Kochenberger, 2003], sendo denominada Algoritmo Genético de Chu-Beasley Especializado (AGCBE), que está fundamentada nos trabalhos de Chu e Beasley [1997] e Uzinski et al. [2015].

Para validar a metodologia proposta neste trabalho, o algoritmo proposto (AGCBE) teve seu desempenho comparado ao AG tradicional, o qual foi prontamente adaptado para resolver problemas multi-restritos.

Para representar o SEP e conseqüentemente realizar uma análise da estabilidade a pequenas perturbações é utilizado um modelo linear conhecido como Modelo de Sensibilidade de Corrente (MSC) [Pádua Júnior et al., 2013]. Neste contexto, as principais contribuições deste trabalho são: 1) utilizar o AGCBE para realizar o ajuste coordenado dos parâmetros dos controladores ESP; 2) validar o AGCBE como técnica de otimização no ajuste dos parâmetros dos controladores ESP.

2. MODELO DE SENSIBILIDADE CORRENTE

As equações não lineares que representam o comportamento dinâmico do SEP podem ser

linearizadas quando há ocorrência de perturbações suficientemente pequenas no SEP. Em sua forma linearizada, as equações diferenciais que descrevem o comportamento de todos os elementos presentes no SEP podem ser representadas na forma de espaço de estados, o que torna possível determinar se o sistema é estável ou instável por meio do Método de Lyapunov [Pai, 1981], ao analisar os autovalores de interesse da matriz de estados.

Recentemente tem sido objeto de estudo um modelo fundamentado na Lei de Kirchhoff para correntes nos nós, conhecido como Modelo de Sensibilidade de Corrente (MSC). Neste modelo, o somatório das correntes que entram em determinado nó de um barramento qualquer no SEP deve ser equivalente à soma das correntes que estão por deixar o mesmo nó, em todo e qualquer processo dinâmico no SEP. Este processo deve ser ininterruptamente satisfeito, sendo utilizado para obter as equações algébricas do referido modelo [Pádua Júnior et al., 2013]. Em um SEP com n_g geradores e n_b barras, o SEP modelado pelo MSC é representado pelas equações (1)–(4).

$$[\Delta x] = \left[[\Delta\omega_1 \cdots \Delta\omega_{n_g}] [\Delta\delta_1 \cdots \Delta\delta_{n_g}] \left[\Delta E'_{q_1} \cdots \Delta E'_{q_{n_g}} \right] \left[\Delta E_{fd_1} \cdots \Delta E_{fd_{n_g}} \right] \right]^t \quad (1)$$

$$[\Delta u] = \left[[\Delta P_{m_1} \cdots \Delta P_{m_{n_g}}] [\Delta V_{ref_1} \cdots \Delta V_{ref_{n_g}}] [\Delta P_{l_1} \cdots \Delta P_{l_{n_b}}] [\Delta Q_{l_1} \cdots \Delta Q_{l_{n_b}}] \right]^t \quad (2)$$

$$[\Delta z] = \left[[\Delta\theta_1 \cdots \Delta\theta_{n_b}] [\Delta V_1 \cdots \Delta V_{n_b}] \right]^t \quad (3)$$

$$\begin{bmatrix} \Delta \dot{x} \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J1 & J2 \\ J3 & J4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} B1 \\ B2 \end{bmatrix} [\Delta u] \quad (4)$$

Nas equações (1)–(4) as variáveis de estado são Δx , enquanto que Δu e Δz são as de entrada e algébricas, respectivamente. As variáveis de estados são representadas por: $\Delta\omega$ (Velocidade angular do gerador síncrono), $\Delta\delta$ (ângulo interno do rotor do gerador), $\Delta E'_{q_i}$ (tensão interna do eixo em quadratura) e ΔE_{fdk} (tensão de campo do gerador). ΔP_m (potência mecânica), ΔV_{ref} (tensão de referência do RAT de cada gerador), ΔP_l e ΔQ_l (variações das potências ativa e reativa das cargas) são as variáveis de entrada, enquanto que ΔV e $\Delta\theta$ são a magnitude e a fase das tensões das barras do SEP. No MSC, $A = J1 - J2 J4^{-1} J3$ é a matriz de estados e $B = B1 - J2 J4^{-1} B2$ é a matriz de entradas

3. ESTABILIZADORES DO SISTEMA DE POTÊNCIA

Do ponto vista da estabilidade, o aparecimento de oscilações eletromecânicas de baixa frequência pode ser um obstáculo [Rogers, 2000]. Conforme já relatado, uma solução viável

Para este tipo de problema é instalar os ESP na malha de controle dos RAT e inserir um sinal estabilizante na malha de regulação dos geradores. O diagrama de blocos mostrado na Figura 1 representa a estrutura básica deste controlador.

Ao analisar o diagrama de blocos mostrado na Figura 1 são obtidas, por inspeção, as equações (5)–(8). Elas definem o comportamento dinâmico dos controladores ESP.

$$\Delta \dot{V}_{1k} = \Delta \dot{\omega}_k K_{ESP} - \frac{1}{T_\omega} \Delta V_{1k} \quad (5)$$

$$\Delta \dot{V}_{2k} = \frac{1}{T_2} \Delta V_{1k} + \frac{T_1}{T_2} \Delta \dot{V}_{1k} - \frac{1}{T_2} \Delta V_{2k} \quad (6)$$

$$\Delta \dot{V}_{sup} = \frac{1}{T_4} \Delta V_{2k} + \frac{T_3}{T_4} \Delta \dot{V}_{2k} - \frac{1}{T_4} \Delta V_{sup} \quad (7)$$

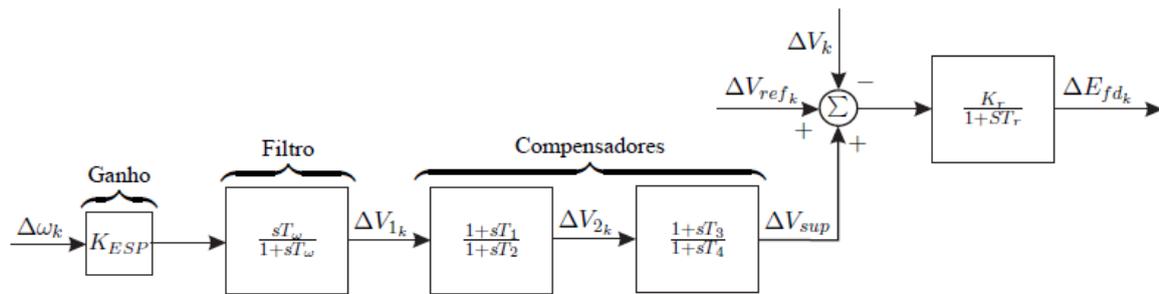


Figura 1: Modelo dinâmico para o ESP.

$$\Delta \dot{E}_{fdk} = \frac{K_r}{T_r} (\Delta V_{sup} + \Delta V_{refk} - \Delta V_k) - \frac{1}{T_r} \Delta E_{fdk} \quad (8)$$

Nas equações (5)–(8) e na Figura 1, verifica-se que o ESP é composto por um ganho estático KESP (responsável por inserir amortecimento desejado ao SEP), um bloco *washout* (filtro), determinado pela constante de tempo T_ω e um conjunto de blocos de avanço-atraso de fase, responsáveis pela compensação de fase necessária do sinal de entrada escolhido para gerar torque de amortecimento, representado pelas constantes de tempo T_1 , T_2 , T_3 e T_4 , sendo usual $T_1 = T_3$ e $T_2 = T_4$ [Kundur, 1994]. O sinal de entrada escolhido no ESP é a variação da velocidade angular do rotor ($\Delta\omega_k$) enquanto que o de saída é representado por ΔV_{sup} e atua na malha de controle dos RAT dos geradores.

4. TÉCNICA DE OTIMIZAÇÃO PARA O AJUSTE DE PARÂMETROS DO CONTROLADOR ESP

Para inserir amortecimento desejado ao SEP é necessário o correto ajuste dos parâmetros dos controlador ESP. Para tal efeito, nesta seção serão apresentados dois algoritmos: o

Algoritmo Genético [Holland, 1992] e um Algoritmo Genético de Chu-Besley Especializado baseado na proposta de Chu e Beasley [1997].

4.1. ALGORITMO GENÉTICO

Os AGs são métodos de otimização cujo princípio fundamental está baseado na seleção natural proposta por Charles Darwin. Originalmente, o algoritmo genético foi formulado por John Holland na década de 70 em seu livro “*Adaptation in Natural and Artificial Systems: An Introductory Analysis with Applications to Biology, Control, and Artificial Intelligence*” [Holland, 1992].

Os AGs compõem uma categoria de algoritmos que possuem métodos de busca eficazes, explorando todo o espaço de busca e ao mesmo tempo um ótimo aproveitamento das melhores soluções [Michalewicz, 1994].

No AG tradicional, a geração da população inicial é aleatória. No passo seguinte, são selecionados dois indivíduos para se reproduzirem. No AG esta etapa é medida por uma função de adaptação conhecida como *fitness*. Os indivíduos selecionados passam por uma etapa de recombinação e mutação. A nova população corrente formada (P') substitui integralmente os indivíduos da população inicial (P). A estrutura de funcionamento do AG é mostrada no Algoritmo 1.

4.2. ALGORITMO GENÉTICO DE CHU-BEASLEY ESPECIALIZADO

A proposta de Chu e Beasley [1997] para o AG (AGCB) inclui a representação de uma proposta de solução de forma específica para cada tipo de problema, avaliações de *fitness* e *unfitness* de forma separada, proporcionando uma análise diferenciada ao substituir um indivíduo em uma população e uma etapa de melhoria local. As modificações propostas para o AGCB são apresentadas a seguir. Detalhes sobre a estrutura de funcionamento do AGCBE podem ser analisado no Algoritmo 2.

1. **Implementar uma etapa de melhoria da população inicial:** Verificou-se experimentalmente que, aplicando um algoritmo de busca local aos indivíduos da população inicial, reduz-se o esforço computacional na resolução do problema;

Algoritmo 1 Algoritmo Genético Tradicional

```
1: Especificar Parâmetros: Número de indivíduos ( $np$ ) da população  $P$ , número máximo de gerações ( $ng$ ), tipo de
   codificação, taxas de recombinação e mutação,  $ni \leftarrow 0$ ;
2: Gerar uma população aleatória  $P$ ; avaliar cada indivíduo da população;
3: Atualizar a incumbente;
4: while  $ni < ng$  do
5:   Inicializar a nova população  $P'$  como vazia;
6:   while  $P'$  não estiver completa do
7:     Selecionar 2 indivíduos de  $P$  pelo método de seleção por torneio;
8:     Aplicar o operador de recombinação para obter dois indivíduos novos;
9:     Aplicar o operador de mutação;
10:    Adicionar os dois novos indivíduos a  $P'$ ;
11:   end while
12:   Avaliar cada indivíduo da nova população  $P'$ ;
13:   Atualizar a incumbente;
14:    $P \leftarrow P'$ 
15:    $ni = ni + 1$ ;
16: end while
```

2. Utilizar uma população com tamanho reduzido: O problema é caracterizado pela presença de variáveis contínuas. Neste caso, a etapa de melhoria local pode demandar um alto esforço computacional na melhoria da população inicial. Portanto, recomenda-se uma população inicial de tamanho reduzido;

3. Operador de variação: A recombinação do AGCB original é modificada para considerar variáveis contínuas. Considera-se a geração de dois descendentes fazendo-se a mistura de componentes das duas soluções escolhidas no processo de seleção. A proposta consiste em fazer a combinação elemento por elemento das soluções, em que cada componente do primeiro descendente é obtida como sendo a soma das componentes das duas soluções geradoras, multiplicadas cada uma por um fator de ponderação aleatório $\beta, 0 \leq \beta \leq 1$ de forma que a soma dos dois fatores seja igual a um (utiliza-se $\beta \in 1$);

4. Manutenção do descendente com o melhor valor de fitness: Na proposta original de Chu e Beasley, a escolha do descendente que será melhorado é aleatória. A proposta deste trabalho é escolher o descendente com o melhor (menor) valor de fitness para ser melhorado. Espera-se, desta forma, que este seja o mais promissor para encontrar soluções de melhor qualidade;

5. Eliminar a etapa de mutação: A mutação é utilizada no AG tradicional para que características que não estão presentes na população possam aparecer. Entretanto, a etapa de melhoria local elimina esta necessidade.

Algoritmo 2 Algoritmo Genético de Chu-Beasley Especializado

- 1: Especificar Parâmetros: Número de indivíduos (np) da população P , número máximo de iterações (nt), tipo de codificação, manipulação das inactibilidades e o operador de variação, $ni \leftarrow 0$;
 - 2: Gerar uma população inicial aleatória;
 - 3: Encontrar o $fitness$ e $unfitness$ de cada indivíduo da população corrente P ;
 - 4: Implementar a fase de melhoria local na população corrente P ;
 - 5: Avaliar cada indivíduo da população.
 - 6: **while** $ni < nt$ **do**
 - 7: Selecionar 2 indivíduos pelo método de seleção por torneio e preservar o que possui o melhor $fitness$; Repetir;
 - 8: Implementar o operador de variação e preservar o descendente com o menor valor de $fitness$;
 - 9: Implementar a fase de melhoria local no descendente;
 - 10: Decidir se o descendente melhorado entra na população corrente P considerando o $fitness$ e o $unfitness$;
 - 11: $ni = ni + 1$;
 - 12: **end while**
 - 13: A solução do problema é a melhor solução da última população;
-

4.3. BUSCA LOCAL

A Busca Local proposta neste trabalho é uma estratégia que consiste em discretizar o espaço de busca e realizar modificações aleatórias nas variáveis do problema. Considere que a solução x_r seja a preservada após a operação de variação. Define-se então a função de avaliação de x_r , $F(x_r)$, como mostrado em (9)–(11).

$$F(x^r) = f(x^r) + \rho h(x^r) \quad (9)$$

$$f(x^r) = \sum_{i=1}^n \left| \lambda_i^{calc} - \lambda_i^{des} \right| \quad (10)$$

$$h(x^r) = \sum_{i=1}^n \left| \xi_i^{calc} - \xi_i^{des} \right| \quad (11)$$

Em (9), $F(x_r)$ é uma função objetivo penalizada, sendo $f(x_r)$ uma função objetivo e $h(x_r)$ a sua inactibilidade. Além disso, $\rho \gg 1$ é um parâmetro de penalização e n indica o número de autovalores de interesse (equações (10) e (11)). A equação (10) minimiza a distância entre os autovalores de interesse calculados (λ_i^{calc}) e os autovalores de interesse desejados (λ_i^{des}). Cada λ_i^{des} é obtido a partir da definição por parte do operador do sistema do amortecimento desejado (ξ_i^{des}) enquanto que cada λ_i^{calc} é determinado a cada iteração realizada pelos algoritmos AG e AGCBE a partir do cálculo do amortecimento (ξ_i^{calc}).

Para cada indivíduo da população defini-se um vetor de sensibilidades s , $s = [s_1, \dots, s_{n_v}]$ (n_v é o número de variáveis do problema). Inicialmente $s_i = 0, \forall i \in \{1 \dots n_v\}$. Em seguida, são determinados os valores de cada passo de

discretização das variáveis Δ_i como mostrado em (12), onde u_i e l_i são, respectivamente, o limite superior e inferior da variável x_i^r e Γ é o número inteiro de discretizações

$$\Delta_i = \frac{u_i - l_i}{\Gamma} \quad i = 1, \dots, n_v \quad (12)$$

Aleatoriamente, escolhe-se uma variável do problema para ter o valor modificado. Suponha que a variável x_k^r seja escolhida. Na figura 2 é mostrado como x_k^r é discretizada.

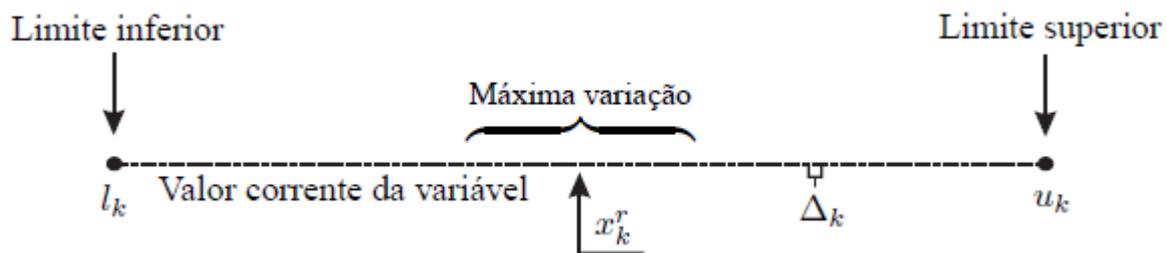


Figura 2: Discretização de uma variável na melhoria local.

Na equação (13) tem-se o valor da variação δ_k , em que φ é um número aleatório ($0 \leq \varphi \leq 1$), Y é um fator de escala e $\lceil \cdot \rceil$ representa a função teto, que arredonda o valor de $(Y\varphi)$ para o número inteiro imediatamente superior. Após a atualização δ_k , é determinado o novo valor de x_k^r , equação (14).

Em (14), como inicialmente $s_k = 0$, escolhe-se, com igual probabilidade, aumentar ou diminuir o valor da variável x_k^r . Note que em (14), \tilde{x}_k^r pode violar o limite inferior l_k ou superior u_k . Neste caso considere a correção (15).

$$\hat{x}_k^r = \begin{cases} \tilde{x}_k^r, & \text{se } l_k \leq \tilde{x}_k^r \leq u_k \\ l_k, & \text{se } \tilde{x}_k^r < l_k \\ u_k, & \text{se } \tilde{x}_k^r > u_k \end{cases} \quad (15)$$

Ao atualizar a solução \hat{x}_k^r é obtida uma nova solução \hat{x}^r . Calcula-se a função de avaliação $(F(\hat{x}^r))$ para verificar a qualidade da nova solução proposta. Duas situações distintas podem ocorrer $F(\hat{x}^r) < F(x^r)$ ou $F(\hat{x}^r) \geq F(x^r)$. No primeiro caso, define-se $s_k = 1$ se em (14) foi incrementada, ou $s_k = -1$ se em (14) x_k^r foi decrementada e atualiza-se a solução corrente $x \leftarrow \hat{x}^r$. No segundo caso, define-se $s_k = -1$ se em (14) x_k^r foi incrementada ou $s_k = 1$ se em (14) x_k^r foi decrementada e não há atualização da solução corrente.

O procedimento descrito é então repetido, isto é, escolhe-se outra variável para ter o valor modificado. Na equação (14), entretanto, deve-se considerar o valor de s_k , ou seja, se $l_k < x_k^r < u_k = 1$, e s_k então deve-se incrementar o valor de x_k^r , se $s_k = -1$ decrementa-se o valor de x_k^r , se $s_k = 0$ escolhe-se aleatoriamente entre incrementar ou decrementar x_k^r . Agora, para as situações em que $x_k^r = l_k$ ou $x_k^r = u_k$, deve-se considerar incrementar (se $x_k^r = l_k$) ou decrementar ($x_k^r = u_k$) x_k^r , independente do valor de s_k .

Este processo é repetido até que nenhuma melhoria seja obtida ou até um número máximo de iterações sem melhoria, Υ . O fator Υ deve ser ajustado dinamicamente durante o processo, ou seja, a partir de τ iterações $\tau < \Upsilon$, sem melhoria da função de avaliação, atualiza-se $\Upsilon \leftarrow \frac{\Upsilon}{2}$. Em (13).

A melhoria local é aplicada nos indivíduos da população inicial e no indivíduo escolhido após operador de variação. Neste trabalho foram adotados $\rho = 10^3$, $\Gamma = 100$ e $\gamma = 20$. No Algoritmo 3 é apresentado o pseudocódigo da busca local proposta.

4.4. LIMITES DA VARIÁVEIS

Considere um SEP equipado com n controladores ESP em n máquinas síncronas. Cada indivíduo de ambos os métodos de otimização propostos neste trabalho (AG e AGCBE) serão representados pelos parâmetros dos controladores ESP. A constante de tempo do bloco washout (T_w) é especificada 10 segundos, sendo desnecessário seu ajuste. Na Figura 3 é mostrada uma representação de uma proposta de solução para o problema.

T_{1_1}	T_{1_2}	...	T_{1_n}	T_{2_1}	T_{2_2}	...	T_{2_n}	K_{ESP_1}	K_{ESP_2}	...	K_{ESP_n}
-----------	-----------	-----	-----------	-----------	-----------	-----	-----------	-------------	-------------	-----	-------------

Figura 3: Representação de um indivíduo para o AG e AGCBE.

Na Figura 3, T_{1_i} , T_{2_i} e K_{ESP_i} ($1 \leq i \leq n$) representam, respectivamente, as constantes de T_1 e T_2 e, os ganhos estáticos K_{ESP} de n controladores ESP. Cada variável que compõe um indivíduo está sujeita aos seus respectivos limites, indicados na equação (16).

$$1, 0 \leq K_{ESP} \leq 10, 0; \quad 0, 01 \leq T_{1_i} \leq 0, 2; \quad 0, 01 \leq T_{2_i} \leq 0, 1 \quad (16)$$

Na abordagem proposta, o objetivo é resolver um constraint satisfaction problem [Glover e Kochenberger, 2003], em que os amortecimentos desejados são considerados restrições do problema e qualquer ajuste fornecido aos parâmetros dos ESP que forneçam os

amortecimentos desejados são considerados uma solução. Serão consideradas duas situações: 1) Num primeiro momento os algoritmos serão testados a fornecer amortecimento desejado a todos os autovalores de interesse com no mínimo 10% ($\xi_i^{des} \geq 10\%$); 2) Repetir a situação 1), no entanto considerando $\xi_i^{des} \geq 15\%$

5. SIMULAÇÕES E RESULTADOS

O sistema que será utilizado para realizar as simulações neste trabalho é o Sul Brasileiro Reduzido [Valle, 2014]. Trata-se de um sistema real, baseado na região sul do Brasil composto por 10 geradores, 45 barras e 73 linhas de transmissão (Figura 4).

Algoritmo 3 Busca Local

```

1: Especificar Parâmetros:  $\rho, \Gamma, \gamma, \tau, \Upsilon$ ; Inicializar o vetor de sensibilidade,  $s$ , com todas posições iguais a zero; Calcular o passo de discretização de cada variável;  $\Delta_i \leftarrow (u_i - l_i)/\Gamma, i = 1, \dots, n_v; t \leftarrow 0; m \leftarrow 0;$ 
2: while  $t \leq \Upsilon$  do
3:   Escolher aleatoriamente uma variável  $k$  que terá o valor modificado,  $x_k^r$ , na solução inicial da busca local  $x^r$ ;
4:   Calcular o valor da variação  $\delta_k \leftarrow \lceil \gamma \varphi \rceil \Delta_k;$ 
5:   Calcular o valor de  $\tilde{x}_k^r$ ;
6:   if  $l_k < x_k^r < u_k$  then
7:     if  $s_k = 0$  then
8:       Escolher incrementar ou decrementar o valor de  $x_k^r$ :  $\tilde{x}_k^r \leftarrow x_k^r \pm \delta_k$ , com igual probabilidade;
9:     else if  $s_k = 1$  then
10:       $\tilde{x}_k^r \leftarrow x_k^r + \delta_k;$ 
11:     else
12:       $\tilde{x}_k^r \leftarrow x_k^r - \delta_k;$ 
13:     end if
14:   else if  $x_k^r = l_k$  then
15:      $\tilde{x}_k^r \leftarrow x_k^r + \delta_k;$ 
16:   else
17:      $\tilde{x}_k^r \leftarrow x_k^r - \delta_k;$ 
18:   end if
19:   Verificar se a variável  $\tilde{x}_k^r$  pertence ao intervalo  $[l_k, u_k];$ 
20:   if  $l_k < \tilde{x}_k^r < u_k$  then
21:      $\hat{x}_k^r \leftarrow \tilde{x}_k^r;$ 
22:   else if  $\tilde{x}_k^r < l_k$  then
23:      $\hat{x}_k^r \leftarrow l_k;$ 
24:   else
25:      $\hat{x}_k^r \leftarrow u_k;$ 
26:   end if
27:   Montar uma nova solução  $\hat{x}^r$ , copiando  $x^r$  com o valor de  $\hat{x}_k^r$  na posição  $k$ ;
28:   Calcular a função de avaliação da nova solução,  $F(\hat{x}^r);$ 
29:   Atualizar a solução corrente e a posição  $k$  do vetor  $s$ ;
30:   if  $F(\hat{x}^r) < F(x^r)$  then
31:      $x_k^r \leftarrow \hat{x}_k^r; F(x^r) \leftarrow F(\hat{x}^r); s_k \leftarrow 1$  if  $x_k^r$  foi incrementado;  $s_k \leftarrow -1$  caso contrário;  $m \leftarrow 0;$ 
32:   else
33:      $s_k \leftarrow -1$  if  $x_k^r$  foi incrementado;  $s_k \leftarrow 1$  caso contrário;  $m \leftarrow m + 1; t \leftarrow t + 1;$ 
34:   end if
35:   if  $m > \tau$  then
36:      $\gamma \leftarrow \gamma/2; m \leftarrow 0;$ 
37:   end if
38: end while

```

Tabela 1: Autovalores de interesse, coeficientes de amortecimento e frequências naturais não amortecidas.

Modo	Autovalores	ξ_i (pu)	ω_{n_i} (Hz)
λ_1	$0,1057 \pm j7,3355$	-0,0144	1,1676
λ_2	$-0,0198 \pm j7,8735$	0,0025	1,2531
λ_3	$0,0907 \pm j6,4558$	-0,0140	1,0276
λ_4	$0,1506 \pm j8,1420$	-0,0185	1,2961
λ_5	$-0,2892 \pm j9,8105$	0,0295	1,5621
λ_6	$-0,1373 \pm j9,7449$	0,0141	1,5511
λ_7	$0,0191 \pm j7,2037$	-0,0027	1,1465
λ_8	$0,0825 \pm j6,8709$	-0,0120	1,0936
λ_9	$-0,0526 \pm j8,7498$	0,0060	1,3926

5.1. AUTOVALORES DE INTERESSE DO SISTEMA SUL BRASILEIRO

Na Tabela 1 são mostrados os autovalores de interesse ($\lambda_i = \sigma_i \pm j\omega_i$), os coeficientes de amortecimento ($\xi_i = -\sigma_i/|\lambda_i|$) e frequência natural não amortecida ($\omega_{n_i} = |\lambda_i|/2\pi$) do sistema

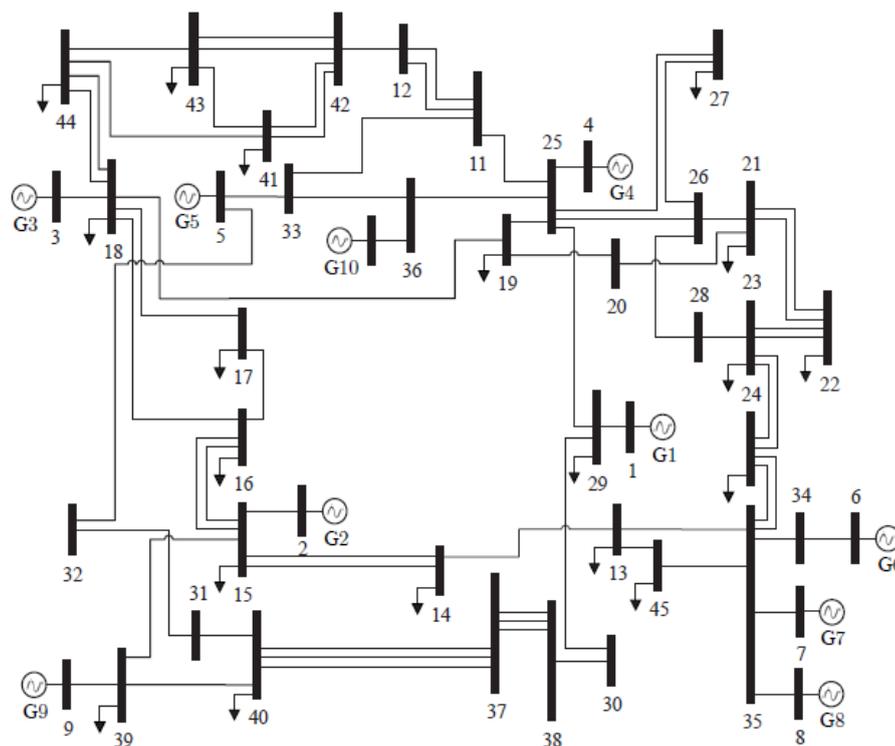


Figura 4: Diagrama unifilar do sistema Sul Brasileiro Reduzido.

Sul Brasileiro.

Dos dados apresentados na Tabela 1 verifica-se que o sistema Sul Brasileiro possui nove modos locais, sendo cinco com parte real positiva ($\lambda_1, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_7$ e λ_8) o que classifica o sistema como instável, ou seja, é caracterizado com curvas de oscilação de amplitudes crescentes. Para resolver o problema da instabilidade verificado para este sistema teste se propõe instalar nove ESP nos geradores G1, G2, G3, G4, G6, G7, G8, G9 e G10. Os locais de instalação desses dispositivos no sistema Sul Brasileiro foi determinado por meio dos fatores de participação [Kundur, 1994].

5.2. PERFORMANCE DO AGCBE E DO AG

A performance do AGCBE e do AG frente a análise da estabilidade a pequenas perturbações foi avaliada considerando o seguinte: 1) 100 testes limitados a 2000 cálculos da função objetivo; 2) Em cada teste simulado, tanto o AGCBE quanto o AG foram submetidos a realizar ajustes nos parâmetros dos controladores ESP de tal forma que todos os autovalores de interesse mostrados nas Tabelas 1 fossem alocados com no mínimo 10% amortecimento desejado; 3) Refazer o caso 2) considerando 15%.

Nos testes realizados com AGCBE e o AG (Tabela 2), considerou-se as restrições mostradas na equação (16) e a função de avaliação (9)–(11). Além disso, foi estabelecido uma população de 5 indivíduos para o AGCBE, enquanto que no AG considerou-se uma população de 20 indivíduos, seleção por torneio e uma taxa de mutação fixa de 10%. Em todos os testes realizados foram considerados, para efeito de comparação, apenas os testes que alcançaram a convergência.

Em se tratando da primeira faixa de amortecimento mostrada na Tabela 2 ($\zeta_i^{des} \geq 10$) verifica-se que tanto o AGCBE quanto o AG possuem desempenhos semelhantes, ou seja, não apresentam grandes diferenças quando a faixa de amortecimento exigida é a superior a 10%. A principal diferença está no número de iterações e neste caso o AGCBE é mais eficiente. Quando é aumentado o amortecimento mínimo desejado ($\zeta_i^{des} \geq 15$) fica explícito o melhor desempenho do AGCBE frente ao AG, convergindo em 88% dos testes realizados enquanto o AG convergiu em 79% das simulações. No quesito número de iterações, novamente o AGCBE obteve um melhor desempenho.

Tabela 2: Comparação de desempenho entre os algoritmos AGCBE e AG.

Algoritmo	Faixa de amortecimento (%)	Número de soluções encontradas a cada 10 testes										Número de iterações	
												Médio	Max.
AGCBE	$\xi_i^{des} \geq 10$	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	42	226
	$\xi_i^{des} \geq 15$	10	10	8	9	8	9	10	10	8	6	447	1954
AG	$\xi_i^{des} \geq 10$	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	115	507
	$\xi_i^{des} \geq 15$	9	8	7	6	8	9	8	8	7	9	1230	1965

5.3. ANÁLISE DA ESTABILIDADE A PEQUENAS PERTURBAÇÕES DO SISTEMA SUL BRASILEIRO

O ajuste dos parâmetros dos controladores ESP foi realizado pelo AGCBE (por razões justificadas na Subseção 5.2), considerando duas restrições de projeto: $\xi_i^{des} \geq 10\%$ e $\xi_i^{des} \geq 15\%$.

Os resultados obtidos podem ser verificados nas Tabelas 3 e 4.

Tabela 3: Ganhos e constantes de tempo dos controladores ESP ajustados pelo AGCBE.

Dispositivo	$\xi_i^{des} \geq 10\%$			$\xi_i^{des} \geq 15\%$		
	$T_1(T_{p1})(s)$	$T_2(T_{p2})(s)$	$K_{ESP}(K_{pod})(p.u.)$	$T_1(T_{p1})(s)$	$T_2(T_{p2})(s)$	$K_{ESP}(K_{pod})(p.u.)$
ESP G1	0,1550	0,0283	6,1624	0,1627	0,0130	7,8405
ESP G2	0,1100	0,1000	3,9975	0,1371	0,0760	7,8000
ESP G3	0,1100	0,0342	8,6789	0,1432	0,0468	10,000
ESP G4	0,1354	0,0740	9,2000	0,1338	0,0701	9,4400
ESP G6	0,0944	0,0780	2,8000	0,1276	0,0517	2,8000
ESP G7	0,0714	0,0817	2,3000	0,0920	0,0687	6,9400
ESP G8	0,1619	0,0283	4,1400	0,1599	0,0600	8,5500
ESP G9	0,1329	0,0539	8,5332	0,1580	0,0700	9,2864
ESP G10	0,0809	0,0921	6,7214	0,0841	0,0880	4,9914

Tabela 4: Autovalores de interesse, coeficientes de amortecimento e frequências naturais não amortecidas ajustados pelo AGCBE.

Modo	$\xi_i^{des} \geq 10\%$			$\xi_i^{des} \geq 15\%$		
	Autovalores	ξ_i (p.u.)	ω_{n_i} (Hz)	Autovalores	ξ_i (p.u.)	ω_{n_i} (Hz)
λ_1	$-0,8823 \pm j5,9155$	0,1475	0,9519	$-0,9326 \pm j5,4302$	0,1693	0,8769
λ_2	$-0,9233 \pm j7,8401$	0,1170	1,2564	$-1,8571 \pm j6,6585$	0,2687	1,1002
λ_3	$-0,8687 \pm j7,3868$	0,1168	1,1837	$-1,0136 \pm j6,0134$	0,1662	0,9706
λ_4	$-0,8899 \pm j7,1936$	0,1228	1,1536	$-1,2019 \pm j7,6525$	0,1552	1,2329
λ_5	$-1,2927 \pm j8,7919$	0,1455	1,4143	$-1,4341 \pm j7,7900$	0,1810	1,2607
λ_6	$-1,0416 \pm j9,9566$	0,1040	1,5933	$-3,3460 \pm j9,1489$	0,3435	1,5504
λ_7	$-0,7014 \pm j6,4974$	0,1073	1,0401	$-1,7365 \pm j7,8698$	0,2155	1,2826
λ_8	$-0,9245 \pm j6,3487$	0,1441	1,0211	$-0,9850 \pm j6,2745$	0,1551	1,0108
λ_9	$-1,3717 \pm j9,1408$	0,1484	1,4711	$-1,2722 \pm j8,3619$	0,1504	1,3461

princípio, é possível afirmar que os ajustes fornecidos aos controladores ESP realizados pelo AGCBE (Tabela 3) estão de acordo com as restrições (16). A partir dos ajustes obtidos foi possível obter um novo estado para o sistema Sul Brasileiro, conforme apresentado na Tabela 4. Observe que o sistema teste antes instável (Tabelas 1), torna-se estável (Tabela 4) com amortecimento desejado especificado em projeto $(\xi_i^{des} \geq 10\% \text{ e } \zeta_i^{des} \geq 15\%)$.

6. CONCLUSÕES

Nesse trabalho foi utilizado o Modelo de Sensibilidade de Corrente para representar o Sistema Elétrico de Potência, motivo pelo qual todos os dispositivos inclusos no sistema foram modelados por injeção de corrente. Para as simulações realizadas neste trabalho foi utilizado o Sistema Sul Brasileiro Reduzido.

Verificada a instabilidade no Sistema Sul Brasileiro, provocada por modos locais, foi proposta a utilização de controladores suplementares de amortecimento (Estabilizadores do Sistema de Potência) com o intuito de fornecer amortecimento adicional aos autovalores de interesse existentes no sistema.

Foi proposta uma técnica de otimização denominada Algoritmo Genético de Chu-Beasley Especializado, a qual foi modificada especialmente para realizar o ajuste dos parâmetros dos controladores e inserir amortecimento desejado ao sistema, sendo esta comparada ao Algoritmo Genético.

Dos resultados obtidos, considerando diferentes faixas de amortecimento $(\xi_i^{des} \geq 10\%$ e $\zeta_i^{des} \geq 15\%)$, concluiu-se que o Algoritmo Genético de Chu-Beasley Especializado apresentava melhor desempenho que o Algoritmo Genético, sendo portanto adequado para ser utilizado para realizar o ajuste coordenado dos parâmetros. Após os ajustes dos parâmetros dos controladores, concluiu-se que atuação deste dispositivo pode tornar sistemas antes instáveis em sistemas estáveis.

7. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), processo no 141084/2016-2, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), processo no 2014/23741-9, pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

Abd-Elazim, S. e Ali, E. (2012). Coordinated design of PSSs and SVC via bacteria foraging optimization algorithm in a multimachine power system. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 41(1):44 – 53.

Araujo, P. B. e Zaneta, L. C. (2001). Pole placement method using the system matrix transferfunction and sparsity. *International Journal of Electrical Power System & Energy Systems*, 23(3):173–178.

Chen, C.-L. e Hsu, Y.-Y. (1987). Coordinated synthesis of multimachine power system stabilizer using an efficient decentralized modal control (DMC) algorithm. *Power Engineering Review, IEEE, PER-7(8)*:32–33.

Chu, P. e Beasley, J. (1997). A genetic algorithm for the generalised assignment problem. *Computers & Operations Research*, 24(1):17–23.

De Mello, F. P. e Concordia, C. (1969). Concepts of synchronous machine stability as affected by excitation control. *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, 88(4):316–329.

Glover, F. e Kochenberger, G. (2003). *Handbook of Metaheuristics*, volume 57 of *International Series in Operations Research & Management Science*. Springer US.

Hasanvand, H., Arvan, M. R., Mozafari, B., e Amraee, T. (2016). Coordinated design of PSS and TCSC to mitigate interarea oscillations. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 78:194 – 206.

Hassan, L. H., Moghavvemi, M., Almurib, H. A. F., e Muttaqi, K. M. (2014). A coordinated design of PSSs and UPFC-based stabilizer using genetic algorithm. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 50(5):2957–2966.

Capítulo 30

OTIMIZAÇÃO DA PROGRAMAÇÃO DO SUPRIMENTO DE PETRÓLEO DE TERMINAIS AQUAVIÁRIOS PARA REFINARIAS: UMA ABORDAGEM DE REFORMULAÇÕES EM MODELOS DE PROGRAMAÇÃO INTEIRA MISTA

[DOI: 10.37423/200500860](https://doi.org/10.37423/200500860)

Luiz Cláudio Sayão Cortez (Universidade Federal Fluminense).

luizclaudiocortez@gmail.com

Artur Alves Pessoa (Universidade Federal Fluminense).

artur@producao.uff.br

RESUMO: No contexto do processo de suprimento de petróleo, que é parte da cadeia de suprimentos de empresas integradas de petróleo e gás, a otimização da programação de lotes de petróleo se apresenta como um importante e complexo problema de tomada de decisão. Este considera as operações de suprimento de terminais aquaviários para refinarias, incluindo as chegadas de navios, demanda dos blends para suprimento contínuo de unidades de destilação, changeovers, e controle de componentes das misturas. O presente trabalho desenvolveu uma abordagem de reformulações matemáticas para o problema descrito com base em um modelo de programação inteira mista de referência na literatura. As reformulações e cortes desenvolvidos apresentaram significativos ganhos com relação ao gap da relaxação linear e tempo de solução para as instâncias testadas. Além disso, dependendo da quantidade de períodos na discretização do tempo, constatou-se que é possível resolver instâncias de tamanho compatível com perfis de suprimento reais.

PALAVRAS-CHAVE: Otimização, Reformulações, Suprimento.

Área Principal: P&G - PO na Área de Petróleo e Gás, PM – Programação Matemática, L&T - Logística e Transportes.

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO E PROBLEMA DE PESQUISA

O suprimento de petróleo para unidades de refino, de forma ampla, pode ser caracterizado como um processo decorrente do desdobramento do planejamento logístico de uma empresa integrada do segmento de óleo & gás conforme níveis hierárquicos estratégico, tático e operacional. Os trabalhos de Aires et al. (2004) e Rocha et al. (2009) descrevem o planejamento logístico hierarquizado para a cadeia de suprimento de petróleo da Petrobras, estatal brasileira com regime de economia mista e empresa integrada do setor de energia, com foco no segmento de óleo & gás. Entretanto, suas proposições estão concentradas no nível tático de planejamento logístico, mais especificamente na otimização do processo da alocação das diferentes correntes de petróleos às necessidades das refinarias.

No que se refere ao escopo do presente artigo, centrado no nível operacional, mais especificamente na programação de terminais para suprimento de refinarias, pode ser destacado o trabalho de Lee et al. (1996), que define um modelo de programação linear inteira mista (MILP) com tempo discreto. A formulação e instancias propostas neste trabalho serviram de relevante base para discussões em trabalhos que o sucederam, dos quais podem ser destacados: Jia e Iraperitou (2004), Karuppiah et al. (2008), Leiras (2010) e Yüzgec et al. (2010). Este último utiliza uma abordagem de controle preditivo (MPC) que define as ações de controle sobre as decisões da otimização necessárias para assimilar perturbações ocorridas ao longo de um horizonte rolante de programação. Conforme informado no trabalho, algumas modificações na formulação de Lee et al. (1996) e complemento dos dados de entrada foram realizadas para garantir a consistência na resolução do problema.

Com base em Pochet e Wolsey (2006), o problema central do presente trabalho pode ser caracterizado como contido na abordagem genérica de planejamento da produção com características de dimensionamento de lotes, gestão de estoques, blending (mistura), e escalonamento com changeover (set-up por trocas), ou conforme classificação proposta nesta referência: Multi-Item WW-DLS-CC-SC | M1-SQ | PC-U, que consiste no problema de dimensionamento de lotes discreto com múltiplos itens e custos do tipo Wagner-Whitin (descrito por Pochet e Wolsey (2008) como custos não especulativos de produção e

estoque, capacidade não decrescente e custos de set-up não crescentes), capacidade limitada constante (sem perda ao longo do tempo), e changeover dependente do sequenciamento.

Dada a preocupação com a consistência e formalização da modelagem, clareza na descrição da entrada de dados e exposição de resultados, além da aderência do modelo à abordagem conceitual de Pochet e Wolsey (2006 e 2008), a formulação modificada de Yüzgec et al. (2010) é o ponto de partida para o presente trabalho. Os modelos descritos nos referenciais teóricos citados anteriormente para o problema em estudo apresentam maior foco e preocupação com a proposta de modelagem sob a perspectiva da representação do problema. Entretanto, sob a perspectiva de eficiência computacional, estes trabalhos apresentam menor ênfase, dados os significativos gaps de integralidade e tempos de solução para as instancias propostas, sendo estas ainda pequenas na comparação com problemas de ordem de grandeza próxima da realidade.

1.2. OBJETIVO

Dado o contexto exposto, o objetivo do presente trabalho é, partindo do modelo proposto por Yüzgec et al. (2010) para o problema de otimização da programação de lotes de petróleo de terminais para unidades de refino, desenvolver e implementar reformulações e cortes válidos que gerem significativas melhorias na relaxação linear e gap de integralidade do MIP em estudo, e por consequência, torne viável a resolução de instancias de tamanho próximo da realidade via programação matemática com custo computacional significativamente menor do que os trabalhos relacionados da bibliografia existente.

2. MODELAGEM

2.1. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Durante o horizonte de tempo, ocorre a chegada de navios de petróleo nos píeres de um terminal aquaviário; cada navio descarrega o petróleo transportado para um ou mais tanques de armazenagem localizados no terminal, e posteriormente desatracam e deixam o píer; cada tanque de armazenagem do terminal envia por duto o petróleo para um ou mais tanques de carga nas refinarias; ocorre a mistura (blend) de diferentes correntes de petróleos (originárias dos tanques nos terminais) nos tanques de carga nas refinarias; as misturas contidas nos tanques de carga alimentam de forma contínua a demanda de uma

ou mais unidades de destilação da refinaria (considerando o custo de *changeover* na troca de tanque de carga). Além disso, os tanques de armazenagem dos terminais e os tanques de carga das refinarias possuem componentes controlados conforme limites percentuais especificados para o petróleo armazenado (por exemplo, enxofre, dada a preocupação com especificações de qualidade, ou percentual de cada corrente de petróleo que compõe a mistura, para compatibilização com elenco das refinarias).

São assumidas as seguintes premissas na modelagem do problema: o tempo é discretizado; a quantidade de petróleo restante no duto é negligenciada; os tempos de mudanças (*set-up*) de linhas internas (dos terminais e refinarias) e dutos são negligenciados (são pequenos em comparação com o horizonte); assume-se a mistura perfeita nos tanques dos terminais e refinarias (tempo de mistura é negligenciado); a concentração dos componentes controlados nas misturas é definida através de equação bilinear linearizada; em qualquer momento no tempo, um tanque só recebe ou só envia, nunca ambos; o volume enviado é sempre homogêneo (nunca ocorre separação química dos componentes), e só ocorre mistura no tanque de destino dos lotes.

Deseja-se gerar uma programação otimizada de lotes de petróleo desde a chegada dos navios nos terminais até a carga das unidades de destilação nas refinarias, conforme processo detalhado acima, minimizando os custos de descarga e espera dos navios, custos de estoque nos tanques de armazenagem dos terminais e tanques de carga nas refinarias, e o custo de *changeover* motivado pela troca de tanque de carga (ou seja, da mistura de petróleo) que supre uma determinada unidade de destilação.

Os grupos de restrições que devem ser atendidos podem ser resumidos em: regras de chegada e partida de navios nos terminais; balanços e limites operacionais de volumes totais e dos componentes controlados nos navios, tanques de armazenagem e tanques de carga (incluindo atendimento de demanda); e regras de operação para carga das unidades de destilação.

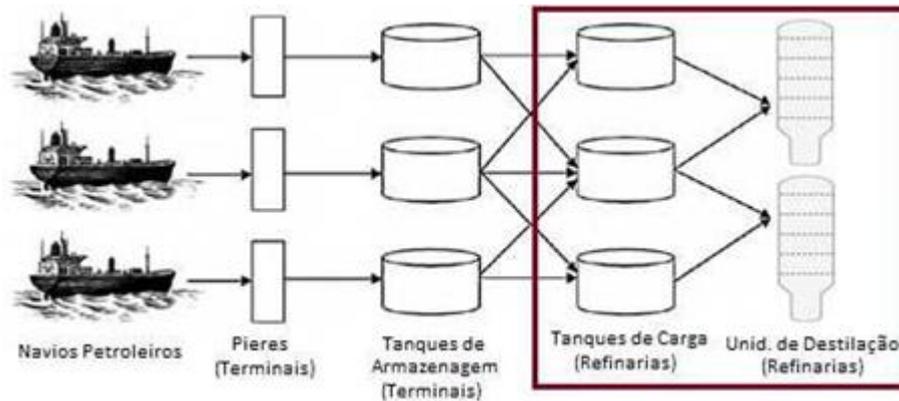


Figura 1 – Processo de suprimento de petróleo de terminais para refinarias, com destaque para enfoque das reformulações e cortes propostos - Adaptação de Yüzgec et al. (2010)

As equações, parâmetros, variáveis e premissas de representação que compõem o modelo de referência para o presente trabalho estão detalhadas em Yüzgec et al. (2010). Sendo assim, com relação ao detalhamento da abordagem proposta, o enfoque no tópico de modelagem será dado para a formalização e descrição das reformulações e cortes desenvolvidos.

A abordagem proposta está centrada no trecho do processo de suprimento entre os tanques de carga e as unidades de destilação, visto que: o custo de *changeover* é, proporcionalmente, significativamente maior que os demais custos da função objetivo; a ocorrência de *changeover* é decorrente da relação entre o suprimento contínuo das unidades de destilação e o estoque disponível nos tanques de carga; e a demanda de misturas a ser atendida está referenciada nos tanques de carga, o que impacta diretamente em todas as decisões das etapas anteriores do processo de suprimento. Segue abaixo a descrição dos índices, parâmetros e variáveis utilizadas para as reformulações e cortes propostos:

Parâmetros de entrada / Índices:

SCH = Total de períodos t do horizonte de tempo.

NBT = Total de tanques de carga j para as unidades de destilação.

$NCDU$ = Total de unidades de destilação l da refinaria.

$VB_{j,0}$ = Estoque inicial ($t=0$) no tanque de carga j .

$VB_{j,max}$ = Volume máximo do tanque de carga j .

DM_j = Volume total demandado para o tanque de carga j.

$FBC_{j,max}$ = Volume máximo do lote enviado a partir do tanque de carga j.

Variáveis:

$Z_{j,j',l,t}$ = variável binária igual a 1 quando existe changeover (troca) do tanque de carga j para o ju no suprimento da unidade de destilação l no tempo t; e igual a zero caso contrário.

$D_{j,l,t}$ = variável binária igual a 1 quando existe envio (set-up) de lote do tanque de carga j para a unidade de destilação l no tempo t; e igual a zero caso contrário.

$SU_{j,l,t}$ = variável binária igual a 1 quando existe start-up de suprimento do tanque de carga j para a unidade de destilação l no tempo t; e igual a zero caso contrário. Um start-up em t ocorre quando $D_{j,l,t-1} = 0$ e $D_{j,l,t} = 1$.

$SO_{j,l,t}$ = variável binária igual a 1 quando existe switch-off de suprimento do tanque de carga j para a unidade de destilação l no tempo t; e igual a zero caso contrário. Um switch-off em t ocorre quando $D_{j,l,t-1} = 1$ e $D_{j,l,t} = 0$.

$FBC_{j,l,t}$ = variável contínua que determina o volume do lote enviado do tanque de carga j para a unidade de destilação l no tempo t.

$VB_{j,t}$ = variável contínua que determina o volume no tanque de carga j no tempo t.

Pochet e Wolsey (2006) apresenta o problema de sequenciamento de pigmentação, cuja classificação é semelhante a do problema de Yüzgec et al. (2010), apesar de simplificado devido ao enfoque didático: dimensionamento de lotes com múltiplos itens, máquina única, considerando custos de estoque e custo de changeover dependente de sequenciamento, sem estoque inicial e com no máximo um item produzido por período. A abordagem considerando múltiplos itens conjuntamente pode ser decomposta em uma derivada dela onde cada item individualmente corresponde a um problema DLS-CC-SC (dimensionamento de lotes com capacidade constante e custos de start-up).

Por outro lado, existem particularidades e complexidades da formulação de Yüzgec et al. (2010) que não são consideradas e tratadas na abordagem simplificada de Pochet e Wolsey

(2006), o que demanda adaptação e complementação na utilização como referência de algumas de suas propostas de reformulações.

Sendo assim, nas próximas seções será detalhado o esforço empreendido nestas adaptações e complementações para o problema de pesquisa (suprimento de refinarias a partir de terminais aquaviários) tendo como base as discussões teóricas para o problema simplificado (sequenciamento de pigmentação) de Pochet e Wolsey (2006). Além disso, adicionalmente à reformulação mencionada, serão explicados e detalhados os cortes criados para melhoria da eficiência computacional com relação à solução do problema de pesquisa.

2.2. REFORMULAÇÃO DE VARIÁVEIS DE CHANGEOVER

A primeira reformulação proposta para o problema de sequenciamento de pigmentação está centrada nas variáveis de changeover. Seguem abaixo as restrições da formulação original de Yüzgec et al. (2010) para representação do changeover no suprimento de uma unidade de destilação:

$$Z_{jj',l,t} \geq D_{j',l,t} + D_{j,l,t-1} - 1 \quad \forall t = 2, \dots, SCH \mid j \neq j'$$

Em qualquer tempo t do horizonte, ocorre um changeover do tanque de carga j para outro tanque diferente ju quando em $t-1$ uma unidade de destilação l era suprida por j e em t passou a ser suprida por ju . Neste caso, a desigualdade da formulação original foi desdobrada em cinco novas na adaptação da reformulação de Pochet e Wolsey (2006) para o problema em estudo. Esta foi centrada no relacionamento entre as variáveis análogas e inclusão do nível da unidade de destilação, que não possui correspondência no problema simplificado:

$$\begin{aligned}
 \sum_{j=1}^{NBT} Z_{j,j',l,t} &\geq D_{j',l,t} && \forall j',l,t \\
 \sum_{j'=1}^{NBT} Z_{j,j',l,t} &\geq D_{j,l,t-1} && \forall j,l,t \\
 \sum_{j=1}^{NBT} D_{j,l,0} &\geq 1 && \forall l \\
 D_{j',l,t} - SU_{j',l,t} &= Z_{j',j',l,t} && \forall j',l,t \\
 D_{j',l,t-1} - SO_{j',l,t-1} &= Z_{j',j',l,t} && \forall j',l,t
 \end{aligned}$$

Os três primeiros grupos de restrições representam os impactos nas decisões de envio dos lotes de petróleo ao longo do tempo causados pela possibilidade de changeover considerando, respectivamente, os tanques de destino e origem das trocas, e tanque inicial do suprimento de uma unidade de destilação l . Já os dois últimos grupos traduzem as variáveis de changeover nas lógicas, respectivamente, de start-up e switch-off.

2.3.CORTES DE START-UP E SWITCH-OFF

Além da reformulação adaptada a partir das propostas de Pochet e Wolsey (2006), o presente trabalho propõem cortes adicionais baseados nas necessidades de start-up e switch-off ao longo do horizonte de tempo definidas pela relação entre estoque disponível, capacidade da tancagem, limites de envio, e demanda dos tanques responsáveis pelo suprimento contínuo das unidades de destilação. Também é importante ressaltar a premissa de que um tanque só recebe ou envia lotes em um determinado período de tempo t (nunca ambos).

A necessidade de changeover no tempo t de um tanque de carga j para j_u é motivada pela relação entre o estoque $VB_{j,l,t-1}$ disponível no tanque j no tempo $t-1$, e o consumo contínuo $FBC_{j,l,t}$ de uma unidade de destilação l conforme necessidade de atendimento da demanda DM_j vinculada ao tanque supridor j .

No contexto desta dinâmica, pode-se garantir que, para o primeiro tanque supridor da unidade de destilação l no horizonte, necessariamente ocorrerá um switch-off se o seu estoque inicial não for suficiente para atendimento da respectiva demanda associada ($DM_j > VB_{j,0}$), visto que será necessário que outro tanque continue o suprimento de l .

Entretanto, em algum momento posterior ao longo do horizonte de tempo, este tanque de carga j precisará voltar a abastecer uma unidade de destilação l qualquer, visto que precisará complementar o atendimento da demanda associada a j , implicando necessariamente em um start-up. Por exemplo: se o switch-off do tanque j aconteceu em $t-2$, este terá que pelo menos receber volume dos tanques dos terminais em $t-1$ para voltar a suprir em t uma unidade de destilação l (gerando um start-up em t).

Vale ressaltar que os cortes de switch-off descritos abaixo apenas são válidos para o tanque de carga j que começar o suprimento (ou seja, $\sum_{l=1}^{NCDU} D_{j,l,0} = 1$), enquanto que os cortes de start-up são válidos para qualquer tanque. O uso do termo $\text{Min}[DM_j, {}^t FBC_{j,max}]$ dos cortes de start-up (no lugar de apenas DM_j nos cortes de switch-off) é motivado pelo fato de que ${}^t FBC_{j,max}$ (máximo de fluxo de carga até t) pode gerar um limite válido mais restritivo que o termo DM_j (que considera todo horizonte), o que fortalece a formulação. Este não é válido para os cortes de switch-off porque, ${}^t FBC_{j,max} < DM_j$, pode ser forçada uma troca de tanque de carga desnecessária dada a existência de demanda ainda pendente de ser atendida.

Os dois grupos de restrições abaixo formalizam matematicamente esta explicação, respectivamente, para switch-off e start-up.

$$\sum_{u=1}^{\text{Min}[t-2, T_j-2]} \sum_{l=1}^{NCDU} SO_{j,l,u} \geq \left(\frac{\sum_{u=1}^t \sum_{l=1}^{NCDU} FBC_{j,l,u} - VB_{j,0}}{DM_j - VB_{j,0}} \right) - 1 + \sum_{l=1}^{NCDU} D_{j,l,0}$$

$$\forall j \mid DM_j > VB_{j,0}$$

$$\forall t = 2, \dots, SCH \mid t \notin [T_j - 2, SCH[$$

Dado que:

$$T_j = SCH - \left\lfloor \frac{DM_j - VB_{j,0}}{FBC_{j,max}} \right\rfloor + 1$$

$$\sum_{u=1}^{\text{Min}[t, T_j]} \sum_{l=1}^{NCDU} SU_{j,l,u} \geq \left(\frac{\sum_{u=1}^t \sum_{l=1}^{NCDU} FBC_{j,l,u} - VB_{j,0}}{\text{Min}[DM_j, {}^t FBC_{j,max}] - VB_{j,0}} \right)$$

$$\forall j \mid \text{Min}[DM_j, {}^t FBC_{j,max}] > VB_{j,0}$$

$$\forall t = 2, \dots, SCH \mid t \notin [T_j, SCH[$$

Dado que:

$$T_j = SCH - \left\lfloor \frac{\text{Min}[DM_j, {}^t FBC_{j,max}] - VB_{j,0}}{FBC_{j,max}} \right\rfloor + 1$$

Adicionalmente, como proposta de lifting para fortalecimento dos cortes propostos, o tempo T_j foi definido como o tempo máximo (ou mais conservador) em que a demanda não

atendida pelo estoque inicial do tanque de carga j deverá motivar um switch-off. Sendo assim, T_j define um limite superior válido para os somatórios nas variáveis de start-up e switch-off, fortalecendo a formulação.

Com estes limites definidos pelos termos $\text{Min}[t - 2, T_j - 2]$ e $\text{Min}[t, T_j]$ respectivamente para switch-off e start-up, e dado que o fluxo de carga $\sum_t^{n=1} \sum_{i \in \text{CDU}} \text{EBC}_i^{t,n}$ é limitado em t , todas as restrições com $t \geq T_j - 2$ (switch-off) ou $t \geq T_j$ (start-up) passam a serem dominadas pela restrição com $t = \text{SCH}$ (deixando-as redundantes), e por isso podem ser retiradas, exceto para $t = \text{SCH}$ (ou seja, para o horizonte completo).

O corte de start-up descrito anteriormente desconta a demanda já atendida pelo estoque inicial $\text{VB}_{j,0}$ na definição dos limites dos start-ups. Entretanto, uma variação adicional e mais abrangente pode ser gerada através do termo $\text{VB}_{j,0} \sum_{l=1}^{\text{NCDU}} D_{j,l,0}$, proporcionando ao corte a flexibilidade de considerar simultaneamente o desconto do estoque inicial para os tanques de carga que iniciam o suprimento, mas também os tanques que não iniciam o suprimento quando $\sum_{l=1}^{\text{NCDU}} D_{j,l,0} = 0$. Desta forma, a formulação é fortalecida através da inclusão de novos limites válidos para a ocorrência de start-ups.

Vale ressaltar que a capacidade máxima $\text{VB}_{j,\text{max}}$ do tanque de carga j foi inserida na definição do limite dos start-ups, conforme o termo alterado $\text{Min}[\text{DM}_j, t \text{ FBC}_{j,\text{max}}, \text{VB}_{j,\text{max}}]$, visto que este pode proporcionar um limite mais restrito particularmente nos casos dos tanques que não iniciam o suprimento, o que também fortalece a formulação.

$$\sum_{u=1}^{\text{Min}[t, T_j]} \sum_{l=1}^{\text{NCDU}} \text{SU}_{j,l,u} \geq \left(\frac{\sum_{u=1}^t \sum_{l=1}^{\text{NCDU}} \text{FBC}_{j,l,u} - \text{VB}_{j,0} \sum_{l=1}^{\text{NCDU}} D_{j,l,0}}{\text{Min}[\text{DM}_j, t \text{ FBC}_{j,\text{max}}, \text{VB}_{j,\text{max}}]} \right)$$

$$\forall j \mid \text{Min}[\text{DM}_j, t \text{ FBC}_{j,\text{max}}, \text{VB}_{j,\text{max}}] > \text{VB}_{j,0}$$

$$\forall t = 2, \dots, \text{SCH} \mid$$

$$t \notin [T_j, \text{SCH}[, t \text{ FBC}_{j,\text{max}} > \text{VB}_{j,0}$$

Dado que:

$$T_j = \text{SCH} + 1 - \left\lfloor \frac{\text{Min}[\text{DM}_j, t \text{ FBC}_{j,\text{max}}, \text{VB}_{j,\text{max}}] - \text{VB}_{j,0}}{\text{FBC}_{j,\text{max}}} \right\rfloor$$

Além disso, dado que um switch-off em t é conceitualmente caracterizado por uma interrupção de suprimento para um par: tanque de carga j e unidade de destilação l , é possível estender o corte anterior de switch-off também para cada unidade de destilação l .

Entretanto, esta extensão não é válida no caso do start-up, visto que não é possível afirmar que o mesmo tanque j continuará alimentando a mesma unidade de destilação l que alimentava antes do switch-off após retorno do envio. Por isso, o grupo de restrições imediatamente abaixo apresenta sua abrangência evidenciada nos índices j , l e t apenas para o caso de switch-off.

$$\sum_{u=1}^{\text{Min}[t-2, T_j-2]} SO_{j,l,u} \geq \left(\frac{\sum_{u=1}^t \sum_{l'=1}^{\text{NCDU}} FBC_{j,l',u} - VB_{j,0}}{DM_j - VB_{j,0}} \right) - 1 + D_{j,l,0}$$

$$\forall l$$

$$\forall j \mid DM_j > VB_{j,0}$$

$$\forall t = 2, \dots, \text{SCH} \mid t \notin [T_j - 2, \text{SCH}[$$

Dado que:

$$T_j = \text{SCH} - \left\lfloor \frac{DM_j - VB_{j,0}}{FBC_{j_{\max}}} \right\rfloor + 1$$

Por fim, dado que os tanques de carga não podem receber e enviar simultaneamente em um mesmo período de tempo t , o fluxo de saída de um tanque de carga em um determinado período deve ser proveniente do volume final contido neste mesmo tanque j no período imediatamente anterior.

$$VB_{j,t} \geq \sum_{l=1}^{\text{NCDU}} FBC_{j,l,t+1}$$

$$\forall j$$

$$\forall t = 1, \dots, \text{SCH} - 1$$

3. RESULTADOS

Os experimentos realizados para avaliação dos ganhos de eficiência computacional serão analisados sobre a perspectiva de comparação entre:

- **ORIG:** A formulação original de Yüzgec et al. (2010).
- **A2:** A reformulação das variáveis de changeover de ORIG, desenvolvida com base na proposta simplificada de Pochet e Wolsey (2006).
- **SU:** Inclusão de cortes de start-up e switch-off, adicionalmente à formulação A2.

Para solução das instancias foi utilizado CPLEX 12.5 em um computador com processador Intel® Core™ i5 de 2,50 GHz e 6 GB de RAM. Foram utilizados como parâmetros de comparação entre as formulações: Gap da raiz, Tempo de solução do CPLEX e Quantidade de instancias resolvidas.

As 3 instancias inicialmente resolvidas foram as propostas por Lee et al. (1996) e complementadas por Yüzgec et al. (2010), com o objetivo permitir uma comparação entre

os resultados da abordagem proposta neste trabalho e uma referência amplamente utilizada por estes e outros artigos que compõem o referencial teórico sobre o tema.

ID	.Y	GAP Raiz : ORIG	GAP Raiz : A2	GAP Raiz : SU
EXEMPLO 1		47.29%	26.32%	4.17%
EXEMPLO 2		49.86%	41.28%	5.91%
EXEMPLO 3		55.80%	37.29%	2.66%
Média		50.98%	34.96%	4.25%

ID	.Y	Tempo CPLEX (seg) :		
		ORIG	A2	SU
EXEMPLO 1		0.22	0.23	0.26
EXEMPLO 2		21.56	5.24	3.06
EXEMPLO 3		214.36	16.30	6.16
Média		78.71	7.26	3.16

Tabela 1 – Comparação: Instancias de Lee et al. (1996) e Yüzgec et al. (2010) x Proposta de Reformulações e Cortes – Gap da Raiz e Tempo de solução

Na média das 3 instancias, pode-se observar que a reformulação SU apresentou ganho de gap (% de ganho na relaxação linear das reformulações em relação à formulação original ORIG) de 91,52% dado o gap da raiz de 4,25%, e uma redução de 96% no tempo de solução. Ademais, pode ser verificado que mesmo a reformulação sem os cortes (ou seja, A2) apresentou melhoria significativa na relaxação e tempo de solução.

Em seguida, para testar a consistência dos resultados da abordagem proposta, foram geradas aleatoriamente mais 69 instancias válidas, formando um total de 72 instancias testadas, divididas conforme os seguintes critérios de complexidade: Número de tanques de carga (determina changeover) e Número de períodos do horizonte de tempo (aspecto combinatorial).

Cada grupo tem 6 instancias e é uma combinação destes 2 critérios. Além disso, o critério de tempo foi subdividido em 4 grupos conforme número de períodos: 10 ou menos; entre 11 e 15; entre 16 e 20; e 21 ou mais. Desta forma, é possível verificar o impacto na eficiência computacional conforme aumento gradativo da complexidade de tempo.

Das 72 instancias testadas, 50 foram resolvidas por no mínimo uma das formulações dentro de um tempo máximo estipulado de 900 segundos. As instancias não resolvidas ficaram dentro dos grupos de 3 tanques de carga com 21 ou mais períodos, ou 4 tanques de carga com 11 ou mais períodos (ou seja, as instancias mais complexas).

Nº TQS	Nº PERÍODOS	Média de GAP Raiz : ORIG	Média de GAP Raiz : A2	Média de GAP Raiz : SU
2 TQS	10 MENOS	36.49%	13.88%	0.69%
	11 A 15	33.67%	25.11%	3.63%
	16 A 20	28.99%	27.39%	9.17%
	21 MAIS	23.39%	21.02%	9.04%
2 TQS Total		30.63%	21.85%	5.64%
3 TQS	10 MENOS	63.32%	52.70%	5.81%
	11 A 15	43.83%	39.94%	6.91%
	16 A 20	31.74%	29.49%	5.59%
	21 MAIS	30.13%	27.56%	11.26%
3 TQS Total		45.45%	40.02%	6.37%
4 TQS	10 MENOS	63.14%	50.34%	2.82%
	11 A 15	51.85%	42.87%	6.43%
4 TQS Total		61.53%	49.28%	3.34%
Total Geral		40.59%	32.59%	5.59%

Tabela 2 – Comparação: Média por Grupos de Instancias Resolvidas - Proposta de Reformulações e Cortes – Gap da Raiz

Nº TQS	Nº PERÍODOS	Total Instancias	Média de Tempo CPLEX (seg) : ORIG	Nº Resolvidas : ORIG	Média de Tempo CPLEX (seg) : A2	Nº Resolvidas : A2	Média de Tempo CPLEX (seg) : SU	Nº Resolvidas : SU
2 TQS	10 MENOS	6	0.24	6	0.27	6	0.27	6
	11 A 15	6	0.54	6	0.54	6	0.59	6
	16 A 20	6	5.67	6	8.20	6	14.37	6
	21 MAIS	6	34.89	6	30.56	6	42.03	6
2 TQS Total		24	10.34	24	9.90	24	14.31	24
3 TQS	10 MENOS	6	160.33	5	16.96	6	73.10	6
	11 A 15	6	362.60	5	105.08	6	107.08	6
	16 A 20	6	728.71	3	156.42	6	62.78	6
	21 MAIS	6	831.51	1	900.00	0	820.11	1
3 TQS Total		24	520.78	14	294.61	18	265.77	19
4 TQS	10 MENOS	6	656.54	3	591.35	3	349.56	5
	11 A 15	6	900.00	0	852.97	1	758.18	1
	16 A 20	6	900.00	0	900.00	0	900.00	0
	21 MAIS	6	900.00	0	900.00	0	900.00	0
4 TQS Total		24	839.14	3	811.08	4	726.93	6
Total Geral		72	456.75	41	371.86	46	335.67	49

Tabela 3 – Comparação: Média por Grupos de Instancias (Todas) - Proposta de Reformulações e Cortes – Nº de Instancias Resolvidas e Tempo de solução

O grupo de 2 tanques de carga adotou 1 unidade de destilação; o grupo de 3 tanques de carga, 2 unidades de destilação; e para o grupo de 4 tanques de carga, foi definido de forma aleatória 2 ou 3 unidades de destilação.

Pelas tabelas acima, pode-se constatar a consistência dos bons resultados exibidos anteriormente na comparação considerando apenas as instancias de Lee et al. (1996) e

Yüzgec et al. (2010). Foram observados ganhos de gap médios de 81,15% (gap da raiz de 5,59%) para a reformulação SU em relação à formulação ORIG, enquanto que a reformulação sem os cortes desenvolvidos (A2) apresentou 18% (gap da raiz de 32,11%). Na comparação entre A2 e SU, pode-se constatar que os ganhos de gap da SU são comparativamente maiores conforme aumento da complexidade das instancias, o que pode ser explicado pelo enfoque dos cortes válidos desenvolvidos exatamente no trecho do processo relativo ao changeover entre tanques de carga e unidades de destilação, que define a complexidade das instancias.

Com relação à robustez das formulações sob o enfoque de número de instancias resolvidas, pode-se constatar que as reformulações A2 e SU resolveram significativamente mais instancias que a formulação original: 5 a mais para A2 e 8 a mais para SU (ambas com tempo de solução médio menor). Ademais, na comparação entre SU e A2 (ou seja, com a inclusão dos cortes propostos), além das 3 instancias a mais resolvidas, o tempo médio total de solução foi aproximadamente 10% menor.

Pelo gráfico abaixo, que considera apenas as instancias resolvidas, pode-se notar pela abertura entre as curvas que, conforme aumento da complexidade das instancias, os tempos médios de solução da reformulação SU melhoram significativamente na evolução comparativa em relação às formulações ORIG e A2.

Desta forma, nota-se que já existem ganhos significativos com a reformulação das variáveis de changeover (A2), porém estes são evidentemente melhorados pelos cortes baseados nas lógicas de start-up e switch-off (SU) desenvolvidos para o suprimento das unidades de destilação.

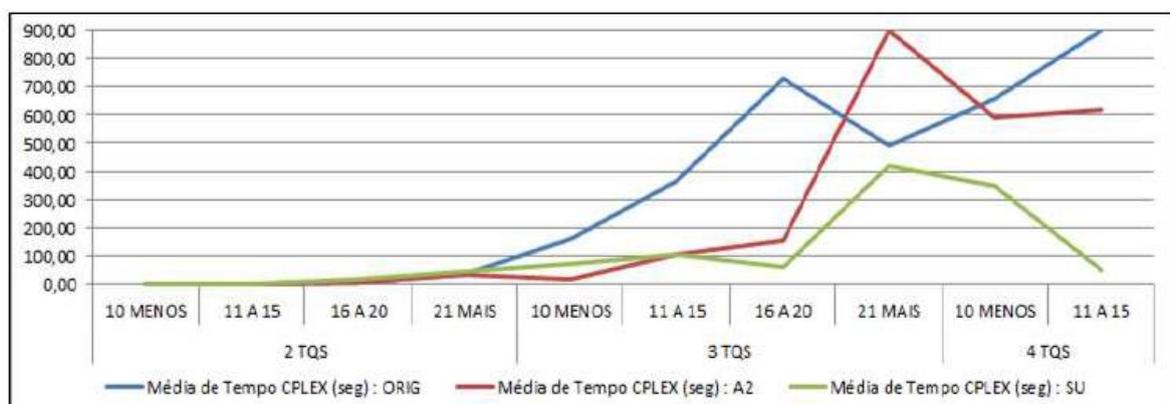


Figura 2 – Evolução: Tempo de solução das formulações (segs.) x Aumento da complexidade das instancias resolvidas

Para as instancias não resolvidas, também são constatados benefícios relevantes da abordagem proposta em relação à formulação original. Apesar de não haver solução inteira para calculo do gap da raiz, é possível utilizar o gap final do CPLEX (do melhor nó dentro do limite dos 900 segundos) para avaliação comparativa sobre a eficiência do algoritmo de solução conforme reformulações propostas. Sendo assim, inclusive para as instancias não resolvidas, pode-se verificar um gap final evidentemente menor da formulação SU (74,4% menor que A2, e 80,7% menor que ORIG), o que mostra uma tendência de solução mais rápida destas instancias quando aumentado o tempo limite.

Nº TQS	Nº PERÍODOS	Média de Gap	Média de Gap	Média de Gap
		Final : ORIG	Final : A2	Final : SU
3 TQS	21 MAIS	19.30%	17.63%	9.25%
3 TQS Total		19.30%	17.63%	9.25%
4 TQS	11 A 15	38.94%	31.91%	5.36%
	16 A 20	32.39%	23.82%	4.40%
	21 MAIS	29.30%	17.96%	4.68%
4 TQS Total		33.22%	24.13%	4.78%
Total Geral		30.06%	22.65%	5.80%

Tabela 4 – Comparação: Média por Grupos de Instancias Não Resolvidas - Proposta de Reformulações e Cortes – Gap Final do CPLEX (melhor nó em 900 segundos)

Dentre as maiores instancias resolvidas, podem ser destacadas as instancias: nº 59 (15 períodos, 4 tanques de carga e 2 unidades de destilação); nº 44 (21 períodos, 3 tanques de carga e 2 unidades de destilação); e nº 42 (20 períodos, 3 tanques de carga e 2 unidades de destilação).

Sendo assim, de forma generalizada, a complexidade das maiores instancias resolvidas no teste realizado é aderente a grande parte de sistemas ou subsistemas de tamanho real. Como comprovação, é possível citar o trabalho de Leiras (2010) aplicado a Petrobras, onde não existe discretização do tempo (representação baseada em ordem das atividades), é utilizada uma heurística com base em algoritmos genéticos, e são considerados 6 tanques de armazenagem, 6 tanques de carga e 2 unidades de destilação na representação do suprimento da REFAP a partir do TEDUT através do oleoduto OSCAN, com controle dos percentuais na mistura do petróleo Marlim e condensado.

É importante ressaltar que, dependendo da quantidade de períodos considerados nonhorizonte de tempo discretizado para abordagem proposta no presente artigo, é

possível resolver instancias de tamanho semelhante. Como exemplo para esta comprovação, foram criadas aleatoriamente mais 3 instancias válidas com 10 períodos de tempo e com a mesma quantidade de tanques, unidades de destilação e controle de componentes de Leiras (2010), que foram resolvidas em uma média de tempo de 1200 segundos, ou seja, 33,3% maior que os 900 segundos de limite arbitrados, porém através de programação matemática.

4. CONCLUSÃO

No presente trabalho foi desenvolvida uma abordagem de reformulações matemáticas e criação cortes válidos para o problema de otimização da programação de lotes de petróleo de terminais aquaviários para refinarias, conforme as chegadas dos navios, demanda dos blends (misturas) de petróleo para suprimento contínuo de unidades de destilação, changeovers, e controle de componentes nas misturas. Além disso, foram testadas 72 instancias aleatórias, divididas em grupos conforme suas complexidades, com o objetivo de verificar a consistência e o desempenho computacional da abordagem proposta em relação à modelagem de Yüzgec et al.

(2010). Vale ainda destacar como outro referencial importante o trabalho de Pochet e Wolsey (2006), cujas abordagens didáticas serviram de base e inspiração para as adaptações e desenvolvimento das reformulações que compõem a abordagem proposta.

As reformulações desenvolvidas apresentaram resultados significativamente superiores à formulação original em todos os parâmetros de comparação de desempenho utilizados no presente trabalho: gap da raiz (instancias resolvidas) e final (instancias não resolvidas em 900 segundos), número de instancias resolvidas e tempo de solução.

Com o aumento da complexidade das instancias, os tempos médios de solução e os ganhos médios de gap das reformulações desenvolvidas melhoram significativamente na evolução comparativa em relação à formulação original. Este perfil pode ser explicado pelo fato das reformulações serem baseadas em lógicas e variáveis relacionadas ao changeover (start-up, switch-off e set-up), enfoque da complexidade das instâncias.

Em instancias maiores e mais complexas, os cortes implementados sobre a formulação A2, gerando a formulação SU, beneficiam o algoritmo de solução do CPLEX com uma relaxação linear de gap significativamente menor que a gerada por A2, evidenciando maior robustez na solução das instancias. Por outro lado, em instancias mais simples e menores podemos

observar desempenhos semelhantes, o que reforça a relação direta entre a complexidade de instancias e os benefícios da abordagem de reformulações centrada na lógica de changeover.

A formulação SU resolveu 3 instancias a mais que A2 e 8 instancias a mais que ORIG, com gap médio da raiz 83% menor que A2 e 86% menor que ORIG, e tempo médio de solução das instancias (incluindo as não resolvidas) 10% menor que A2 e 26,5% menor que ORIG.

A abordagem proposta apresentou resultados bem superiores nas 3 instâncias de referência de Lee et al. (1996) e Yüzgeç et al. (2010). Além disso, os testes em maior escala mostraram que, dependendo da discretização do tempo, pode-se resolver instancias de tamanho compatível com perfis de suprimento reais.

5. REFERÊNCIAS

Aires, M., Lucena, A., Rocha, R., Santiago, C. e Simonetti, L. (2004). Optimizing the Petroleum Supply Chain at PETROBRAS, Anais do ESCAPE 14, Lisboa, Portugal.

Jia, Z., e Ierapetritou, M. G. (2004). Efficient short-term scheduling of refinery operations based on a continuous time formulation, *Computers & Chemical Engineering*, 28(6-7), 1001-1019.

Karuppiah, R., Furman, K. C. e Grossmann, I. E. (2008). Global optimization for scheduling refinery crude oil operations, *Computers and Chemical Engineering*, 32(11), 2745–2766.

Lee, H., Pinto, J. M., Grossmann, I. E. e Park S. (1996). Mixed-Integer linear programming model for refinery short-term scheduling of crude oil unloading with inventory management, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 35, 1630-1641.

Leiras, A. (2010). Otimização de Parâmetros de um Algoritmo Genético, *Inteligência Computacional Aplicada*, n.6.

Pochet, Y. e Wolsey, L. A. (2006). *Production Planning by Mixed Integer Programming*, New York, Springer Science + Business Media, Inc.

Pochet, Y. e Wolsey, L. A. (2008). Single Item Lot-Sizing with Non-Decreasing Capacities, *Math. Program.*, DOI 10.1007/s10107-008-0228-7, 121, 123–143.

Rocha, R., Grossmann, I. E. e Poggi de Aragão, M. (2009). Petroleum allocation at PETROBRAS: Mathematical model and a solution algorithm, *Computers & Chemical Engineering*, 33(12), 2123-2133.

Yüzgeç, U., Palazoglu, A., e Romagnoli, J.A. (2010). Refinery scheduling of crude oil unloading, storage and processing using a model predictive control strategy, *Computers and Chemical Engineering*, 34, 1671-1686.

Capítulo 31

USO DE MULTI-LAYER PERCEPTRON NA IDENTIFICAÇÃO DE DISPOSITIVOS SIMILARES EM SMART GRID

[DOI: 10.37423/200500863](https://doi.org/10.37423/200500863)

Leandro Nogueira dos Santos (Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário Norte do Espírito Santo). leandronog.ufes@gmail.com

Luís Otávio Rigo Júnior (Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário Norte do Espírito Santo). luis.rigo@ufes.br

Wanderley Cardoso Celeste (Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário Norte do Espírito Santo). wanderley.celeste@ufes.br

Helder Roberto de Oliveira Rocha (Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário Norte do Espírito Santo). helder.rocha@ufes.br

Daniel José Custódio Coura (Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário Norte do Espírito Santo). daniel.coura@ufes.br

Sílvia das Dores Rissino (Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário Norte do Espírito Santo). silvia.rissino@ufes.br

Roney Pignaton da Silva (Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário Norte do Espírito Santo). roney.silv@ufes.br

RESUMO: O desenvolvimento tecnológico e a crescente preocupação com o uso racional dos recursos naturais propiciou o surgimento das redes inteligentes de energia, ou Smart Grids, que compreendem o estudo e implementação de novos modelos de geração, transmissão, distribuição e consumo de energia. Neste trabalho, é explorada a aplicação de métodos de identificação inteligente de cargas elétricas consideradas similares. Tal problema tem sido apresentado na literatura como um desafio, dada sua complexidade. Aprofunda-se neste trabalho o uso do método Multi-Layer Perceptron com Backpropagation para identificar quais dispositivos estão ligados em um dado instante de tempo, a partir de uma plataforma experimental contendo dispositivos similares. Utiliza-se 14 características do sinal elétrico como entrada do classificador. Como resultado, obtém-se um classificador capaz de reconhecer o estado de um dispositivo em 88,44% dos casos e de todo sistema em 74,58% dos casos. Estes resultados representam um importante avanço no reconhecimento de cargas elétricas similares.

PALAVRAS CHAVE: Smart grids. Cargas elétricas similares. Multi-Layer Perceptron.

EN - PO na Área de Energia

1. INTRODUÇÃO

O formato de consumo de energia elétrica tem se mantido inalterado por muito tempo em todo mundo. Entretanto, esse formato, ou modelo tradicional de consumo, tem se mostrado insustentável para o futuro próximo. O constante crescimento da demanda mundial por energia elétrica, atrelado a alta dependência da matriz energética mundial por fontes não-renováveis e da baixa exploração dos recursos renováveis ainda altamente custosos têm contribuído para uma tentativa de mudança desse modelo de consumo [Mathias e Kaddah, 2015].

Tanto em países desenvolvidos como países em desenvolvimento, o aumento da capacidade de geração de energia tem propiciado novos desafios, gerando um ambiente favorável para a inserção de mudanças na maneira de se utilizar a energia elétrica [Fernández et al., 2016; Zhanga, 2017]. Novas regras de tarifação do consumo e incentivo de geração local de energia iniciaram tais mudanças [Kernan et al., 2017; Zhongfu, 2011], as quais se baseiam em um conceito mundialmente discutido nos últimos anos, o conceito Smart Grid [Higgins et al., 2011; Zaballos et al., 2011; Crispim et al., 2014; Jenkins et al., 2015].

O conceito de Smart Grid é aplicável a todo o sistema elétrico, incluindo geração, transmissão, distribuição e consumo em residências, edifícios comerciais e complexos industriais. Este conceito busca adicionar monitoramento, análise, controle e capacidade de comunicação nos sistemas elétricos, estimulando o consumo inteligente da energia elétrica e reduzindo as perdas de energia [Oliveira et al., 2012].

O monitoramento individual das cargas elétricas em uma microrrede pode ser implementado de duas formas. Por meio da medição individual de cada equipamento via sensores locais, o que pode se tornar inviável economicamente por conta da complexidade da medição ser proporcional ao número de dispositivos a serem monitorados. Ou, através do uso de um único equipamento, denominado medidor inteligente, capaz de mensurar, a qualquer instante de tempo, a energia elétrica necessária para cada dispositivo que está consumindo energia na microrrede [Benzi et al., 2011].

Um medidor inteligente apresenta várias funcionalidades: uma delas é a capacidade de identificar os dispositivos utilizados, em um determinado instante de tempo, por meio de

suas características elétricas. Porém, ainda existe uma incerteza na definição de quais características elétricas podem representar uma assinatura elétrica do dispositivo, de forma a permitir uma identificação robusta e precisa [Azzini et al.; 2012, Monzani, 2015].

Segundo a literatura, quando o conjunto de objetos a serem identificados é formado por dispositivos elétricos distintos, o problema de identificação de forma robusta é menos complexo do que quando o conjunto de dispositivos é considerado similar (por exemplo, lâmpadas de um mesmo fabricante e com mesmas especificações técnicas) [Nascimento, 2012; Paixão et al., 2016].

Em ambos os casos, diversas técnicas de inteligência artificial têm sido aplicadas para identificação de padrões nos sinais elétricos dos equipamentos, na tentativa de assim diferenciar um equipamento de outro pelo menos com uma precisão viável. Em [Paixão et al., 2016], é apresentada a definição cargas similares em uma Smart Grid, com o uso de técnicas de inteligência artificial para classificação e identificação de assinaturas elétricas de dispositivos com características elétricas semelhantes. Naquele mesmo trabalho, são apresentados alguns resultados dos experimentos usando técnicas como Raciocínio Baseado em Casos (RBC), Redes Neurais Artificiais (RNA) e classificação pelo método de agrupamento K-Means. Seus melhores resultados foram alcançados ao usar a técnica RBC, tendo uma taxa de acerto de 85,94% para a identificação de qual dispositivo estava ativado em determinada configuração e de 73,75% para determinar qual a configuração exata das lâmpadas ligadas.

Apesar de [Paixão et al., 2016] apresentar resultados inferiores no uso de RNA do tipo Multi-Layer Perceptron (MLP), a literatura mostra que o uso deste método apresenta resultados robustos para diversos problemas, inclusive para o problema em questão [Pirooznia, 2008; Kukreja et al., 2012], indicando, assim, a necessidade de experimentos mais detalhados com o objetivo de explorar todo o seu potencial.

O presente trabalho propõe aprofundar os experimentos computacionais realizados em [Paixão et al., 2016], em busca de resultados melhores para identificação de cargas similares utilizando RNA do tipo MLP aplicada sobre o mesmo conjunto de dados. Contribuindo, assim, para o avanço do estado da arte na tentativa de resolver o problema de identificar cargas similares.

2. METODOLOGIA

2.1 AQUISIÇÃO DOS DADOS

Os dados utilizados neste trabalho foram coletados em [Paixão et al., 2016], utilizando uma bancada com 4 lâmpadas consideradas similares, isto é, de mesmo fabricante e com as mesmas especificações técnicas. A partir da bancada, foram registrados os sinais elétricos de todas as combinações possíveis de estado das 4 lâmpadas, ou seja, desde nenhuma lâmpada ligada até todas elas ligadas, resultando em 16 configurações diferentes. Os dados foram coletados com os dispositivos em estado estacionário, ou seja, após terminar o estado transiente do dispositivo ao ser ligado ou desligado.

Para cada configuração de funcionamento, foram coletados sinais elétricos em momentos distintos de funcionamento, a saber: logo após o dispositivo ser ligado após 5 minutos; após 10 minutos; após 15 minutos; e após 20 minutos de funcionamento. O objetivo disso é garantir uma maior robustez dos sistemas de classificação a partir de dados que permitam, possivelmente, extrair mais informação sobre os dispositivos, tendo em vista que equipamentos elétricos são suscetíveis a fatores dinâmicos como, por exemplo, aquecimento térmico, temperatura ambiente, entre outros.

Em [Paixão et al., 2016], os sinais elétricos de tensão e de corrente foram amostrados nas frequências de 6,25kHz, 12,5kHz e 25kHz, obtendo, assim, três conjuntos de dados distintos. Entretanto, como a frequência de amostragem que contém mais informações implícitas e, por esse motivo, proporcionou os melhores resultados é a de 25kHz, optou-se por usar no presente trabalho os dados amostrados a 25kHz.

Para cada amostra de sinal coletado, foram extraídas as seguintes características: corrente eficaz (Irms), do primeiro ao décimo sétimo harmônico ímpar do espectro de frequência da corrente (Hz), potência ativa (P), potência aparente (S), fator de potência (FP) e potência reativa (Q). Também é sabido o estado de cada lâmpada (se ligada ou desligada) em cada uma das amostras adquiridas.

Por fim, o problema estudado no presente trabalho consiste em, usando aquelas informações, isto é, o conjunto de características e os estados das lâmpadas, determinar: quais dispositivos estão ligados em um determinado instante de tempo; e qual o conjunto

de dispositivos está ligado em um determinado instante de tempo. Tais informações estão organizadas em um conjunto contendo 150 amostras de cada configuração (16 classes possíveis), totalizando 2400 amostras.

A Tabela 1 apresenta a relação entre estado de cada dispositivo e configuração geral do sistema (rotulada por uma das 16 classes). As classes também representam um código decimal equivalente à codificação binária onde cada dispositivo corresponde a um bit (0 para desligado e 1 para ligado). Assim, a Classe 0 representa o estado em que o sistema encontra-se com todos os dispositivos desligados (4 bits iguais a 0) e a Classe 15 representa o sistema com todos os dispositivos ligados (4 bits iguais a 1).

Tabela 1 – Relação entre dispositivos e classes. Adaptado de [Paixão et al., 2016].

Classe	Código binário de funcionamento				Condição
	D1	D2	D3	D4	
0	0	0	0	0	Todos os dispositivos desligados
1	1	0	0	0	Apenas o dispositivo D1 ligado
2	0	1	0	0	Apenas o dispositivo D2 ligado
3	1	1	0	0	Dispositivos D1 e D2 ligados
4	0	0	1	0	Apenas o dispositivo D3 ligado
5	1	0	1	0	Dispositivos D1 e D3 ligados
6	0	1	1	0	Dispositivos D2 e D3 ligados
7	1	1	1	0	Dispositivos D1, D2 e D3 ligados
8	0	0	0	1	Apenas o dispositivo D4 ligado
9	1	0	0	1	Dispositivos D1 e D4 ligados
10	0	1	0	1	Dispositivos D2 e D4 ligados
11	1	1	0	1	Dispositivos D1, D2 e D4 ligados
12	0	0	1	1	Dispositivos D3 e D4 ligados
13	1	0	1	1	Dispositivos D1, D3 e D4 ligados
14	0	1	1	1	Dispositivos D2, D3 e D4 ligados
15	1	1	1	1	Todos os dispositivos ligados

Cabe acrescentar que, em uma análise probabilística para a identificação dos dispositivos (4 lâmpadas), a chance de identificar corretamente se um determinado dispositivo encontra-se ligado/desligado é de 50%. Além disso, quando considerado o estado do sistema como um todo (combinação dos estados dos dispositivos), a chance de identificar corretamente uma determinada configuração, através de uma escolha aleatória, cai para 6,25%. Logo, a utilização de quaisquer das técnicas de classificação inteligente, utilizada no trabalho preliminar, se mostrou muito superior a uma possível identificação ao acaso. Destaca-se ainda que, para as 16 configurações, cada dispositivo possui 50% de casos em que está

ligado e 50% de casos em que está desligado. Além disso, todas as 16 combinações possíveis estão representadas de maneira igualitária no conjunto de amostras.

2.2 PRÉ-PROCESSAMENTO DOS DADOS

A literatura atual apresenta diversos trabalhos sobre identificação de cargas elétricas em situações que envolvam dispositivos distintos. Entretanto, a maioria dos trabalhos não considera dispositivos similares e limitam-se em dizer que este é um problema complexo, sem apresentar experimentos e resultados usando tais dispositivos [Nascimento, 2012; Fernandes et al., 2010; Monzani, 2015]. O problema estudado no presente trabalho consiste em, usando os dados coletados dos sinais elétricos da bancada com 4 lâmpadas com mesma especificação técnica e de mesmo fabricante (cargas similares), desenvolver um classificador capaz de determinar qual o estado do sistema (a configuração de dispositivos ligados, dentre 16 combinações possíveis) e se um determinado dispositivo está ligado ou desligado em um determinado instante de tempo.

Uma vez coletado o conjunto de amostras, representado pela matriz $L[N \times M]$, onde N é o número amostras (no presente caso são 2400 amostras) e $M = 14$ é o número de características do sinal, foi realizado o processo de normalização do conjunto de dados, conforme a seguir:

$$L'(:,j) = \frac{L(:,j) - \min(L(:,j))}{\max(L(:,j)) - \min(L(:,j))}, \forall j = 1, 2, \dots, M, \quad (1)$$

de modo que cada coluna de L' contém valores reais entre 0 e 1, sendo 0 o menor valor da coluna de característica e 1 o maior valor.

2.3 MÉTODO DE APRENDIZADO

Com o objetivo de realizar o processo de identificação dos dispositivos a partir das informações apresentadas na Subseção 2.1, foi utilizado uma Rede Neural Artificial (RNA) denominada Multi-Layer Perceptron (MLP). O processo de treinamento da rede foi realizado com algoritmo de aprendizado supervisionado Back Propagation (BP) [Rumelhart et al., 1986].

O MLP é uma rede neural com uma camada de entrada, uma camada de saída e uma ou mais camadas escondidas, onde os neurônios de uma camada estão conectados com todos

os neurônios das camadas adjacentes (Figura 3).

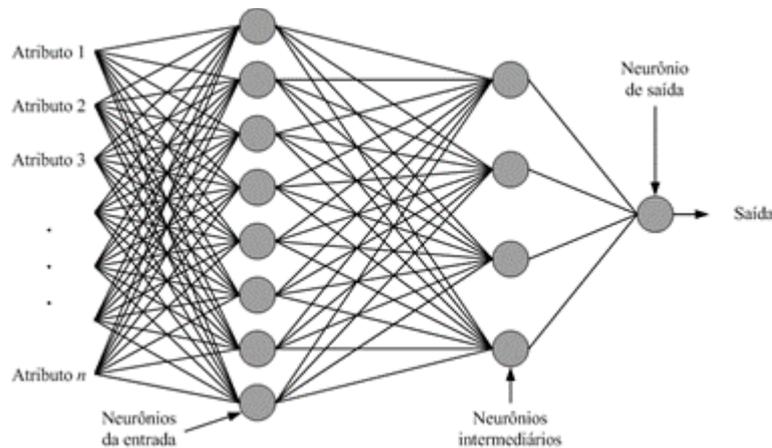


Figura 3. Ilustração da rede neural MLP.

O processo de escolha dos parâmetros da rede foi realizado empiricamente a partir dos resultados apresentados em [Paixão et al., 2016]. Foram gerados novos classificadores variando o número de neurônios, número de camadas, número de ciclos e taxa de aprendizado, a fim de melhorar significativamente o resultado da rede neural. Todos os neurônios das redes testadas foram configurados com a função de ativação sigmóide.

A Tabela 2 representa a configuração das redes neurais geradas no presente trabalho, onde estão descritos: o número de camadas das redes neurais, o número de neurônios em cada camada, o número de ciclos no aprendizado e a taxa de aprendizado da rede. Na coluna Neurônios por camada, o primeiro e o último termos representam o número de neurônios nas camadas de entrada e saída, respectivamente, enquanto que o termo central (quando há), representa o número de neurônios na camada intermediária. Como pode ser observado, as RNAs foram configuradas com quatro neurônios na camada de saída. Assim, elas são capazes de identificar as 16 configurações possíveis de dispositivos (16 classes).

Tabela 2 - Configuração das redes neurais geradas.

Classificador	Nº de camadas	Neurônios por camada	Critério de parada Nº de ciclos	Taxa de aprendizado
MLP_A	2	8 - 4	100 mil	0,20
MLP_B	2	8 - 4	100 mil	0,01
MLP_C	3	22 - 18 - 4	10 mil	0,20
MLP_D	3	22 - 18 - 4	100 mil	0,20
MLP_E	3	22 - 18 - 4	100 mil	0,01
MLP_F	3	32 - 20 - 4	100 mil	0,01

O algoritmo Back Propagation foi responsável pelo treinamento da rede neural. Neste algoritmo, os neurônios da camada de entrada receberam as informações de uma amostra (14 valores de entrada), propagaram o sinal para as camadas adjacentes até a última camada (camada de saída), que identificava os dispositivos estavam ligados naquele instante de tempo. Em seguida, fez-se a retro propagação do erro e o ajuste dos pesos da rede. O erro foi determinado pela diferença entre a saída esperada e a saída encontrada pela rede. O ajuste dos pesos foi determinado por meio da regra delta generalizada [Rumelhart et al., 1986]. Este procedimento foi feito para todos os casos presentes na matriz L' e, repetido, iterativamente, até que os critérios de parada sejam satisfeitos. Cada ciclo corresponde a uma passagem completa da matriz L'. O aprendizado termina quando não houver melhora no aprendizado (ausência de variância mínima no erro médio quadrático dos últimos ciclos) ou quando completar um número máximo de ciclos, valendo o que ocorrer primeiro.

Durante a execução desse algoritmo de aprendizado, a RNA adquire conhecimento através das características ou padrões contidos no conjunto de amostras.

2.4 ANÁLISE DE DESEMPENHO

Para avaliar o desempenho das RNA, optou-se por utilizar o método de validação cruzada (cross-validation), com a seleção aleatória de 10% dos casos contidos em L' (vide Subseção 2.2) para o conjunto de testes e os demais casos divididos em 10 conjuntos de treinamento e validação. A validação cruzada com 10 conjuntos é um método robusto para análise de desempenho de classificadores inteligentes aplicados a problemas reais [Kohavi, 1995].

Justifica-se a escolha do referido método de validação por ser o mesmo método utilizado em [Paixão et al., 2016] e ser um método consagrado na literatura e que permite que os resultados aqui apresentados possam servir de base para comparação com trabalhos futuros.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Experimentos preliminares demonstraram que os erros apresentados pela rede ocorrem majoritariamente entre classes que possuem a mesma quantidade de lâmpadas ligadas. Com base nestes resultados, implementou-se uma matriz de similaridade, definida em [Li et al., 2016], para penalizar mais, durante o aprendizado, os erros entre classes com mesma quantidade de dispositivos. Primeiramente, calcula-se o ponto médio no plano das amostras de cada classe e, então, calcula-se a matriz de similaridade entre classes por meio da inversa da distância euclidiana entre esses pontos. Ou seja, classes próximas terão maior similaridade que classes mais distantes. Esse grau de similaridade é levado em conta no treinamento da rede neural, onde o erro é ponderado pelo grau com o intuito de dar mais importância a erros em casos de classes similares.

Foram realizados novos experimentos com e sem o uso da matriz de similaridade, partindo de um mesmo conjunto de pesos iniciais aleatórios (mesma rede). Os resultados com a matriz foram inferiores, de modo que chegou-se à conclusão de que a matriz de similaridade não resultou em melhoras no aprendizado do classificador.

Em sequência, foram realizados os experimentos computacionais com as configurações de rede, definidas na Subseção 2.3. A Tabela 3 apresenta uma comparação entre os resultados obtidos na identificação do estado de um dispositivo específico (ligado ou desligado) no presente trabalho e os melhores resultados obtidos em [Paixão et al., 2016]. Nessa tabela, são apresentadas as taxas de acerto de cada classificador obtidos nas etapas de treinamento, validação e teste. As primeiras duas linhas apresentam, respectivamente, o melhor resultado geral (algoritmo RBC + K-Means) e com o uso de MLP (MLP_8) obtido em [Paixão et al., 2016]. As demais linhas apresentam os resultados obtidos no presente trabalho. Os resultados destacados representam o melhor desempenho em cada etapa.

Tabela 3. Taxa de acerto (em %) obtida na identificação do dispositivo.

Classificador	Treinamento	Validação	Teste
RBC+K-Means	---	85,65	84,79
MLP_8	81,67	81,37	80,73
MLP_A	83,36	81,52	80,31
MLP_B	83,97	82,44	82,50
MLP_C	90,30	84,91	87,08
MLP_D	91,05	84,92	87,19
MLP_E	94,77	88,58	88,44
MLP_F	95,36	88,28	88,13

Como pode ser observado, os experimentos realizados no presente trabalho representaram uma melhora de 3,65 pontos percentuais no desempenho da técnica de classificação por rede MLP na identificação do estado dos dispositivos, obtendo uma taxa de acerto sobre o conjunto de teste no valor de 88,44%. É possível constatar que o aumento no número de camadas e de neurônios contribuiu significativamente para a melhora no desempenho dos classificadores (configurações C, D, E e F).

Complementarmente, também é possível observar que o aumento no tamanho da rede de E para F ocasionou o overfitting da rede maior, gerando uma especialização do aprendizado no conjunto de treinamento e uma perda de desempenho nos demais conjuntos. Outro fator a ser observado é a melhora nos resultados quando a taxa de aprendizado é menor. Isto pode ser justificado pela menor oscilação dos pesos da rede ao utilizar uma taxa de aprendizado menor.

A Tabela 4 apresenta uma comparação entre os resultados obtidos na identificação da classe (conjunto de dispositivos ligados) no presente trabalho e os melhores resultados obtidos em [Paixão et al., 2016]. Nessa tabela, são apresentadas as taxas de acerto de cada classificador obtidos nas etapas de treinamento, validação e teste. As primeiras duas linhas apresentam, respectivamente, o melhor resultado geral (algoritmo K-Means) e com o uso de MLP obtido em [Paixão et al., 2016]. As demais linhas apresentam os resultados obtidos no presente trabalho. Os resultados destacados representam o melhor desempenho em cada etapa.

Tabela 4. Taxa de acerto (em %) obtida na identificação da classe.

Classificador	Treinamento	Validação	Teste
RBC+K-Means	---	75,46	72,50
MLP_8	54,94	59,73	55,84
MLP_A	54,37	51,44	47,92
MLP_B	56,00	52,82	52,08
MLP_C	78,00	68,52	72,08
MLP_D	79,50	68,80	72,08
MLP_E	86,35	74,07	74,58
MLP_F	88,16	74,95	74,17

Como pode ser observado na Tabela 4, os classificadores obtiveram um desempenho semelhante no processo de identificação das classes ao dos dispositivos. A única diferença ocorre sobre o conjunto de validação, no qual a configuração F obteve um desempenho melhor que a configuração E. Mesmo com esta diferença, o principal critério de avaliação do classificador, que é a taxa de acerto sobre o conjunto de teste, pressupõe um overfitting na configuração F. Desta maneira, pode-se concluir que a configuração de MLP para identificação de dispositivo e de classe é a MLP_E, apresentando taxas de acerto de 88,44% e 74,58%, respectivamente.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O problema de identificação de cargas elétricas consideradas similares é um problema de difícil solução e que tem ganhado cada vez mais importância com o surgimento do conceito smart grid. Para abordar tal problema, neste trabalho, optou-se pelo aprofundamento dos experimentos realizados em [Paixão et al., 2016].

Inicialmente, fez-se a análise dos dados obtidos no referido trabalho a partir de uma plataforma experimental, composta de um arranjo de 4 lâmpadas fluorescentes compactas, de um mesmo fabricante e com características elétricas similares. Posteriormente, através da análise dos resultados obtidos em [Paixão et al., 2016] e do potencial do uso de redes neurais artificiais para resolução de problemas de classificação, optou-se por explorar, de maneira mais detalhada, o uso desta técnica sobre o mesmo conjunto de amostras.

Como contribuição relevante deste trabalho, pode-se destacar o desenvolvimento de versões de redes neurais do tipo MLP cujos resultados mostram um avanço na busca por identificar, com precisão e de forma robusta, cargas elétricas similares. Destaca-se que a rede neural MLP_E (vide Tabela 2) obteve o melhor desempenho, tanto para a identificação dos dispositivos quanto para a identificação das classes com taxa de acerto de 88,44% e 74,58%, respectivamente. Esses valores superam, respectivamente, os resultados de 84,79% e 72,50% obtidos em [Paixão et al., 2016], reafirmando, portanto, o referido avanço na tentativa de resolver o problema de identificar cargas similares.

Ressalta-se, por fim, que este trabalho não esgota o tema tratado, ao contrário, abre novas perspectivas de investigação como, por exemplo, na aplicação de métodos automáticos de seleção de heurísticas e parâmetros das técnicas aplicadas ao problema.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à UFES/Brasil pela bolsa de IC concedida, ao CNPq/Brasil (processo 443384/2014-2) e FAPES-ES/Brasil (processo 67651259/14) pelo suporte financeiro a esta pesquisa.

6. REFERÊNCIAS

Azzini, H. A. D.; Fardin, J. F. e Salles, E.O.T. (2012). Avaliação das Capacidades de Software Baseado em Monitoramento não Intrusivo Voltado para Eficiência Energética. Anais do XIX Congresso Brasileiro de Automação, CBA 2012, pp. 2467-2474.

Crispim, J.; Braz, J.; Castro, R. e Esteves, J. (2014). Smart grids in the eu with smart regulation: Experiences from the uk, italy and portugal. *Utilities Policy*, 31:85–93

Jenkins, N.; Long, C. e Wu, J. (2015). An overview of the smart grid in great britain. *Engineering*, 1(4):413–421.

Fernandes, R. A. S.; Silva, I. N.; Oleskovicz, M. (2010). Identificação de cargas lineares e não-lineares em sistemas elétricos residenciais usando técnicas para seleção de atributos e redes neurais artificiais. *Revista Controle & Automação*, Vol.21, No.4, pp. 389-405.

Fernández, J. M. R.; Payán, M. B.; Santos, J. M. R. e García, A. L. T. (2016). Renewable generation versus demand-side management. a comparison for the spanish market. *Energy Policy*, 96:458–470.

Higgins, N.; Vyatkin, V.; Nair, N. C. e Schwarz K. (2011). Distributed power system automation with iec 61850, iec 61499, and intelligent control. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews*, 41(1):81–92.

Kernan, R.; Liu, X.; McLoone, S. e Fox, B. (2017). Demand side management of an urban water supply using wholesale electricity price. *Energy Applied*, 189:395–402.

Kohavi, R. (1995). Study of Cross-Validation and Bootstrap for Accuracy Estimation and Model Selection. *International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI)*.

Li, Q.; Li, K.; You, X.; Bu, S. e Liu, Z. (2016). Place recognition based on deep feature and adaptive weighting of similarity matrix. *Neurocomputing V. 199*, pages 114-127.

Mathias, J.; Kaddah, R.; Basic, A. e Meyn, S. P. (2015). Smart fridge / dumb grid? demand dispatch for the power grid of 2020. *CoRR*, abs/1509.01531.

Monzani, R. C. Identificação de cargas residenciais usando rede neural artificial a partir de aquisição não intrusiva. (2015). *XII Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente, SBAI 2015*, pp. 890-895.

Nascimento, D. M. Identificação não invasiva de cargas elétricas residenciais. (2012). *Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia Elétrica*.

Oliveira, R. D.; Vieira, J. C. M. J. (2012). Benefícios e Desafios de Redes Inteligentes. *UNIFACS – Universidade Salvador. Revista Eletrônica de Energia*, v.2, n.1, p. 3-14, jan./dez.

Benzi, F.; Anglani, N.; Bassi, E. e Frosini, L. (2011). Electricity smart meters interfacing the households. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 58(10):4487–4494.

Paixão, A. R.; Celeste, W. C.; Rigo, L. O. J.; Coura, D. J. C.; Rocha, H. R. O. e Rissino, S. D. (2016). Classificação inteligente aplicada ao problema de identificação de cargas elétricas “idênticas”. *Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*. Vitória, ES.

Pirooznia, M., Yang, J. Y.; Yang, M. Q., Deng, Y. (2008). A comparative study of different machine learning methods on microarray gene expression data. *BMC Genomics*.

Kukreja, M.; Johnston, S. A. e Stafford, P. (2012). Comparative study of classification algorithms for immunosignaturing data. *BMC Bioinformatics*.

Rumelhart, D. E.; Hinton G. E. e Williams R. J. (1986). Learning representations by back-propagating errors. *Nature volume 323*, pages 533–536.

Zaballos, A.; Vallejo, A. e Selga, J. M. (2011). Heterogeneous communication architecture for the smart grid. *IEEE Network*, 25(5):30–37.

Zhanga, S.; Jiaoa, Y. e Chena, W. (2017). Demand-side management (dsm) in the context of china’s on-going power sector reform. *Energy Policy*, 100:1–8.

Zhongfu, T. (2011). Examining economic and environmental impacts of differentiated pricing on the energy-intensive industries in china: input-output approach. *Journal of energy engineering*, 137(3):130–137.

Capítulo 32

ESTUDO DO SISTEMA DE FILAS DE UMA CASA LOTÉRICA DA CIDADE DE FRANCA

[DOI: 10.37423/200500865](https://doi.org/10.37423/200500865)

Flávio Molina (Universidade Federal do Triângulo Mineiro)

flaviomolinabr@yahoo.com.br

Jefferson Silva Lamarca (Universidade Federal do Triângulo Mineiro).

jeffersaum@gmail.com

RESUMO: No dia-a-dia de diversas empresas, é frequente a existência de filas em prestadores de serviço. Para o usuário do serviço é excelente que o atendimento seja imediato. Por outro lado, para o prestador do serviço, eliminar a fila pode implicar em um alto custo. Esse trabalho tem como objetivo o estudo em uma casa lotérica, para verificar a possibilidade de melhoria do sistema, sem o aumento do número de servidores. O objetivo é analisar o modelo do sistema de filas utilizado pela casa lotérica e dentro das possibilidades melhorar o sistema, trazendo assim benefícios para os usuários, sem aumento dos custos para o prestador do serviço. Assim, é apresentado o sistema de fila da casa lotérica escolhida. Após, são feitas sugestões de novas configurações do sistema para o atendimento ao cliente. Deste modo, foi possível observar os impactos no sistema, que ocorrem entre diferentes métodos de atendimento ao cliente.

PALAVRAS CHAVE: Teoria de filas, análise de serviço, configuração do sistema.

Tópicos 1) SE – PO em Serviços, OA – Outras aplicações em PO.

1. INTRODUÇÃO

Qualquer pessoa já teve a experiência de aguardar em uma fila, seja ela fila no trânsito, supermercado, banco, lotérica, serviço de atendimento ao cliente SAC, ou algum outro tipo de fila. Infelizmente, aguardar para ser atendido em uma fila faz parte da rotina de qualquer pessoa, porém, seria bem mais interessante não precisar aguardar na fila para receber o serviço, ou, então, se possível, esperar o menor tempo possível. Para o usuário do serviço é excelente que o atendimento seja imediato, ou seja, sem precisar aguardar em algum tipo de fila. Por outro lado, para o fornecedor do serviço não ter fila implica em um alto número de servidores, ou seja, custos.

Nesse trabalho será estudada uma situação de fila em uma casa lotérica, localizada no centro da cidade de Franca/SP. Utilizando conceitos de probabilidade, estatística e teoria de filas é possível analisar um interessante trade-off entre o nível de serviço a ser oferecido ao cliente e a forma como o sistema funciona.

A motivação deste trabalho advém da compreensão da relevância deste tema no nosso cotidiano. Pois na grande parte dos casos em que o cliente aguarda em algum tipo de fila, o tempo de espera para receber o atendimento é um tempo pouco ou nada produtivo. No entanto, para o gestor do sistema, a existência da fila significa que todos os seus servidores que atendem a esta fila estão sendo utilizados no momento, ou seja, nenhum dos servidores está ocioso. Por isso, buscar reduzir o tempo de espera na fila sem a necessidade de um alto nível de ociosidade dos servidores é bastante significativo para todos os que utilizam e os que prestam esse serviço.

O objetivo deste trabalho é analisar através de conceitos de teoria de filas, o sistema da casa lotérica, investigando os processos de chegada (clientes a fila) e serviço (duração do atendimento) dos clientes em certo período. O foco é a redução do tempo médio de espera na fila pelos clientes. A lotérica analisada neste trabalho é composta de uma fila regular que é atendida por 2 caixas regulares enquanto houver 10 pessoas, ou menos, nesta fila, assim que tiver mais de 11 pessoas, ou mais, na fila, há a abertura de um terceiro caixa para servir a esta fila. A lotérica possui também uma fila preferencial que é servida por um único caixa que atende exclusivamente os clientes da mesma, as pessoas que podem utilizar essa fila são: idosos, gestantes, deficientes físicos, pessoas com criança de colo.

O estudo de desempenho de prestadores de serviços pode ser analisado por meio da teoria de filas. Morabito e Lima (2000) analisaram um problema de filas em um supermercado, buscando modelar o tempo médio de espera em fila, eles imaginaram 3 situações. (i) representar o sistema por meio de um modelo M/M/m de fila única, (ii) representar o modelo por meio de m modelos M/M/1 paralelos e independentes e (iii) representar o sistema por meio de um modelo Markoviano mais geral, onde os dois modelos anteriores podem ser vistos como casos particulares. Os resultados deles indicaram que o modelo (iii) foi o que mais se aproximou do modelo observado, além do que o modelo com filas paralelas teve pior desempenho.

Amidani (1975) aplicou a teoria de filas a serviços bancários, o trabalho buscou a escolha de alternativas que visem: “(i) encontrar o número ótimo de pontos de atendimento (caixas). (ii) estabelecer medidas de eficiência e/ou desempenho”. Por fim, ele determinou uma quantidade de caixas funcionando por hora, relacionando a demanda dos clientes com o número de caixas e também estabeleceu algumas medidas que são mais eficientes que outras.

Em [Morabito e Silva, 2007] os autores aplicam os modelos de fila em uma fábrica de metal-mecânica para o auxílio na tomada de decisão em um ambiente job-shop. Os autores analisam o desempenho da fábrica e verificam a realocação da capacidade de produção por meio de redes de filas abertas.

O artigo de [Lima et al., 2016] realizou estudo das filas em uma agência bancária mapeando suas atividades cotidianas e fazendo o levantamento de dados referentes aos tipos de filas, no período de três meses. Com base nos resultados, pôde-se prever o comportamento das chegadas dos clientes e propor melhorias nos períodos de maior demanda, como realocação de seus funcionários.

Para [Albana, Frein e Hammami, 2016] a teoria das filas também pode ser aplicada como forma de estabelecer uma política de rejeição de clientes. O estudo teve como objetivo avaliar quando seria mais benéfico para a empresa adotar essa política de rejeição ou quando estabelecer a aceitação de todos. A ideia central é comprovar se a rejeição de alguns usuários favoreceria o lead-time dos clientes aceitos, aumentando a demanda e o lucro da organização. Para isso, foram analisadas duas situações: sistemas sem custos de estoques e

penalidades e sistemas com esses custos inclusos.

Assim, é possível perceber que a teoria de filas é aplicada na literatura para avaliação de desempenho e auxílio na tomada de decisão tanto em sistemas produtivos como prestadores de serviços. Neste trabalho, os conceitos de teoria de filas serão utilizados para uma análise de desempenho do processo de atendimento da casa lotérica e, a partir desta análise, propor tentativas de melhoria para o sistema.

O trabalho é organizado da seguinte forma: na Seção 2, é feita a apresentação do problema e como são tratadas as taxas de chegada, as taxas de serviço e as características da fila. Em seguida, na Seção 3, são apresentados os resultados obtidos, com a comparação do modelo atual utilizado na lotérica, com diferentes simulações apresentadas na literatura da teoria de filas. Por fim, na Seção 4, é feita a conclusão que trazos resultados finais obtidos através da investigação desse caso.

2. DESCRIÇÃO DO SISTEMA E COLETA DE DADOS.

A casa lotérica estudada neste trabalho se localiza na cidade de Franca/SP, na região central da cidade e atende ao público em geral que deseja pagar contas, fazer apostas na loteria federal ou mesmo receber salário ou aposentadoria. Ao passar perto do estabelecimento é possível observar uma fila que, muitas vezes, não termina dentro da casa lotérica.

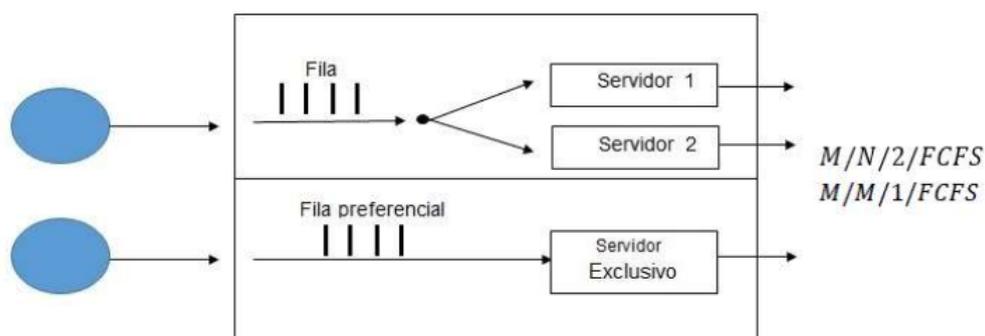
Nesse contexto, é interessante para o gestor da empresa conhecer o seu sistema de fila, averiguar se é necessário contratar mais funcionários para realizarem o atendimento ou se o tempo médio de espera pelos clientes está satisfatório. Segundo [Prado, 2006] algumas consequências de esperar muito tempo em uma fila são: o cliente desistir de aguardar pelo serviço, o cliente se irritar tanto com a demora que resolve nunca mais voltar nesse estabelecimento, entre outros. Isso não é muito bom para o dono da lotérica, pois, quanto menos clientes utilizarem o serviço, menor será o lucro. Isso reforça a importância de se fazer uma análise do sistema, buscando melhorá-lo. A ideia é obter uma quantidade ideal para o prestador de serviço (considerando a ociosidade do sistema e o gasto total) e fazer com que os clientes não aguardem muito tempo na fila.

No processo de chegada do sistema estudado será considerado que apenas um usuário pode chegar por vez, então, em casos aonde chega um casal na fila, deve-se considerar que

o casal é um único cliente, pois, eles serão servidos por um mesmo atendente e juntos no guichê. Admite-se também que a chegada de usuários não varia de acordo com o tempo e nem de acordo com o número de pessoas na fila. O tempo de serviço é o tempo de duração do atendimento ao cliente. Esse tempo é medido a partir do momento que o usuário sai da fila e parte para o guichê para ser atendido, para esse processo considera-se que todos os funcionários que prestam o serviço trabalham todos a uma mesma velocidade, da mesma forma. Por se tratar de uma casa lotérica cada guichê só atende um cliente por vez, em cada servidor.

O problema em questão é um sistema que possui múltiplas filas, para múltiplos servidores. Primeiramente, tem-se uma fila única com 2 ou 3 servidores em paralelo (dependendo do número de clientes no sistema), para o atendimento aos usuários, que denominaremos como normais (usuários que não podem usar a fila “exclusiva”). A outra fila é para atendimento exclusivo que atende usuários idosos, gestantes, deficientes físicos, ou pessoas com crianças de colo. Essa fila é uma fila única e comum único servidor conforme ilustra a Figura 1. Uma característica muito importante da lotérica é que o atendimento para gestantes, idosos, pessoas com deficiência e pessoas com criança de colo, é de fato exclusivo, ou seja, não se atende a fila regular, diferentemente do prioritário, em que, caso o servidor do atendimento esteja ocioso, este poderá atender os clientes da fila regular. Outra característica importante é que o sistema de fila regular funciona inicialmente com 2 servidores. Caso a fila regular tenha mais de 10 pessoas na fila, um terceiro servidor é aberto para atender as pessoas da fila regular, ajudando assim a diminuir a fila regular e consequentemente o tempo médio de espera na fila.

Figura 1 - Modelo de fila para 10 ou menos pessoas na fila regular

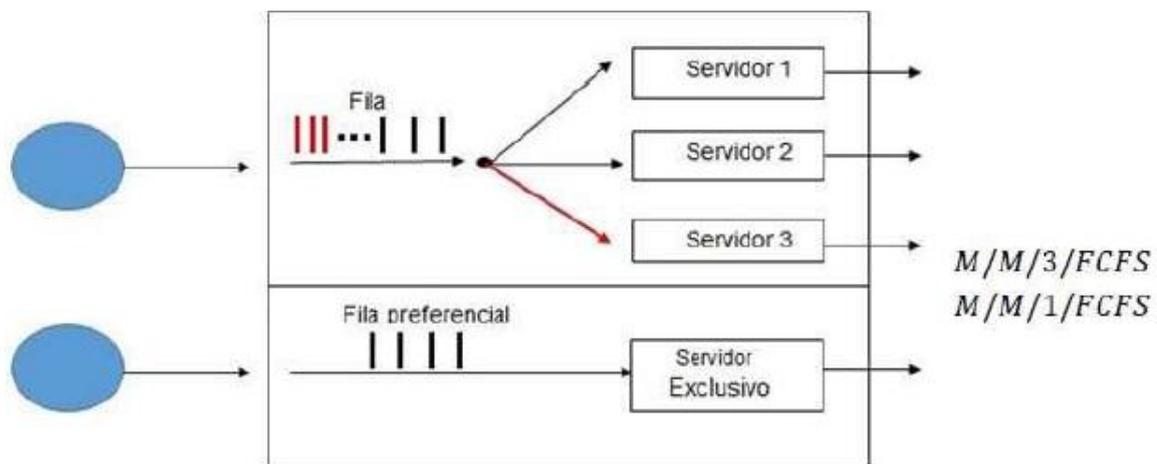


Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Os usuários que estão na fila regular não podem trocar de fila, por outro lado, os usuários da fila exclusiva podem trocar de fila quando quiserem e podem escolher qual das duas filas preferem entrar. A Figura 5 ilustra o modelo de fila do estabelecimento quando se tem menos de 10 pessoas na fila regular.

Quando tiver mais de 10 pessoas aguardando na fila regular, ocorre a abertura do terceiro servidor que atende apenas a fila regular, e o sistema fica como demonstrado na Figura 2. O terceiro servidor (caixa) que abre quando a fila regular está com 10 ou mais clientes, provavelmente só atende em alguns momentos, porque ele presta algum tipo de serviço interno enquanto não está servindo a fila.

Figura 2 - Modelo do sistema para mais de 10 pessoas na fila regular



Fonte: Elaborado pelo próprio autor

A notação da fila regular é $M/N/2/FCFS$, pois a distribuição de chegada é Exponencial, o processo de serviço é uma distribuição Normal N , o número de servidores idênticos em paralelo para até 10 pessoas na fila é 2. Quando há mais de 10 pessoas na fila regular o número de servidores passa para 3, com isso a notação fica sendo $M/N/3/FCFS$. Sendo a notação da fila exclusiva: $M/M/1/FCFS$.

Para a coleta de dados, foi selecionada a semana que antecede o dia 20. Assim, foram evitados os dias críticos em que a lotérica tem um maior número de clientes devido ao pagamento de contas e recebimento de salários. Também foram evitados dias de grande número de aposta nos jogos de loterias. Acredita-se que com essas considerações os dados coletados possuem um padrão sem grandes oscilações. Os dados foram coletados durante

duas tardes, como observador coletando os dados manualmente e anotando tempo a tempo das 13h00min às 15h00min. Em seguida, todos os dados foram passados para uma planilha no Excel. O sistema operou com 1 caixa realizando o atendimento exclusivo dos clientes desta fila e outros 2 caixas fazendo o atendimento dos demais clientes, e quando a fila regular chegasse a 10 clientes aguardando havia a abertura de um terceiro caixa. Dos dados coletados em cada fila é possível chegar às taxas apresentadas na Tabela 1.

A Tabela 1 apresenta os intervalos médios entre chegadas e os tempos médios de serviço para cada fila. A amostra utilizada para a média entre as chegadas à fila regular é de 93 elementos e a média entre as chegadas é 0,95 minutos (57 segundos para cada chegada, ou $\lambda=1,05$ chegadas por minuto na fila). No caixa exclusivo, a amostra é de 50 elementos e o tempo médio de chegada é

O tempo médio entre serviço nos caixas normais é de uma amostra de 108 elementos e a média entre serviço é de 2,06 minutos (2 minutos e 3 segundos para cada atendimento, ou $\mu=0,49$ atendimento por minuto em cada caixa). No caixa exclusivo a amostra é de 52 clientes e a média foi de 1,82 minutos (1 minuto e 49 segundos para cada atendimento, ou $\mu=0,55$ atendimento por minuto no caixa exclusivo). A Tabela 1 apresenta os dados com os tempos médios, de chegada e de serviço, além das amplitudes de cada medida referentes às duas filas.

Tabela 1- Taxas de chegada e de serviço

	Caixa	Regular	Exclusivo
	Média dos tempos amostrais		
	Intervalo médio chegadas (min)	0,95	2,05
	Amplitude do tempo da chegada (min)	7,42	8,00
	Tempo médio de serviço (min)	2,03	1,82
	Amplitude do tempo de serviço (min)	3,17	8,50
	Amostra do tempo médio de chegada	93	50
	Taxa de chegada (min)	1,05	0,49
	Amostras do tempo médio de serviço	108	52
	Taxa de atendimento (min)	0,49	0,55

Fonte: Elaborada pelo próprio autor

Os testes de aderência realizados no trabalho utilizam como referência [Costa Neto, 1999] e [Montgomery, Runger; 2012]. Cabe lembrar que, embora ambos os testes Qui-quadrado e Kolmogorov-Smirnov, possam ser utilizados, o teste de Qui-quadrado é de difícil aplicação, pois não há garantia de que fosse considerado uma amplitude diferente para os intervalos, o teste poderia fornecer diferentes resultados ou poderiam nem mesmo ser aplicado. Deste modo foi aplicado o teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov é o mais adequado para distribuições contínuas. Em todos os testes foi considerada a significância de 5%.

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos nos testes. Os resultados estão separados em Fila regular e Fila exclusiva. Para cada fila é feito o teste para o tempo de serviço, de espera em fila e intervalo entre as chegadas. Para cada tempo é apresentada a média (e desvio padrão), a distribuição testada, o tamanho da amostra, o valor d obtido pelo teste (d calculado a partir da amostra), o valor de referência para rejeição da hipótese (caso d calculado seja superior ao valor de referência para a significância de 5% pré-estabelecida) e a resultado do teste. É possível notar que houve rejeição no tempo de espera da fila regular. Os tempos de chegadas das duas filas apresentou um valor P superior a 10% na distribuição Exponencial.

Tabela 2 – Resultado do teste de aderência

Tempos médios		Média	Desv. Pad.	Distrib.	n	d calculado	d referência	Valor P	Hipótese
Fila regular	Serviço	123	80	Normal	108	0,122	0,131	0,10	Aceita
	Espera na fila	213	156	Normal	94	0,180	0,140	0,01	Rejeita
	Chegada	56	47	Expon	93	0,110	0,141	0,20	Aceita
Fila Exclusiva	Serviço	109	98	Expon	52	0,183	0,188	0,10	Aceita
	Espera na fila	148	78	Normal	51	0,110	0,190	0,25	Aceita
	Chegada	123	98	Expon	50	0,169	0,188	0,15	Aceita

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Para a verificação dos tempos médios, de chegadas, de serviço e dos tempos médios de espera na fila, utilizou-se como hipótese que se adequavam as duas distribuições de probabilidade, a distribuição Normal e a distribuição Exponencial. Aplicou-se o teste de χ^2 e o de Kolmogorov-Smirnov calculou o valor P para o teste Kolmogorov-Smirnov. Os testes não rejeitaram a hipótese de distribuição Exponencial para o tempo médio de chegada da fila

regular e da fila exclusiva. Os testes também não rejeitaram a hipótese de distribuição Exponencial nos tempos de atendimento da fila exclusiva, para a fila regular os testes não rejeitaram a hipótese de distribuição Normal. A hipótese de adequação do tempo médio de espera nas duas filas não foi possível ser aceita pelo teste KS e pelo teste χ^2 , tanto para a distribuição Normal quanto para a distribuição Exponencial.

As medidas de desempenho do sistema foram obtidas a partir dos conceitos e formulas de teoria de filas, que neste caso tem-se como referência o livro de [Arenales, et al. 2007].

Feito o teste de aderência dos tempos coletados, foram calculadas as taxas do sistema. A Tabela 3 apresenta a estimacão pontual das taxas de chegada, de serviço e o fator de utilização para cada fila. Já neste momento é possível observar que apenas 2 caixas para atender os clientes da fila Regular não são suficientes, pois o fator de utilização é superior a 1 ($\rho > 1$) o que faz com que a fila não alcance um ponto de equilíbrio, crescendo indefinidamente. Se for considerado que os 3 caixas atendem a fila regular, a todo momento, a taxa de ocupação vai para 0,71. A taxa de chegada λ da fila Exclusiva é 0,49 cliente/min, isso quer dizer que em média precisa de praticamente 2 minutos para chegar um cliente. Observe também que a fila exclusiva possui uma taxa de utilização muito alta também 0,89, mas neste caso a fila ainda converge para um número médio de usuários.

Tabela 3 - Taxa de utilização para cada tipo de fila

Taxas e utilização médias dos caixas regular e exclusivo			
Tipo de caixa	λ (clientes/min)	μ por caixa (clientes/min)	$\rho = \frac{\lambda}{m \cdot \mu}$
Regular (2 caixas)	1,05	0,49	1,07
Regular (3 caixas)	1,05	0,49	0,71
Exclusivo	0,49	0,55	0,89

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Em outras palavras, há de fato a necessidade de trabalho com 3 caixa junto a fila regular. Por outro lado, a utilização calculada na Tabela 3 considera os caixas sempre funcionando, independente do número de clientes no sistema. Assim, é necessário verificar as medidas de desempenho do sistema da empresa. Calculando, a partir das taxas e distribuições já definidas, foram obtidos os valores apresentados, na Tabela 4, para as medidas de desempenho do sistema atual. A tabela contém a taxa de chegada (λ) a taxa de atendimento

μ de um servidor, a probabilidade do sistema estar vazio (P), número médio de pessoas na fila, em atendimento e total do sistema ($E L$, $E(L)$ e $E(L)$), taxa de utilização do sistema (ρ) e tempo médio de espera em fila e no sistema ($E W$ e $E(W)$).

Tabela 4 – Dados da Simulação 4 para as duas filas, utilizando teoria de filas e as leis de Little.

Fila	λ	μ	P	$E L$	$E(L)$	$E(L)$	ρ	$E W$	$E(W)$
Regular	1,05	0,5	0,02	6,43	2,15	8,58	0,89	6,12	8,17
Exclusiva	0,49	0,55	0,11	6,95	0,89	7,84	0,88	14,26	16,09

Fonte : Elaborado pelo próprio autor

Observe que, embora haja 11% de esperança de pegar a fila exclusiva vazia, o tempo de espera médio é muito alto (12,85 e 14,26 minutos). A fila exclusiva está com uma média de tempo de espera bem maior que a fila regular ($6,12 < 14,26$). Embora o número de pessoas nas duas filas seja aproximadamente o mesmo, o tempo de espera é desproporcional, pois, o tempo médio de espera na fila exclusiva é mais que o dobro do tempo de espera da fila regular. Ou seja, mesmo que o caixa exclusivo fique ocioso em média 11,25% do tempo e a probabilidade da fila regular não ter ninguém esperando ser de apenas 2,33%, ainda assim o tempo médio de espera na fila regular é 8 minutos a menos que na fila exclusiva. Um dos motivos é que a fila regular é atendida por 2 caixas todo o tempo e ainda um terceiro caixa ajuda no atendimento apenas da fila regular, fazendo com que a fila não cresça demais. Isso mostra que essa Simulação não está tendo um bom desempenho, principalmente na fila exclusiva.

Neste momento, é possível ver duas medidas que podem melhorar o desempenho do sistema. A primeira delas é fazer o caixa exclusivo atender de forma preferencial, pois durante o tempo que ele estiver vazio ele pode fazer o atendimento na outra fila, diminuindo assim a ociosidade do funcionário e também o tempo médio de espera na fila regular. Claramente essa mudança implicará num melhor desempenho da fila regular e pode piorar o desempenho da fila exclusiva. A segunda medida é os outros caixas atenderem também a fila exclusiva em alguns momentos, tendo em vista que a fila exclusiva possui uma média de tempo de espera pior do que a fila regular, tornando um sistema de atendimento com prioridade sem interrupção. A segunda medida por sua vez é mais ampla,

pois ao invés de todos os outros caixas auxiliarem na fila exclusiva, pode-se pensar em apenas o caixa extra, que abre de acordo com o tamanho da fila regular, auxiliar primeiramente a fila exclusiva de acordo com o tamanho da mesma. Para essa segunda medida muitas possibilidades podem ser analisadas.

Com a validação dos dados coletados e verificação do desempenho do sistema é possível fazer um estudo do comportamento do sistema, considerando os 4 funcionários disponíveis na lotérica. Assim, na próxima seção, é feita uma análise para diferentes configurações de atendimento no sistema, para os impactos no número médio de pessoas no sistema e para o tempo médio gasto por usuário no sistema.

3. REFORMULAÇÕES PROPOSTAS PARA O SISTEMA.

Após os cálculos das medidas de desempenho do sistema atual da lotérica, serão propostas duas modificações no sistema com o objetivo de tentar diminuir um funcionário no atendimento e uma modificação utilizando o quarto funcionário. Cabe lembrar que os valores obtidos na Tabela 3 já garantem que o sistema com 2 atendentes para a fila regular e 1 para a fila exclusiva é inviável, pois a fila regular possui fator de utilização $\rho = 1,07$ o que faz com que o sistema não alcance um ponto de equilíbrio. Logo, sempre que $\rho > 1$ quando o tempo tende para infinito a fila cresce indefinidamente. Deste modo, pode-se tentar mudar algumas propriedades do sistema tentando

Caso 1: 3 caixas servindo as 2 filas com prioridade para a fila preferencial.

O Caso 1, visando utilizar como tempo trabalhado o tempo ocioso do caixa exclusivo, considera os 3 caixas em caixas preferenciais e nenhum exclusivo. Com isso, os 3 caixas priorizam a fila “preferencial”, porém, os 3 caixas atendem a fila regular assim que a fila preferencial estiver vazia. Neste caso, o sistema possui uma taxa de chegada a fila regular $\lambda = 1,05$ e a fila preferencial $\lambda = 0,49$, no entanto, uma mudança é que todos os atendentes servem primeiro os clientes preferenciais. Isso faz com que a fila preferencial esteja sempre muito pequena e a fila regular cresça rapidamente. Nessa Simulação considera-se que os 3 atendentes trabalham a uma taxa de serviço de $\mu = 0,5 \text{ min}$. O fator de utilização (ρ) para essa simulação é de 1,03, o que mostra que a fila regular crescerá indefinidamente nesse caso, devido aos atendentes servirem primeiro todos os clientes preferenciais. Logo, esse caso também não é adequado.

Caso 2: 2 caixas para a fila regular e 1 caixa preferencial.

Este caso é mais uma tentativa de criar um sistema com apenas 3 caixas atendendo as duas filas. Nele o caixa exclusivo se torna um caixa preferencial. O que implica dizer que quando a fila “exclusiva” não tiver clientes aguardando, o atendente da fila exclusiva irá servir a clientes da fila regular. Esse caso é interessante por não fazer os 3 caixas priorizarem a fila preferencial, isso logicamente torna o sistema um pouco mais equilibrado. Neste caso, a probabilidade de haver 0 pessoas na fila preferencial é de 10,91%. Com isso é possível calcular a média de pessoas na fila preferencial que é de $E L = 7,28$.

O mesmo pode ser feito para a fila regular, primeiramente, calcula-se a probabilidade de haver 0 pessoas na fila regular e em seguida, realizar o cálculo do número médio de pessoas no sistema. Ao calcular a probabilidade de 0 pessoas na fila regular obtemos um valor praticamente nulo (próximo de zero). O que com que o número médio de pessoas na fila tenda ao infinito. Isso ocorre, pois, o fator de utilização do sistema da fila regular está próximo 1.

Caso 3: 2 caixas atendendo a fila comum, 1 caixa preferencial e 1 caixa extra atendendo as duas filas.

O Caso 3 visa aperfeiçoar o que ocorre atualmente na lotérica, com o foco na melhoria do tempo de espera, principalmente na fila exclusiva. Neste caso pretende-se apenas mudar a característica que faz o caixa exclusivo atender apenas a fila exclusiva. Este caso busca atender a dois critérios que podem melhorar o sistema. O primeiro critério é a troca do servidor exclusivo por um servidor preferencial, essa medida foi levantada anteriormente e melhora o desempenho da fila regular.

O segundo critério utilizado nesta simulação é fazer o 4º caixa auxiliar a fila regular e também a fila preferencial, priorizando o atendimento da fila preferencial. Logo é uma simulação com 2 caixas servindo a fila regular com taxas $\lambda = 1,05$ e $\mu = 0,50$, 1 caixa preferencial servindo a fila preferencial, que possui taxas $\lambda = 0,49$ e $\mu = 0,55$. O 4º caixa, neste caso, atende primeiramente a fila preferencial, buscando diminuir o tempo médio de espera em fila no sistema atual. Desta forma esse caixa 4 irá atender a fila preferencial sempre que a mesma tiver 6 ou mais pessoas na fila, caso a fila preferencial tiver menos de

6 pessoas em fila, o caixa 4 pode atender a fila regular caso ela tenha mais de 10 pessoas aguardando na fila.

Primeiramente calcula-se a probabilidade de haver 0 pessoas na fila preferencial (P), a fila preferencial possui $\lambda = 0,49$, $\mu = 0,55$ e o caixa 4 possui taxa de $\mu = 0,50$. Com isso o P (probabilidade de ter 0 pessoas na fila preferencial) é 0,1835, ou seja, a probabilidade da fila preferencial estar vazia é de 18,35%. É possível observar um aumento considerável de probabilidade de a fila ficar vazia em relação ao que ocorre atualmente na lotérica, isso se deve ao caixa extra estar atendendo a fila preferencial quando esta tem 6 ou mais pessoas aguardando. Logo, como o caixa da fila preferencial é um caixa preferencial ele irá atender a outra fila sempre que esta estiver vazia, o que acontece com mais frequência neste caso. Como P da fila preferencial é possível calcular o número médio de pessoas na fila, que é de $E(L) = 1,8920$.

Com os dados da fila preferencial é possível calcular os dados da fila regular, lembrando que o caixa extra priorizará primeiramente a fila preferencial, caso na mesma houver mais de 5 pessoas em fila, do contrário ele pode auxiliar a fila regular. Portanto, o caixa extra realizará o atendimento na fila regular apenas se na fila regular houver mais de 10 pessoas aguardando e a fila preferencial menos de 6. Para a fila regular, a probabilidade dessa estar vazia é de $P = 0,0391$. Calculando o número médio de pessoas na fila, obtém-se $E(L) = 5,74$.

Assim, a média de pessoas na fila é de 5,74. A redução da média de pessoas na fila regular em relação ao valor atual foi de 5,89 para 5,74. Porém os resultados obtidos quanto ao tempo de espera na fila preferencial foram mais interessantes, pois, a média de pessoas na fila preferencial passou de 6,95 para 2,78. A Tabela 5 permite a análise dos dados calculados neste caso.

Tabela 5 – Tabela com os dados da Simulação 5, duas filas e 4 caixas atendendo desde o começo do expediente, utilizando teoria de filas e as leis de Little

Fila	λ	μ	P	$E L$	$E(L)$	$E(L)$	ρ	$E W$	$E(W)$
Regular	1,05	0,5	0,04	5,74	2,15	7,88	0,88	5,46	7,51
Exclusiva	0,49	0,55	0,18	1,89	0,89	2,78	0,73	3,87	5,70

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Este estudo mostra que é possível realizar melhorias no sistema observado. Uma observação bastante interessante é que o caixa extra ainda continua realizando algum tipo de serviço interno enquanto não está servindo as filas. A Tabela 6 mostra a probabilidade da fila regular e da fila preferencial possuir um determinado número de pessoas aguardando em fila, que faz com que seja necessário a abertura do caixa 4.

Tabela 6 – Comparação entre o número de pessoas na fila das Simulações 4 e 5

	Sistema atual		Caso 3	
	Caixa Regular	Caixa Exclusivo	Caixa Regular	Caixa Preferencial
<i>P</i>	0,032	0,11	0,04	0,18
<i>P</i>	0,36	0,57	0,51	0,92
<i>P</i>	0,80	0,79	0,88	0,99
<i>E W</i>	6,12	14,26	5,46	3,87

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

A Tabela 6 apresenta uma comparação entre os resultados do sistema atual e do caso 3 para ambas as filas, em que *P* é a probabilidade de ter até 6 pessoas no sistema e *P* é a probabilidade de ter até 12 pessoas no sistema. O caixa extra atende a fila preferencial apenas quando há 6 ou mais pessoas na fila, no entanto, é possível observar na Tabela 6 que, como em 92,24% há 6 pessoas no sistema, uma sendo servida e as outras 5 aguardando, é possível concluir que a probabilidade do caixa extra servir a fila preferencial é de apenas 7,76% do tempo. Com o mesmo raciocínio na fila regular do Caso 3, é possível ver que a probabilidade de haver 10 pessoas na fila regular é de 87,92%, logo a probabilidade do caixa extra estar servindo a fila regular é de 12,08% do tempo, aproximadamente. Uma mudança que faz com que isso aconteça é o fato de o caixa preferencial do Caso 3 servir a fila regular durante o tempo em que tem-se 0 pessoas na fila preferencial. Pois, a probabilidade de no caixa preferencial haver 0 pessoas é de 18,35%, aproximadamente, durante todo esse tempo o caixa preferencial pode servir a fila regular.

O fato de atualmente a fila para atendimento especial ser exclusiva possuir uma média de tempo de espera maior que a fila regular, indica que o sistema precisa de uma revisão para a melhoria deste tipo de atendimento. A Tabela 6 permite fazer algumas comparações sobre a probabilidade de haver 0 pessoas na fila, a probabilidade de haver até 6 pessoas no sistema de fila preferencial e a probabilidade de haver até 12 pessoas no sistema de

atendimento regular. Com essas probabilidades é possível fazer algumas análises.

Observe que a probabilidade de haver até 6 pessoas no sistema da fila exclusiva do sistema atual é de 56,83%, já na Simulação 5 é de 92,24%. Quanto maior for essa probabilidade, melhor, pois menos pessoas esperam no sistema. Outra análise interessante é o tempo de espera na fila $E(W)$ da fila preferencial: antes, no sistema atual, a média desse tempo era 14,26 minutos, já para o Caso 3 está com uma média de 3,87 min.

4. CONCLUSÃO

Neste trabalho, observou-se que as taxas de chegadas e de atendimento do sistema seguem determinada distribuição de probabilidade, para isso realizou-se verificações dos tempos coletados. Utilizou-se os testes de aderência de Kolmogorov-Smirnov, com 5% de significância, para os testes de aderência das taxas de chegada e de serviço. Realizou-se ainda o cálculo do valor p, para o teste para garantir a aderências das distribuições.

Após a validação dos dados coletados, foram exploradas, primeiramente, 2 simulações utilizando apenas 3 caixas para o atendimento de 2 filas, onde foi verificado que 3 caixas no total para o atendimento não são suficientes para uma boa fluidez do sistema. As 2 filas são divididas entre 1 fila regular e uma outra fila que atende apenas clientes “idosos, gestantes, deficientes físicos, com crianças de colo e etc.”. Essa segunda fila, em algumas simulações (assim como na simulação observado do sistema) é uma fila exclusiva e em outras simulações é uma fila preferencial. Foram verificadas as medidas de desempenho da casa lotérica, em que os resultados apresentaram um tempo médio de espera na fila regular menor do que o da fila preferencial, o que naturalmente não é o ideal. Observou-se que a taxa de utilização do sistema está próxima de 90% isso mostra que a taxa de ociosidade é de 10% para dias com fluxo “normal”. Em dias de fluxo mais intenso, onde a taxas de chegada às filas tende a ser maior, é bem provável que ambas as filas tenham um tempo de espera bem elevado, principalmente a fila exclusiva. É bastante provável que as pessoas evitem os dias de maior fluxo de serviço nessa lotérica.

Essas análises permitiram a criação de uma nova proposta de funcionamento que buscou melhorar a média dos tempos de espera de ambas as filas, mas, principalmente da fila exclusiva, pois foi a que apresentou valores bem superiores. O que foi criada a partir dos

resultados da do modelo observado, propôs duas mudanças. Primeira: o caixa exclusivo trabalhar de forma preferencial, atendendo também os clientes da fila regular. Segunda: o caixa extra que auxiliava apenas a fila regular, deve auxiliar primeiramente a fila preferencial sempre que ela tiver mais de 5 pessoas aguardando em fila. Essas mudanças apresentaram resultados satisfatórios, principalmente para os tempos de espera em fila da fila preferencial.

Novas análises podem ser feitas comparando os resultados obtidos entre o sistema atual e a proposta feita, pode-se também, criar uma nova proposta que busque melhorar ainda mais esse sistema. Uma perspectiva interessante para futuras pesquisas é investigar um número (de pessoas na fila regular e um número na fila preferencial) mais adequado para a abertura do 4º caixa. Outra perspectiva pode ser a de fixar o tempo médio de permanência no sistema tanto para a fila regular quanto para a fila preferencial e identificar o momento em que o caixa extra deve iniciar o atendimento nas duas filas.

Um detalhe observado neste trabalho é que quando se visa diminuir o tempo médio de espera na fila pelos clientes em geral, não é interessante trabalhar com caixas exclusivos pelo fato de ele não servir os clientes em momentos que não tem pessoas aguardando na fila regular, ou seja, há um recurso ocioso enquanto o sistema possui clientes que precisam ser atendidos.

Uma perspectiva futura é simular um sistema em função do fluxo da lotérica, em função da hora. Para isso é necessário a coleta de dados em horários diversos durante o dia, onde o número de caixas em funcionamento em cada fila é calculado a partir da demanda no horário. Esse estudo faz bastante sentido, por ser natural, em algumas horas do dia, haver maior movimento do que em outras horas, assim a empresa poderá fazer planejamentos mais elaborados como, por exemplo, revezamento para horário de almoço dos funcionários, buscando momentos em que o sistema não necessite do servidor extra.

Por fim, foi observado que o sistema desta casa lotérica precisa de ajustes, esses ajustes podem otimizar o atendimento e o funcionamento da mesma. Isto reforça a ideia de que é importante análises periódicas do sistema de funcionamento de empresas que prestam atendimento a clientes e que possuem filas. Pode ser que não haja a necessidade de aumentar o quadro de funcionários, apenas, precisa haver uma melhor distribuição das

funções. Uma análise do sistema de filas pode auxiliar muito nesta tomada de decisão.

REFERÊNCIAS

- AMIDANI, L. R.. A teoria das filas aplicada aos serviços bancários. Rev. adm. empres. São Paulo, v.15, n.5, p. 26-38. 1975.
- ARENALES, M. et al. Pesquisa operacional: para cursos de engenharia. Elsevier Brasil, 2015.
- COSTA NETO, P. L. O.; Estatística. São Paulo: Edgard Blücher, 1977.
- ALBANA, A. D.; FREIN, Y.; HAMMAMI, R.. Study of Client Reject Policies under Lead-Time and Price Dependent Demand. [Technical Report] G-SCOP - Laboratoire des sciences pour la conception, l'optimisation et la production. 17. Fev. 2016.
- LIMA, V. C., et al. APLICAÇÃO DA TEORIA DAS FILAS EM SERVIÇOS BANCÁRIOS. Revista Produção Online: Revista Científica Eletrônica De Engenharia De Produção, Florianópolis, v. 16, n. 1, p.210-241
- MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C., Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros. 5ª edição. Tradução e revisão técnica Verônica Calado. Rio de Janeiro: LTC, 2012.
- MORABITO, R.; LIMA, F. C. R. de. Um modelo para analisar o problema de filas em caixas de supermercados: um estudo de caso. Pesquisa-Operacional. Rio de Janeiro. V.20, n.1. p.59-71. 2000.
- SILVA, C. R. N.; MORABITO, R. Aplicação de modelos de redes de filas abertas no planejamento do sistema job-shop de uma planta metal-mecânica. Gestão & Produção, v. 14, n. 2, p. 393-410, 2007.
- PRADO, D. S.. Usando o Arena em simulação. Belo Horizonte (MG): INDG Tecnologia e Serviços Ltda. – 2004.

Capítulo 33

INTEGRAÇÃO DE MÉTODO AMD COM TÉCNICAS GIS PARA CLASSIFICAR ZEIS: UM CASO DE ESTUDO NA CAPITAL DO CEARÁ DA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL

[DOI: 10.37423/200500866](https://doi.org/10.37423/200500866)

Luiz Otavio Ribeiro Afonso Ferreira (FEUC - Faculdade de Economia, Universidade de Coimbra e INESC Coimbra). luiz.ferreira@student.fe.uc.pt

Luís Miguel Alçada Tomás Almeida (FEUC - Faculdade de Economia, Universidade de Coimbra e INESC Coimbra). alcada@fe.uc.pt

Carlos Jorge L. Freitas (ETICE - Empresa de tecnologia da informação do Ceará). cjorge02@gmail.com

Mario Fracalossi Jr. (IPLANFOR - Instituto de Planejamento de Fortaleza). mario.fracalossi@fortaleza.ce.gov.br

RESUMO: Obter o título de propriedade residencial é desejo de muitos brasileiros das regiões carentes da sociedade. Percebendo esta necessidade, o governo preocupa-se na regularização fundiária das zonas especiais de interesse social – ZEIS, através da definição dos parâmetros urbanísticos para cada ZEIS, considerando aspectos quantitativos, qualitativos e julgamentos subjetivos. Este estudo concentra-se na capital do estado do Ceará, sendo à 5ª do Brasil em população, totalizando 2.891.188 habitantes.

Utilizou-se o apoio multicritério à decisão – AMD, como metodologia para auxiliar na tomada de decisão com relação à sequência de intervenções nas ZEIS, integrado ao Sistemas de Informação Geográfica – SIG/GIS. Aplicou-se o método multicritério ELECTRE TRI por influência da integração com o ambiente GIS. Conforme os dados obtidos pelo tomador de decisão, foi possível apresentar de forma incontestável a categoria enquadrada nas ZEIS em duas versões: uma mais e outra menos rigorosa (pessimista, otimista), conforme os critérios e níveis de referência.

PALAVRAS CHAVE: Apoio Multicritério à Decisão, Sistemas de Informação Geográfica, Zonas Especiais de Interesse Social.

Tópicos (ADM –Apoio à Decisão Multicritério, AdP –PO na Administração Pública)

INTRODUÇÃO

Na década de 80, os brasileiros das mais diversas regiões carentes do país, realizaram uma mobilização social para demonstrar o desejo de receber o título de propriedade residencial e logrou-se êxito com o encaminhamento ao congresso constituinte de uma emenda popular pela reforma urbana. Com a inserção do capítulo da política urbana na constituição de 1988 e a vinculação constitucional entre direito de propriedade e sua função social, cujo entendimento da lei é o de que haja a prevalência do interesse comum sobre direito individual de propriedade, isso implica o uso socialmente justo e ambientalmente equilibrado do espaço urbano.

A partir deste momento o plano diretor tornou-se obrigatório para os municípios com mais de 20.000 habitantes, convertendo-se em um valioso instrumento, estabelecendo em quais condições a propriedade urbana deve cumprir a sua função social. Posteriormente, a lei federal de nº 10.257/2001, conhecida como estatuto da cidade, estabeleceu as diretrizes gerais da política urbana a serem seguidas por todos os municípios brasileiros instituindo, entre outras ferramentas, o instrumento jurídico-político das ZEIS. Pretendeu-se, desta forma, facilitar a regularização fundiária e a urbanização de assentamentos da população de baixa renda, mediante normas urbanísticas especiais capazes de integrar os territórios da cidade.

Assim, o zoneamento urbano pode ser um impeditivo para implantação da política de regularização fundiária, motivo pelo qual a legislação municipal deve prever as ZEIS em áreas da cidade que demandem um tratamento especial e prioritário.

A prefeitura municipal de Fortaleza atende à nova ordem legal urbana, através do plano diretor participativo – lei complementar 062 de 02 de fevereiro de 2009, para promover o direito às cidades sustentáveis, segundo [Bezerra et al. 2015].

Este artigo tem por objetivo classificar e realizar uma ordenação das ZEIS de uma forma racional, baseando-se em modelos matemáticos para realizar esta avaliação e integrar com os Sistemas de Informação Geográficas – SIG, apresentando uma sistemática robusta para se trabalhar toda área urbanística com as ZEIS mapeadas. O Apoio Multicritério à Decisão – AMD, é um segmento dentro da área de pesquisa operacional utilizada no meio acadêmico na indústria em geral e nos órgãos governamentais entre outros. Ao lidar com critérios

quantitativos e qualitativos, este método permite que seja levado em consideração a subjetividade inerente ao processo de urbanização, trabalhando a questão de ordenação e classificação das ZEIS.

Para um cidadão adquirir crédito junto aos órgãos de fomento, entre outros, faz-se necessário o registro do imóvel, entretanto, os moradores das Zonas Especiais de Interesse Social não conseguem o título de propriedade por não existirem parâmetros de urbanização definidos junto às prefeituras. Sendo o bairro uma unidade já parametrizada, tenta-se utilizar os mesmos procedimentos para as ZEIS localizadas na região, porém, não é possível ou viável o enquadramento dos mesmos parâmetros. Para tanto, o governo municipal preocupado em resolver esta não conformidade dos parâmetros urbanísticos e atender à lei federal de nº 10.257/2001, resolve através do IPLANFOR – Instituto de Planejamento de Fortaleza – elaborar uma agenda de regulamentação das ZEIS. Esta ação pretende acelerar e viabilizar a emissão dos títulos de propriedade de cada cidadão, logo, o sucesso deste processo depende diretamente do nível de modernização/evolução de cada ZEIS, sendo os principais indicadores do início do processo a causar demora na liberação do título.

O AMD auxiliará a efetuar as comparações necessárias de forma mais lógica, reduzindo os erros inerentes num processo decisório, causados muitas vezes pela falta de tempo hábil para uma análise mais profunda, pelos prazos reduzidos dos projetos, por opiniões e preferências da alta gestão, tornando-se a ferramenta mais adequada de classificação para as ZEIS.

É importante para a organização que as respostas às necessidades aos mais diversos problemas tenham embasamento técnico e forneçam informações para argumentação. A confiabilidade destas informações é que ajudarão os tomadores de decisão a direcionar melhor os recursos.

A utilização da ferramenta de GIS integrada a AMD proporcionará ao processo de decisão uma avaliação sistêmica e flexível, visando reduzir o tempo e a complexidade na avaliação das ZEIS, proporcionando benefícios como a classificação e ordenação das ZEIS.

Na introdução foram apresentados os objetivos da pesquisa. Este trabalho é organizado da seguinte maneira: Revisão bibliográfica, para se obter conhecimento a respeito do AMD para justificar a escolha do método; O método ELECTRE TRI, descrição e integração com o

GIS; Aplicação prática do ELECTRI TRI integrado com QGIS. Para o estudo do método, escolheu-se avaliar as ZEIS de Fortaleza, utilizando dados espaciais coletados pelo PLHISFOR, utilizar ferramenta computacional para integrar GIS com AMD na resolução do problema e a conclusão baseada nos resultados obtidos, bem como propostas futuras.

METODOLOGIA

Para elaboração deste trabalho, primeiramente, foi realizada uma revisão bibliográfica. Esta fase consiste na pesquisa, estudo e compreensão dos métodos AMD e integração com ferramentas GIS disponíveis principalmente em livros, artigos de periódicos e materiais disponibilizados na internet. Tem por objetivo principal gerar conhecimento e embasamento teórico para aplicação prática dirigida ao caso de estudo.

Em seguida, na fase do caso de estudo, seguiremos os procedimentos da figura 1, na elaboração do problema de decisão:

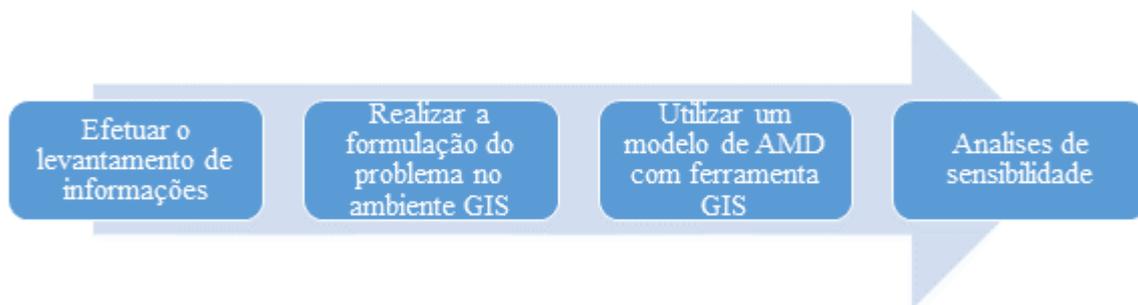


Figura 1: adaptado de [Silva et al. 2014]

Os métodos de classificação comparam as alternativas com valores pré-determinados pelo tomador de decisão, o que normalmente expressa o seu nível de aspiração com relação as alternativas. O método ELECTRE TRI [Yu 1992], é empregado para classificar alternativas ou ações potenciais com níveis de referência estabelecidos previamente para qualificá-las, por exemplo, em muito viáveis, viáveis, pouco viáveis e não viáveis. O GIS está sendo integrado com diversas áreas, inclusive com AMD como ressalta [Silva et al. 2014]. São ferramentas com poderosos recursos computacionais e de fácil acesso, tanto as ferramentas comerciais quanto as de software livre.

Esta parte se dedica à busca de conhecimento que sustentará a elaboração deste artigo. É feita uma revisão sobre AMD: breve histórico, classificação, integração com GIS e justificativa para utilização da solução de integração de AMD e GIS.

APOIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO

A necessidade de enfrentar situações específicas, nas quais um tomador de decisão deveria resolver um problema onde haviam muitos objetivos a serem alcançados de forma simultânea, deu-se a origem dos primeiros métodos de apoio multicritério à decisão – AMD.

Os componentes básicos são um conjunto finito ou infinito de ações, no mínimo dois critérios e um tomador de decisão. Pode ser caracterizado como tomador de decisão, um indivíduo ou um grupo de indivíduos, que tomam a decisão de acordo com suas preferências ou desempenho das alternativas ou ambos os casos; decisão é um processo que permite a escolha de uma ou mais alternativas dentre todas apresentadas e a alternativa é uma das possibilidades que compõem o objeto da decisão, qualificada como potencial quando existe algum interesse no âmbito do processo decisório ou quando esta pode ser implementada e pode ser identificada no início ou no decorrer do processo.

Conforme [Gomes et al. 2012], os elementos básicos de um problema de decisão multicritério são: Tomador de decisão, Analista/Agente de decisão, Especialistas, Pessoas afetadas pela decisão, Modelo, Alternativas, Critérios.

Em muitos problemas, as funções das pessoas envolvidas numa questão de decisão se confundem, pois o agente de decisão pode ser um especialista e este, além do conhecimento específico numa área pode ser também um tomador de decisão.

Segundo [Bana et al. 1995] , em um sistema aberto, composto pelos atores, seus valores e seus objetivos, a tomada de decisão deve buscar a opção que apresente o melhor resultado e a as suas disponibilidades em adotá-la, considerando a relação entre elementos objetivos e subjetivos.

De acordo com [Gomes et al. 2012], existem quatro tipos de problemática de referência na qual pode-se identificar o tipo de problema no contexto do AMD: Escolha, Classificação (sorting), Ordenação (ranking) e Descrição. São quatro as situações fundamentais e mutuamente excludentes das preferências do tomador de decisão: Indiferença (I),

Preferência Estrita (P), Preferência fraca (Q) e Incomparabilidade (R ou RC), o autor ainda complementa com relação a estrutura de preferência, tem-se: Ordem completa, Pré-ordem completa, Quase-ordem e Ordem de intervalo, Pré-ordem parcial, Pseudo-ordem.

Alguns autores demonstram suas classificações para os métodos de AMD (ver tabela 1).

Nº	[Almeida 2013]	[Pardalos et al. 1995]	[Gomes et al. 2012]	[Vincke 1992]
1	Método de Critério Único;	Programação Matemática Multiobjetivo;	Primeiro Grupo a) Escola Americana; b) Escola Francesa; c) Métodos Iterativos; d) Híbrida; e) Outras Escolas.	Teoria de Utilidade Multiatributo;
2	Método de Sobreclassificação (Outranking, Surclassment); superação, prevalência ou subordinação;	Teoria da Utilidade Multiatributo (MAUT);	Segundo grupo;	Os Métodos de Subordinação;
3	Métodos Iterativos.	Método de Sobreclassificação (outranking); superação, prevalência ou subordinação;	Terceiro Grupo.	Os Métodos Iterativos.
4		Abordagem de Desagregação de Preferências.		

Tabela 1

Os principais métodos de AMD são: MAUT [Keeney and Raiffa 1993], SMART [Edwards and Barron 1994], AHP (Saaty), MACBETH [Bana et al. 1995], PROMÉTHEÉ [Brans and Vincke 1985], TODIM [Gomes and Others 2009], UTADIS [Devaud et al. 1980] e métodos ELECTRE [Bouyssou and Roy 1993].

Para completar o assunto, temos os tipos de critérios utilizados no AMD: Critérios verdadeiros, semi-critério, critério de um intervalo e pseudo-critério. Os métodos de superação também podem ser chamados de sobreclassificação, prevalência ou sub

MÉTODO ELECTRE TRI

O Método ELECTRE TRI caracteriza-se por tratar de problemas específicos de classificação ordenada. Ou seja: dado um conjunto A de alternativas, associá-las a um conjunto de classes ordenadas $C = [C_1, C_2, \dots, C_n]$.

Isso é feito considerando o desempenho de A à luz de um conjunto de critérios $F = [g_1, g_2, \dots, g_m]$. Um conjunto formado por $(p+1)$ classes, delimitadas por p limites de classes. Uma classe genérica Ch é delimitada por um limite inferior bh e um limite superior $bh-1$.

Segundo [Yu 1992] e [Mousseau et al. 2000], esse método integra funções que dão suporte ao tomador de decisão no processo de preferência e reduzem o esforço cognitivo requerido na fase de modelagem.

RELAÇÃO DE SUBORDINAÇÃO NO ELECTRE TRI

A relação de subordinação é construída para tornar possível a comparação de uma alternativa a com um limite padrão b_h . A afirmação de que aSb_h , significa que “ a não tem um desempenho pior do que o limite b_h ”.

Na validação da afirmação aSb_h devem-se verificar duas condições:

- Concordância: para que aSb_h (ou b_hSa) seja aceita, uma maioria suficiente de critérios deve ser a favor desta afirmação.
- Não-discordância: quando na condição de concordância esperada, nenhum dos critérios na minoria deve se opor à afirmação aSb_h (ou b_hSa).
- Os seguintes passos são seguidos na obtenção da relação de subordinação:
 - Computar o índice de concordância parcial $c_j(a, b_h)$ e $c_j(b_h, a)$,
 - Computar o índice de concordância global $c(a, b_h)$,
 - Computar o índice de discordância parcial $d_j(a, b_h)$ e $d_j(b_h, a)$,
 - Computar a relação de subordinação fuzzy conforme o índice de credibilidade $\sigma(a, b_h)$,
 - Determinar um plano de corte λ , referente a relação fuzzy para obter uma relação de subordinação. Isto é: se $\sigma(a, b_h) \geq \lambda \Rightarrow aSb_h$

O grau de credibilidade da relação de subordinação $\sigma(a, b_h)$ expressa com que intensidade se pode “acreditar” que “ a subordina b_h ” de acordo com o índice de concordância global $c_j(a, b_h)$ e com o índice de discordância $d_j(a, b_h)$.

A relação de subordinação fuzzy S é obtida com base em um nível de corte λ . Esse nível é considerado como o menor valor do índice de credibilidade compatível com a afirmação de que “ a subordina b_h ”. Isto é: aSb_h se e somente se $\sigma(a, b_h) \geq \lambda$.

PROCEDIMENTOS DE CLASSIFICAÇÃO

O ELECTRE TRI classifica as alternativas seguindo dois passos consecutivos: construção de uma relação de subordinação S , que caracteriza como as alternativas são comparadas aos limites das classes; e, exploração (através de procedimentos de classificação) da relação S .

A regra do procedimento de exploração é realizada para analisar o modo em que uma alternativa a é comparada com os limites padrão determinados para a classe na qual a deve ser enquadrada. Dois procedimentos de classificação são avaliados.

O procedimento de classificação descendente é descrito a seguir:

- Compare a sucessivamente com b_i , para $i = p, p - 1, \dots, 1$.
- Encontre um b_h que seja o primeiro limite tal que $a \leq b_h$
- Classifique a na classe $Ch+1$. Ou seja: na Classe limitada inferiormente pelo limite b_h .
- O procedimento de classificação ascendente é descrito a seguir:
- Compare a sucessivamente com b_i , $i = 1, 2, \dots, p$.
- Encontre o primeiro b_h para o qual $b_h > a$
- Classifique a na classe limitada superiormente por este limite. Ou seja: classifique a na classe Ch .

Sendo estes dois procedimentos diferentes, conseqüentemente, pode ocorrer a classificação de algumas alternativas em diferentes classes, pois: o procedimento otimista tende a classificar as alternativas em classes mais altas; o procedimento pessimista tende a classificar as alternativas nas categorias mais baixas.

No caso do ELECTRE TRI, uma divergência entre estas classificações indica uma incapacidade do sistema em comparar a alternativa a a algum dos perfis das classes de equivalência utilizadas.

Tradicionalmente, considera-se que essa incapacidade pode ser causada tanto por incoerência do avaliador, quanto do modelo de classificação (incluindo o conjunto de critérios) ou pelo sistema de coleta de dados. A divergência das classificações é comum em situações em que haja critérios conflitantes (por exemplo: qualidade e tempo), sendo neste caso inerente ao problema e não devendo ser considerada como uma falha na modelagem.

Assim, quando ocorre divergência entre as classificações pessimista e otimista, o classificador deve adotar uma das duas classificações de acordo com o seu perfil: (mais exigente ou menos exigente). Para futuros detalhes do conceito e do algoritmo deste método, veja [Yu 1992], [Bouyssou and Roy 1993], [Bouyssou and Roy 1993], [Mousseau and Dias 2004] e [Figueira et al. 2005, 2010].

CASO DE ESTUDO

A região metropolitana de Fortaleza é composta por 15 municípios (ver mapa 1), inserida nesta região metropolitana está a cidade de Fortaleza, caso de estudo. O prefeito da cidade tem realizado um trabalho de levantamento e cadastro dos dados pertinentes as ZEIS, através do PLHISFOR – Plano Local de Habitação de Interesse Social de Fortaleza e a base de dados foi disponibilizada pelo IPLANFOR – Instituto de Planejamento de Fortaleza, possuindo 127 registros sobre as ZEIS, estes registros estão no formato espacial e representado através de polígonos (ver mapa 2). Este mapa, apresenta as principais vias em conjunto das ZEIS, delimitada pela área da cidade de Fortaleza e apresenta uma divisão estrutural de seis secretarias regionais e mais uma centro.

Região Metropolitana de Fortaleza



Mapa 1

Cidade de Fortaleza

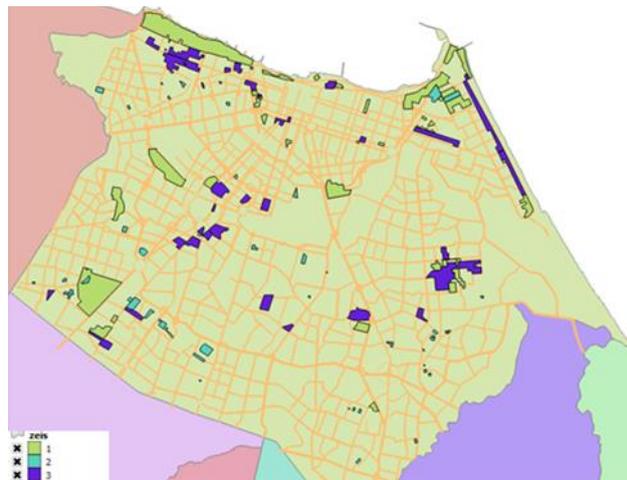


Mapa 2

A localização geográfica das ZEIS (ver mapa 3) e a lista de atributos disponibilizados no banco de dados do IPLANFOR (ver tabela 2). Diante dos atributos disponibilizados, foram selecionados 7 (sete) que serviram como critérios do caso de estudo. Os atributos selecionados são: (área_m2, densidade, num_imov, renda_med, dom_munic, dom_partic, a_vazios), considerados como critérios: (Área, Densidade, Número de Imóveis, Renda, Domínio Municipal, Domínio Particular, Área Vazias). Estes critérios serão abordados neste estudo.

As ZEIS são classificadas em 3 (três) tipologias instituídas no Plano Diretor, ou seja, as 45 (quarenta e cinco) ZEIS 1 (ZEIS de Ocupação), as 56 (cinquenta e seis) ZEIS 2 (ZEIS de Conjuntos, Mutirões e Loteamentos irregulares) e as 34 (trinta e quatro) ZEIS 3 (ZEIS de Vazio).

ZEIS da cidade de Fortaleza



Mapa 3

A equipe de Tecnologia de Informação e Comunicação – TIC do IPLANFOR, realizou um trabalho conjunto com os órgãos internos e externos da prefeitura municipal de Fortaleza e disponibilizou os dados para o caso de estudo. A tabela 2 demonstra todos os atributos da base de dados.

Critérios

Nome	Órgão de Origem	Usado Por	Formato Original
zeis	PLHSFOR	vw zeis_fm	PostgreSQL
Estrutura			
Nome do Campo	Formato dos Dados	Informação	
gid	integer	Identificador	
name	character varying(254)	Nome da zeis	
zeis	character varying(1)	Tipo de zeis (só número)	
tipo	character varying(254)	Tipo de zeis	
cod	character varying(254)	Código PLHS	
regional	character varying(254)	Regional	
area_m2	character varying(254)	Área	
popul_ass	character varying(254)	População do assentamento	
qtd_ass	character varying(254)	Quantidade de assentamentos	
popul_zeis	character varying(254)	População da zeis	
num_imov	character varying(254)	Número de imóveis	
densidade	character varying(254)	Densidade populacional na zeis	
renda_med	character varying(254)	Renda média dos moradores	
dom_munic	character varying(254)	Área de domínio municipal	
dom_estado	character varying(254)	Área de domínio estadual	
dom_uniao	character varying(254)	Área de domínio federal	
dom_partic	character varying(254)	Área de domínio particular	
dom_religi	character varying(254)	Área de domínio de organizações religiosas	
dom_seminf	character varying(254)	Área sem informação de domínio	
a_vazios	character varying(254)	Área Vazios	
uh_horizon	character varying(254)	Unidades Habitacionais Horizontais	
uh_vertica	character varying(254)	Unidades Habitacionais Verticais	
obs	character varying(254)	Observações	
geom	geometry(MultiPolygon,31984)	Geometria	

Tabela 2

O governo municipal demonstrou interesse em realizar o caso de estudo para classificar / ordenar as ZEIS com o intuito de conceber os parâmetros de urbanização e realizar a tomada de decisão quanto à ZEIS que serão estudadas conforme apresentação da classificação nas

categorias.

ELICITAÇÃO DOS PARÂMETROS

As preferências do tomador de decisão foram obtidas de forma verbal [Dias et al. 2002], para a utilização do método ELECTRE TRI neste trabalho de classificar as alternativas conforme as categorias predefinidas, são categorizadas da seguinte maneira: Categoria 1 – Baixa adequação, Categoria 2 – Média adequação, 3 – Moderada adequação e Categoria 4 – Alta adequação.

O método avaliará a adequação de acordo com os múltiplos critérios considerados pela comparação de cada profile das categorias, a fim de classificar as ZEIS mais adequadas para os estudos dos parâmetros urbanísticos, com os valores dos parâmetros subjetivos sendo especificado por especialistas, legislação e outros estudos.

Os parâmetros subjetivos mais importantes são compostos por três perfis de referência (B1, B2 e B3). O parâmetro B3 de referência define o conjunto de valores dos critérios de desempenho que separam a adequação moderada da alta, o B2 de referência define o conjunto de valores dos critérios de desempenho que separam a adequação média da moderada, enquanto o B1 define os limites de referência que separam a adequação Baixa da Média.

Outros parâmetros subjetivos são: os três limiares indiferença, preferência e veto, que podem ser associados a cada critério e estes parâmetros foram todos considerados iguais pelo tomador de decisão, entretanto, o parâmetro pesos foi preferido de acordo com a tabela 3.

Os critérios considerados estão presentes na tabela 3.

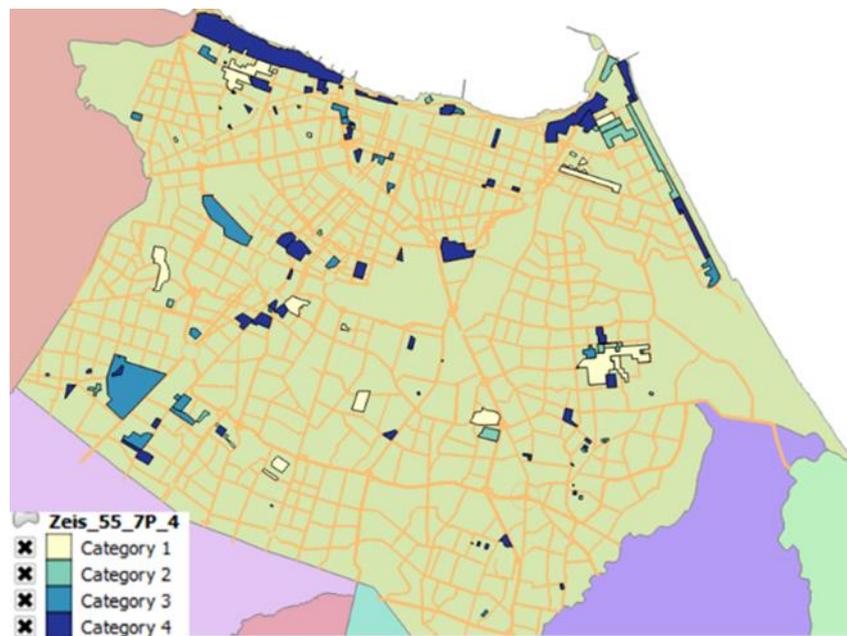
Critérios	Área	Densidade	Domínio Particular	Domínio Municipal	Número de Imóveis	Renda	Área Vazias	
Custo	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Max	
Unidade	M ²	Hab/M ²	M ²	M ²	Unitário	Salário	M ²	
Pesos	5	20	5	35	15	10	10	
Classes	b ₁	100000	0,02	50000	600	1200	2,5	1000
	b ₂	60000	0,03	30000	5300	750	3,0	8000
	b ₃	20000	0,04	10000	10001	300	3,5	15000
Nível de corte	0,55							
Indiferença	5	5	5	5	5	5	5	
Preferencia	15	15	15	15	15	15	15	
Veto	20	20	20	20	20	20	20	
Tabela 3								

Foi utilizado o servidor de algoritmos [Alçada-Almeida 2013] para obtenção dos resultados das categorias e o aplicativo QGIS [QGIS Development Team 2013], para exibir os mapas.

ANÁLISES DE SENSIBILIDADE

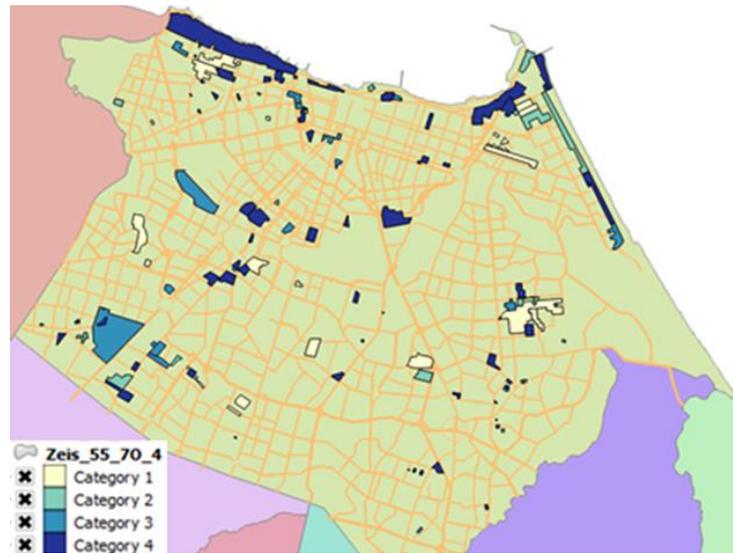
Começamos a utilização do método por aplicar a classificação dos polígonos para os dois cenários Otimista e Pessimista. Se os resultados obtidos na classificação são os mesmos em ambos os cenários, isto significa que podemos utilizar estes locais na categoria particular, e assim a sua classificação é obtida independentemente da localização da ZEIS dentro deste local adequado. No final, as alternativas mais adequadas são identificadas nos mapas (4 e 5).

Pessimista



Mapa 4

Otimista



Mapa 5

Foram detectadas 4 ZEIS mudando de categoria do cenário pessimista para otimista.

CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou uma abordagem multicritério para a classificação das ZEIS. Os resultados obtidos demonstram que esta é uma alternativa que pode ser considerada no tratamento deste tipo de problema. Este trabalho torna-se inédito no Brasil e com impacto social elevado para as comunidades mais carentes do nosso país. Esta é a contribuição central do presente trabalho.

Os dados utilizados na construção da aplicação aqui reportada foram obtidos de forma direta junto ao especialista no problema abordado, após a extensa leitura do valioso trabalho realizado pelo órgão competente. No entanto, mesmo com estas características, trata-se de uma modelagem particular e, sendo assim, ressalta-se, que os resultados são particulares e não devem ser extrapolados para situações distintas da investigada. O ponto a ser destacado é que a opção pelo ELECTRE TRI, em detrimento do emprego de outros métodos multicritérios deve-se ao fato de que este é um método nativo para o tratamento de classificação ordenada.

No futuro esta pesquisa poderá expandir para aplicação de outros problemas reais, em outros contextos. Esta metodologia pode ser expandida para o domínio de tomada de decisão em grupos por considerar a opinião de grupos mais diversificada. Como apresentado em [Silva et al. 2014] a limitação da linguagem no ambiente comercial,

podemos construir ou reprogramar em outras linguagens de desenvolvimento de aplicações em ambiente com informações espaciais.

BIBLIOGRAFIA

Alçada-Almeida, L. (2013). webapp Matrix. <http://mad.dec.uc.pt/accounts/register/>, [accessed on Apr 19].

Almeida, A. T. De (2013). Processo de Decisão nas Organizações: Construindo modelos de decisão multicritério.

Bana, E., Costa, C. A. and Vansnick, J. C. (1995). Uma nova abordagem ao problema de construção de uma função de valor cardinal: MACBETH. *Investigação operacional*, v. 15, p. 15–35.

Bezerra, R. C. R., Lucena, G., Santana, E. W. De, Fracalossi, M. and Perdigão, L. de M. M. e S. (2015). Relatório das zeis.

Bouyssou, D. and Roy, B. (1993). Aide multicritere a la decision: Methodes et cas,,,. *Economica*, Paris,

Brans, J.-P. and Vincke, P. (1985). Note—A Preference Ranking Organisation Method: (The PROMETHEE Method for Multiple Criteria Decision-Making). *Management science*, v. 31, n. 6, p. 647–656.

Devaud, J. M., Groussaud, G. and Jacquet-Lagrece, E. (1980). UTADIS: Une méthode de construction de fonctions d'utilité additives rendant compte de jugements globaux. European Working Group on Multicriteria Decision Aid, Bochum,

Dias, L., Mousseau, V., Figueira, J. and Clímaco, J. (2002). An aggregation/disaggregation approach to obtain robust conclusions with ELECTRE TRI. *European Journal of Operational Research*, v. 138, n. 2, p. 332–348.

Edwards, W. and Barron, F. H. (1994). SMARTS and SMARTER: Improved simple methods for multiattribute utility measurement. *Organizational behavior and human decision processes*, v. 60, n. 3, p. 306–325.

Figueira, J., Greco, S. and Ehrgott, M. (2005). Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys. Springer Science & Business Media. v. 78

Figueira, J. R., Greco, S., Roy, B. and Slowinski, R. (2010). ELECTRE methods: main features and recent developments. *Handbook of multicriteria analysis*. Springer. p. 51–89.

Gomes, L. F. A. M., Gomes, C. F. S. and De Almeida, A. T. (2012). Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério. 4. ed. - S ed. Atlas.

Gomes, L. F. A. M. and Others (2009). An application of the TODIM method to the multicriteria rental evaluation of residential properties. *European Journal of Operational Research*, v. 193, n. 1, p. 204–211.

Keeney, R. L. and Raiffa, H. (1993). *Decisions with multiple objectives: preferences and value trade-offs*. Cambridge university press.

Mousseau, V. and Dias, L. (2004). Valued outranking relations in ELECTRE providing manageable disaggregation procedures. *European Journal of Operational Research*, v. 156, n. 2, p. 467–482.

Mousseau, V., Slowinski, R. and Zielniewicz, P. (2000). A user-oriented implementation of the ELECTRE-TRI method integrating preference elicitation support. *Computers & operations research*, v. 27, n. 7, p. 757–777.

Pardalos, P. M., Siskos, Y. and Zopounidis, C. (1995). *Advances in Multicriteria Analysis*. Springer US.

QGIS Development Team (2013). *QGIS User Guide Release 1.8.0*. QGIS Project, p. 267.

Silva, S., Alçada-Almeida, L. and Dias, L. C. (oct 2014). Development of a Web-based Multi-criteria Spatial Decision Support System for the assessment of environmental sustainability of dairy farms. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 108, p. 46–57.

Vincke, P. (1992). *Multicriteria decision-aid*. John Wiley & Sons.

Yu, W. (1992). *ELECTRE TRI(aspects méthodologiques et manuel d'utilisation)*. Document-Université de Paris-Dauphine, LAMSADE,

Capítulo 34

AVALIAÇÃO DA IMPORTÂNCIA DOS INDICADORES DE DESEMPENHO DA LOGÍSTICA REVERSA NA INDÚSTRIA DE CALÇADOS

[DOI: 10.37423/200500871](https://doi.org/10.37423/200500871)

José Leonardo da Silveira Guimarães - leonardo.guimaraes@urca.br

Valério Antonio Pamplona Salomon - salomon@feg.unesp.br

RESUMO: A logística reversa (LR) busca viabilizar o retorno de bens de consumo, ou de seus materiais constituintes, ao ciclo produtivo. Os principais motivadores da LR são fatores econômicos, de serviço ao cliente, legal, cidadania corporativa e, imagem corporativa. A avaliação de práticas de LR envolve, portanto, múltiplos aspectos inter-relacionados: legislação ambiental, tecnologia, custos, relações externas etc. A falta de sistemas gerencias informatizados disponíveis, dificuldade em mensurar o impacto dos retornos de produtos ou materiais, assim como o não reconhecimento da necessidade de controlá-los adequadamente, limitam a prática da LR nas empresas. Este artigo tem por objetivo apresentar uma avaliação das prioridades dos indicadores de logística reversa em uma indústria calçadista de pequeno porte do Cariri cearense. Foi utilizado um modelo de gerenciamento da LR que aplica o Analytic Network Process.

PALAVRAS CHAVE: Apoio à Decisão Multicritério, Logística Reversa, Analytic Network Process.



1. INTRODUÇÃO

Nas últimas quatro décadas, a partir da verificação de limites para o desenvolvimento econômico, as questões ambientais ganharam destaque e, termos como reciclagem, reutilização, redução de consumo de recursos, responsabilidade ambiental e fabricação de produtos verdes entraram na pauta de discussões (BRITO; DEKKER, 2002). Ao mesmo tempo, a necessidade de competitividade na disputa pelo mercado requer das empresas maior variedade de produtos, com inovações frequentes e com ciclo de vida menores (pela inclusão de novos materiais, à obsolescência planejada etc.), aumentando a quantidade de materiais descartados (LEITE, 2000).

A legislação tem exigido maiores esforços para recuperação ou disposição final adequadas de materiais descartados ou resíduos. Por outro lado, a busca de recuperação de valor desses materiais, assim como questões estratégicas, de marketing e impostas pela concorrência, requerem, das empresas, a melhoria das suas políticas de retorno (BRITO; DEKKER, 2002).

Neste sentido, a logística reversa (LR) pode contribuir, estratégica e operacionalmente, com a recaptura de valor econômico, agregando valor de prestação de serviços, para obedecer às legislações, mitigar riscos ou reforçar a imagem empresarial (LEITE, 2009). Frente a desafios, relacionados à globalização e sustentabilidade, a LR torna-se uma importante área de interesse, sendo as razões que podem conduzir uma empresa a implementar um sistema de LR: legais(forçadas), econômicas, ou comerciais (LAMBERT; RIOPEL; ABDUL-KADER, 2011).

A LR, como uma área funcional precisa ser planejada, avaliada e controlada. No entanto, apesar da importância dos fluxos reversos para o desempenho empresarial, o gerenciamento da LR é um aspecto limitado na maioria das empresas, por motivos que podem incluir desde a falta de sistemas gerencias informatizados disponíveis, à dificuldade em mensurar o impacto dos retornos de produtos e/ou materiais, assim como o não reconhecimento, pelas empresas, da necessidade de controlá-los adequadamente. Deve-se considerar ainda, que a avaliação de indicadores de desempenho de LR envolve múltiplos fatores inter-relacionados: legislação ambiental, tecnologias, custo, relações externas etc. (HERNÁNDEZ; MARINS; SALOMON, 2011).

Este artigo apresenta uma avaliação dos indicadores de desempenho de logística reversa em uma pequena empresa do polo calçadista do Cariri cearense. Para isso será utilizado, o modelo de gerenciamento da LR proposto por Hernández (2010), que tem por objetivo o desempenho empresarial sustentável, analisando aspectos econômicos, sociais e ambientais. Nesse modelo, um método de tomada de decisão multicritério é aplicado: o Analytic Network Process (ANP). Pois, o ANP permite avaliar relações de dependência ou de influência existentes. Desta forma, pretende-se identificar a ordem de prioridade entre indicadores de desempenho considerados no modelo de Hernández (2010), relacionados às características das indústrias do referido polo.

A indústria de calçados faz parte das indústrias chamadas tradicionais, pois, utiliza mão de obra intensiva, podendo, também, apresentar traços artesanais em sua produção. A interação na cadeia de suprimentos calçadista, assim como os processos produtivos, está fortemente relacionada ao tipo de material utilizado: injetados, sintéticos, couro e têxtil (GUIDOLIN, COSTA e ROCHA, 2010).

A indústria calçadista cearense tem uma particularidade bastante diferente dos outros polos calçadistas brasileiros. Enquanto esses têm como principal matéria-prima o couro bovino, os calçados produzidos no Ceará, e especificamente no cluster calçadista localizado na região do Cariri cearense, onde estima-se haver mais de 200 fábricas instaladas, caracteriza-se por produzir, principalmente, artigos cuja matéria-prima principal é derivada do petróleo (LEITE, 2008).

A indústria calçadista cearense está entre os principais responsáveis pelo aumento da produção e geração de emprego no Estado do Ceará (FIEC, 2013).

Assim, justifica-se a realização deste trabalho pela importância socioeconômica da indústria calçadista e, pelo estudo da logística reversa em clusters industriais.

O artigo está organizado da seguinte forma: a Seção 2 aborda os conceitos relacionados à LR; a Seção 3 trata dos conceitos fundamentais relacionados ao ANP; a Seção 4 apresenta o método utilizado; a Seção 5 trata dos resultados e sua discussão e, a Seção 6 apresenta as conclusões do trabalho.

2. LOGÍSTICA REVERSA

A LR tem por objetivo viabilizar o retorno de bens de consumo ou de seus materiais constituintes ao ciclo produtivo ou de negócios, agregando valor econômico, de serviço, ecológico, legal e de localização (LEITE, 2009). Ao longo da década de 1980, a LR foi definida como o movimento do material contra o fluxo principal, a partir do cliente para o produtor (ROGERS & TIBBEN-LEMBKE, 2001), passando, posteriormente, a receber uma definição mais complexa.

Enquanto Stock (1998) define LR como a área da logística que trata do retorno de produtos, redução na fonte, reciclagem, substituição ou reuso de materiais, reparo, remanufatura e reforma de bens retornados e disposição adequada de resíduos, Rogers e Tibben-Lembke (1998) definem como o processo de planejamento, implementação e controle do fluxo eficiente e econômico de matérias-primas, material em processo, produtos acabados, e informações relacionadas, do ponto de consumo ao ponto de origem, com o objetivo de recapturar valor ou dar disposição adequada.

Ao mesmo tempo, enquanto Fuller e Allen (1995) abordam os canais reversos relacionando a produtos recicláveis de pós-consumo, Leite e Brito (2005) destacam o fluxo de retorno dos bens de pós-venda (devolvidos devido ao fim da validade, estoques excessivos, problemas de qualidade etc.).

A Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e, que impõe responsabilidades ao estado, instituições e população, em seu Artigo 3o, inciso XII, define LR como:

Instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010).

Os principais motivos de retorno, que estabelecem a diferença fundamental para a destinação final dos produtos, estão relacionados a mercados primário e secundário, conserto, remanufatura, desmanche, reciclagem, aterro sanitário e incineração (HERNÁNDEZ, 2010).

Um aspecto discutido na literatura, diz respeito aos direcionadores (drivers) da LR, que podem ser ambientais, legais e tecnológicos (KOPICKI et al. 1993), econômicos, legais e de responsabilidade social (STOCK, 1998), de cidadania corporativa, obrigações legais e de motivação econômica (ROGERS E TIBBEN-LEMBKE, 1998; BRITO E DEKKER, 2002).

De acordo com Leite (2006), os direcionadores relacionados à logística reversa podem ser agrupados em: econômicos, serviço ao cliente, legal, cidadania corporativa e, imagem corporativa.

Considerando essa classificação, Hernández (2010) define os seguintes programas: econômico (PE), que visa algum tipo de lucro ou resultado financeiro; de imagem (PI), que visa proteger ou reforçar a imagem empresarial demonstrando preocupação com o meio ambiente; de cidadania (PC), que visa responder a algum tipo de solicitação social como o exercício voluntário de responsabilidade social e corporativa; legais (PL), realizado por força de lei existente.

Tendo em vista as lacunas apontadas na literatura sobre estudos necessários ao tema como: fatores relacionados a organização e eficiência, impacto na competitividade ou desempenho empresarial, uso de ferramentas que auxiliem na tomada de decisão e que possibilitem avaliar a eficiência dos programas e, inclusão de indicadores de sustentabilidade, Hernández (2010) propõe um modelo de gerenciamento de logística reversa integrado às questões estratégicas (explicado na seção 4.2), considerado de caráter sistêmico e oferecendo potencialidades como guia para avaliação de desempenho.

3. ANALYTIC NETWORK PROCESS - ANP

A tomada de decisão multicritério (Multiple Criteria Decision Making – MCDM), segundo a International Society on MCDM (2014), trata dos métodos e procedimentos direcionados à tomada de decisão na presença de critérios conflitantes. A MCDM auxilia na análise de ações ou alternativas com base em fatores/critérios intangíveis, usando regras de decisão para agregar e classificar esses critérios ou alternativas (GREENE et al., 2011).

Há, na literatura, uma divisão dos métodos de tomada de decisão multicritérios - MCDM's, em: métodos multiobjetivo (Multi-Objective Decision Making – MODM) e, métodos multiatributo (Multi-Attribute Decision Making - MADM), tendo como diferença o fato que

estes últimos têm um espaço de decisão discreto (TRIANAPHYLLOU et al., 1998). Neste artigo, o termo MCDM é utilizado para tratar dos métodos MADM ou MAD, entre os quais: AHP, ANP, ELECTRE, MACBETH, MAUT, PROMETEE (FIGUEIRA; GRECO; EHRGOTT, 2005).

O ANP, cujos fundamentos vêm sendo elaborados e divulgados por Thomas Saaty a partir de 1980, tem como base o Analytic Hierarchy Process – AHP (SAATY; VARGAS, 2006). O ANP é uma generalização do AHP com a possibilidade de se analisar as dependências entre os critérios e as influências entre as alternativas (HERNÁNDEZ; MARINS; SALOMON, 2011). O AHP torna-se um caso especial do ANP, quando não há tais dependências/influências (SAATY, 1999).

O AHP é estruturado segundo uma hierarquia linear, como apresentado na Figura 1 (que mostra uma estrutura hierárquica top-down com quatro níveis).

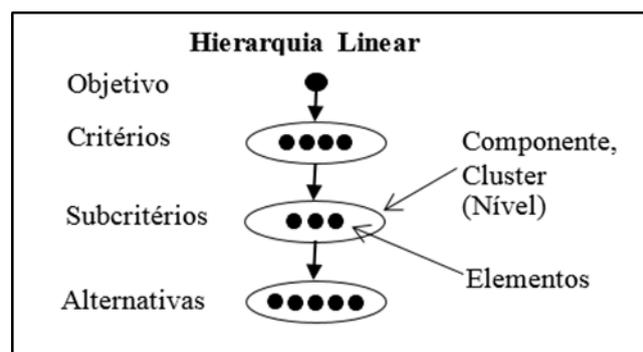


Figura 1: Hierarquia Linear do Analytic Hierarchy Process – AHP

Fonte: Adaptado de Saaty (2008a)

Duas características do AHP são destacadas por Salomon (2010), a primeira com respeito ao sentido de relação na hierarquia, de cima para baixo, que se relaciona à forma de atribuição de valores, pois os elementos de um nível hierárquico são comparados tomando como base os elementos do nível superior; a segunda é a consideração de independência entre os elementos em um mesmo nível, assumindo-se que os elementos de um mesmo grupo não se influenciam.

Por outro lado, no ANP não só a importância dos critérios influencia a importância das alternativas, mas também a importância das alternativas pode influenciar na importância dos critérios. Para considerar esses aspectos, no ANP é utilizada uma estrutura em rede com ciclos de retorno (Feedback Network), como exemplificado na Figura 2.

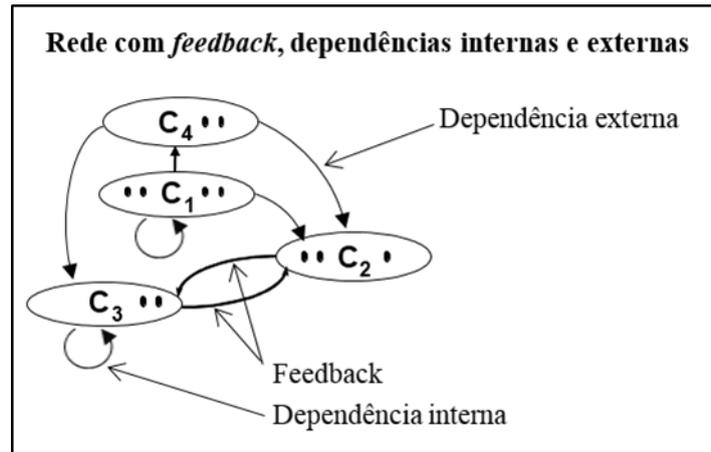


Figura 2: A estrutura em rede do ANP

Fonte: Adaptado de Saaty (2008a)

Observa-se na Figura 2 as relações de dependência externa entre os elementos C4-C2, C4-C3, C1-C4 e C1-C2, de dependência interna entre os elementos do cluster C1 e do cluster C3 e, de feedback entre os cluster C2 e C3. O Feedback permite levar o futuro para o presente para determinar o que fazer para atingir um futuro desejado (SAATY, 2008a).

O AHP tem grande variedade de aplicação, sendo um dos métodos mais difundidos e aplicados em tomada de decisão envolvendo complexidade e subjetividade (SHIMIZU, 2006). Tem grande aplicação em planejamento, seleção de melhor alternativa, alocação de recursos, resolução de conflitos etc. e, principalmente quando se considera ambos fatores qualitativos e quantitativos (SUBRAMANIAN; RAMANATHAN, 2012). Também, uma das principais vantagens do AHP/ANP sobre outros métodos é a avaliação de fatores intangíveis de forma numérica, utilizando a escala fundamental (SAATY, 2008b).

De acordo com Salomon (2010), a aplicação do AHP, assim como a maioria dos métodos discretos de MCDM, consiste de três etapas: identificar critérios e alternativas de decisão, atribuir valores de importância e desempenho para os critérios e alternativas respectivamente e, síntese dos resultados. As três principais operações na aplicação do AHP são: a construção da hierarquia, a análise das prioridades (construção da(s) matriz(es) de decisão, julgamento par a par e cálculo das prioridades) e verificação da consistência dos julgamentos nas comparações, para, finalmente, concluir com a definição do ranking de prioridades (HO, 2008).

Os valores de prioridade dos elementos da matriz de decisão são obtidos através do cálculo do autovetor direito w , de acordo com $A w = \lambda w$. Nesta equação, λ é o autovalor máximo e A é uma matriz recíproca positiva, ou seja, $a_{ij} = 1/a_{ji}$ e $a_{ij} > 0, \forall i, j = 1, 2, \dots, n$, sendo n a ordem da matriz A (SAATY, 2003). A consistência, ou coerência conforme Salomon (2010), é verificada através do índice CR (Consistency Ratio), $CR = (\lambda - n)/(n - 1)RI$, onde RI é o índice de consistência aleatória (Random Consistency Index). Uma matriz A é 100% consistente ($CR = 0$) se $\lambda = n$, que ocorre quando a relação de transitividade $a_{ij} = a_{ik} / a_{jk}$, ou $a_{ji} = a_{jk} / a_{ik} = a_{ij}^{-1}$ considerando-se a matriz recíproca, é satisfeita (SAATY, 2003).

O $CR \leq 0,2$ é aceitável, devendo-se rever os julgamentos se essa condição for ultrapassada (SAATY, 2001). Um pouco de inconsistência indica necessidade de aprender mais (compreender melhor), mas inconsistência elevada indica falta de compreensão, que pode levar a uma decisão errada (SAATY, 2004a).

Uma das críticas ao AHP é relacionada à quantidade de julgamentos necessários para a sua aplicação. No entanto, pode-se obter matrizes mais coerentes com um menor número de julgamentos, escolhendo-se para comparar as relações mais tendenciosas (com maior viés) e, aplicando a relação de transitividade para completar a matriz (SAATY, 2004b). Assim, a quantidade de julgamentos necessários em uma matriz, que é igual $n(n - 1)/2$, pode ser reduzida, existindo por exemplo algoritmo como o Incomplete Pairwise Comparisons (IPC) que utiliza $n - 1$ julgamentos, ou o software Expert Choice que utiliza $2n - 3$ julgamentos (SALGADO et al., 2011).

Para a aplicação do ANP, que faz uso dos mesmos procedimentos do AHP para gerar as prioridades a serem incluídas em uma supermatriz de decisão, conforme Silva, Oliveira e Belderrain (2010), as seguintes etapas devem ser seguidas:

- Etapa 1 (Formulação do problema) – (a) estruturação do problema (definir o objetivo, identificar os elementos agrupando-os em clusters) e, (b) construção da rede (relações de dependência e feedback entre os elementos, que são melhor visualizadas através da matriz de alcance global para relações entre clusters e, de alcance local para relação entre os elementos);

- Etapa 2 (Julgamentos) – (a) comparação par a par (utilizando a escala fundamental), entre os elementos e entre clusters e, cálculo dos vetores de decisão (b) verificação da consistência;
- Etapa 3 (Estruturação da supermatriz e obtenção dos resultados) – (a) construção da supermatriz sem peso, que relaciona todos os elementos organizados em seus clusters e com os devidos vetores de decisão, obtenção da supermatriz ponderada, que é igual a supermatriz sem peso multiplicada pelas prioridades dos clusters e que é uma matriz estocástica e, obtenção da supermatriz limite, obtida com a aplicação do método das potências à matriz ponderada, (b) resultado final com as prioridades que é obtido da matriz limite.

4. MÉTODO

A apresentação do método está dividida em duas partes, a primeira com relação à abordagem de pesquisa e, a segunda relacionada ao modelo de avaliação utilizado.

4.1 ABORDAGEM DE PESQUISA

A pesquisa foi realizada segundo uma abordagem qualitativa pura, sendo utilizado o método de estudo de caso. A pesquisa qualitativa tem a ênfase na perspectiva do indivíduo que está sendo estudado assim como busca interpretar o ambiente no qual está inserido (MARTINS, 2010).

O estudo de caso pode ser utilizado com o objetivo de aprofundar a descrição de determinado fenômeno (CRESWELL, 2007). Neste sentido a(s) unidade(s) de estudo deve(m) ser determinadas intencionalmente, de acordo com os resultados desejados.

O estudo de caso é uma estratégia de pesquisa utilizado quando as questões são do tipo como e por que, focalizando acontecimentos contemporâneos (YIN, 2001).

O estudo foi realizado em uma indústria de pequeno porte, situada em Juazeiro do Norte-CE e pertencente ao cluster calçadista do Cariri cearense, sendo as informações fornecidas por um representante da gestão de materiais. O objetivo do estudo foi a avaliação de indicadores de logística reversa, de forma a conhecer as prioridades de importância destes na unidade de estudo.

4.2 MODELO DE AVALIAÇÃO

Para realizar a avaliação foi utilizado o modelo de gerenciamento de logística reversa, proposto por Hernández (2010). O objetivo no modelo é alcançar o desempenho empresarial sustentável o qual implica em analisar aspectos econômicos, sociais e ambientais, mediante práticas de LR que possam ser medidas e avaliadas.

O quadro 1 apresenta os Programas de LR, Indicadores de Desempenho de LR, assim como medidas de desempenho relacionadas, utilizados na estruturação do modelo (HERNÁNDEZ; MARINS; SALOMON, 2011).

Quadro 1: Indicadores de desempenho da LR e medidas mais usadas pelas empresas brasileiras.

Programas de LR	Indicadores de LR	Medidas de desempenho
Programas Econômicos (PE)	Recaptação de valor (RP)	-Quantidade de material reciclado -Porcentagem de embalagens retornadas -Porcentagem de embalagens recicladas e/ou recuperadas -Volume de produtos retornados -Motivo dos retornos -Valor recuperado por reprocesso e revenda de produtos
	Custos de operação (CO)	-Despesas com desenvolvimento de novas tecnologias que permitam a reciclagem -Despesas com treinamento de funcionários para desenvolver novas tecnologias e operar o canal reverso -Valor pago em multas por não cumprimento da lei -Valor aplicado em ações sociais (internas e externas) relacionadas com o meio ambiente e a reciclagem
Programas de Imagem (PI)	Inovação tecnológica (IT)	-Número de inovações para proteger o meio ambiente (projetos relacionados com a LR) -Número de projetos visando à minimização da entrada e saída de materiais
	Incentivo à reciclagem (IR)	-Número de programas que incentivam a reciclagem -Tipo de propaganda utilizada
Programas de Cidadania. (PC)	Ações sociais e ambientais (AS)	-Número de projetos sociais e educacionais de atividades de LR envolvendo a comunidade -Número de reclamações relacionadas ao impacto da empresa junto à comunidade
	Criação de empregos (CE)	-Número de funcionários beneficiados com programas de treinamento nas atividades de LR -Número de pessoas envolvidas nas campanhas e projetos sociais -Número de pessoas empregadas no canal reverso
Programas de Serviço ao Cliente (PS)	Relações duradouras (RC)	-Relações com trabalhadores terceirizados -Apoio ao desenvolvimento de fornecedores preocupados com os problemas do meio ambiente

		-Número de reclamações resolvidas mediante o diálogo com as partes interessadas na cadeia reversa
	Serviços diferenciados (SD)	-Existência de políticas liberais para a troca (número de reclamações por políticas não cumpridas)
Programas Legais (PL)	Cumprimento da legislação (CL)	-Número de atuações ou multas por violação da legislação

Fonte: Hernández, Marins e Salomon (2011)

A figura 3 apresenta a hierarquia do modelo, que inclui o cluster dos critérios, formado pelos programas de LR, e o cluster das alternativas, que agrupa os indicadores de LR.

As prioridades dos programas de LR, já apresentada na figura 3, de acordo com a influência que exercem sobre o desempenho empresarial sustentável, já foi objeto de estudos anteriores (HERNÁNDEZ, 2010), por isso os valores já são definidos.

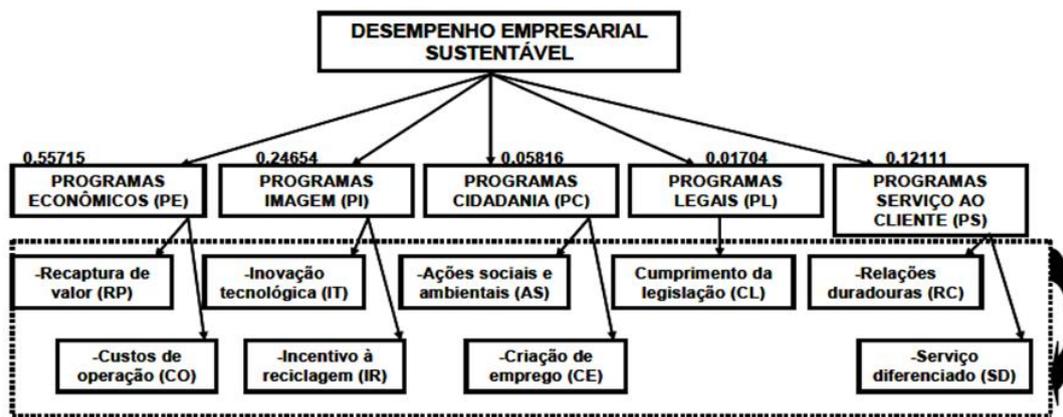


Figura 3: Modelo Hierárquico dos indicadores de LR em empresas brasileiras

Fonte: Adaptado de Hernández, Marins e Salomon (2011)

Na figura 3 apenas a interação interna no cluster dos indicadores de desempenho é apresentada, no entanto, o modelo considera dependência entre os clusters dos indicadores e dos programas (relação de Feedback), como pode ser verificado na matriz de alcance global mostrada na Figura 4. A relação interna entre os programas de LR já foi considerada anteriormente na avaliação destes. Para maior esclarecimento ver Hernandez (2010).

Cluster	Indicadores de LR	Programas de LR
Indicadores de LR	1	1
Programas de LR	1	0

Figura 4: Matriz de alcance global

Fonte: Adaptado de Hernández, Marins e Salomon (2011)

A figura 5 apresenta a matriz de alcance local do modelo.

Elementos	AS	CE	CL	CO	IR	IT	RC	RP	SD	PC	PE	PI	PL	PS
AS	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0
CE	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
CL	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
CO	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0
IR	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0
IT	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
RC	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1
RP	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0
SD	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1
PC	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
PE	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
PI	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
PL	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
PS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0

Figura 5: Matriz de Alcance Local - Relações entre indicadores e programas de LR.

Fonte: Adaptado de Hernández, Marins e Salomon (2011)

Na aplicação do modelo, as avaliações são necessárias apenas na relação interna no cluster dos indicadores de LR. Para os indicadores contidos em cada programa é dado peso igual (no bloco Indicadores de LR X Programas de LR, considerando-os com igual importância), desta forma não necessitando fazer os julgamentos de comparação. Os valores de pesos dos programas apresentados na Figura 3 são introduzidos no bloco Programas de LR x Indicadores de LR.

O critério para representar as relações de dependência entre os indicadores foi analisar como cada indicador podia exercer influência em medidas de desempenho que podem ser utilizadas em outro indicador (Hernández, Marins e Salomon, 2011). Para cada indicador foi montada uma matriz de decisão e os elementos foram comparados utilizando a escala fundamental (Quadro 2).

Quadro 2. Escala de valores para a comparação por pares no método AHP.

Valor	Definição
1	Igual importância entre os elementos i e j
3	Fraca importância de um elemento sobre o outro
5	Forte importância
7	Importância muito forte de um elemento sobre o outro
9	Importância absoluta
2, 4, 6, 8	Valores intermediários entre dois julgamentos adjacentes

Fonte: Adaptado de Saaty (2001).

Durante as avaliações algumas considerações foram feitas. Primeiro com relação ao grupo de programas que, como o respondente destacou estes não existirem na empresa, considerou-se como grupo dos direcionadores (Drivers) de LR, assim como introduzido por Leite (2006). Segundo, em relação a indicadores que difíceis de identificar, foram consideradas as medidas de desempenho propostas no quadro para auxiliar para auxiliar a avaliação.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a análise de todos os indicadores são necessárias 9 matrizes que precisaram de 37 julgamentos. Os cálculos foram realizados utilizando o software Super Decisions versão 2.0.8.

Após o primeiro julgamento das comparações foram calculados os vetores de decisão e as razões de consistência; as matrizes nas quais houve incoerência ($CR > 0,2$) foram reavaliadas, considerando a relação de transitividade, pois facilita a compreensão da relação entre os elementos da matriz. Após essa reavaliação os valores do CR variaram entre 0 e 0,1115.

A Tabela 1 mostra as relações de dependência para o indicador Custo de Operação (CO) assim como o vetor de decisão resultante, cujo CR é 0,1115.

Tabela 1. Julgamentos dos indicadores de LR com respeito ao indicador CO.

Alternativas	CO	IT	AS	CL	Vetor de Decisão
Custos de operação (CO)	1	5	5	2	0,538994
Inovação tecnológica (IT)		1	1	2	0,173266
Ações sociais e ambientais (AS)			1	1/2	0,111891
Cumprimento da legislação (CL)				1	0,175849

A Tabela 2 apresenta o resultado com as prioridades dos indicadores de LR.

Tabela 2. Prioridade global de indicadores de LR na empresa

Indicadores de LR	Prioridades (%)
1. Custos de operação (CO)	25,80
2. Recaptura de valor (RP)	21,43
3. Inovação tecnológica (IT)	11,38
4. Incentivo à reciclagem (IR)	10,01
5. Ações sociais e ambientais (AS)	7,14
6. Serviço diferenciado (SD)	7,07
7. Cumprimento da legislação (CL)	6,11
8. Criação emprego (CE)	5,55
9. Relações duradouras (RC)	5,51

Os valores das prioridades dos direcionadores (programas) de LR já integradas ao modelo foram mantidas considerando que: primeiro, um gestor de uma empresa da cadeia de suprimentos calçadista em foco, e com bastante tempo no ramo, considerou que os valores eram realistas e, que ‘com uma legislação mais rigorosa e/ou fiscalização essas prioridades podem ser alteradas’; segundo, em uma avaliação feita pelo respondente sobre os programas houve pouca alteração.

O resultado (Tabela 2), apresenta nos quatro primeiros indicadores, a mesma ordem de prioridade encontrada por Hernández, Marins e Salomon (2011), para empresas brasileiras, onde é destacada a influência da ordem de prioridade dos programas (direcionadores) relacionados. Ou seja, os indicadores CO e RP com o direcionador Econômico (prioridade de 55,7%) e os indicadores IT e IR com o direcionador de Imagem (prioridade de 24,6%). Também, é destacado pelos autores, a influência que esses indicadores recebem de outros indicadores de desempenho, o que pode ser verificado nas relações da Figura 5. Em relação aos demais indicadores, é considerado que a ordem de prioridade está sujeita ao tipo de empresa que esteja incluída na pesquisa e os tipos de programas de LR adotados.

De fato, a partir da quinta posição com o indicador Ações sociais e ambientais (AS), verifica-se uma modificação, em relação à classificação para empresas brasileiras, na qual a quinta posição é Criação emprego (CE). Tanto AS como CE estão relacionados com o direcionador Cidadania e, e recebem as mesmas influências no cluster dos indicadores. No entanto, entre as medidas de desempenho de AS estão as reclamações relacionadas ao impacto da empresa junto à comunidade, enquanto CE está relacionado com uma certa estrutura de canal reverso.

As diferenças percentuais entre os demais itens são pequenas. A classificação segue com SD, CL, CE e RC, enquanto nos valores para empresas brasileiras tem-se AS, CL, SD e RC. Tanto SD quanto RC estão relacionados com o direcionador de Serviço ao Cliente (prioridade de 12,1%), no entanto as influências que recebem de outros direcionadores são diferentes, além dos aspectos relacionados às medidas de desempenho. Quanto ao indicador Cumprimento da legislação (CL), relaciona-se com direcionadores Legais (prioridade 1,7%) e indicadores CO e RC.

6. CONCLUSÕES

O objetivo deste trabalho é apresentar uma avaliação da ordem de prioridade dos indicadores de logística reversa (LR) em uma empresa de pequeno porte integrante do cluster calçadista do cariri cearense. Para tanto, foi utilizado o Modelo de Gerenciamento de Logística Reversa proposto por Hernández (2010), que utiliza o Analytic Network Process (ANP) como método de MCDM adequado pelo fato de permitir avaliações qualitativas e quantitativas, assim como avaliar relações de dependência nas interações de elementos e/ou componentes do modelo.

O artigo apresenta uma revisão da literatura considerando os principais aspectos relacionados à LR e ANP.

Da logística reversa é considerada a sua importância quanto aos aspectos ambientais, econômicos e comerciais, dando destaque a evolução do conceito de LR, seus motivadores/direcionadores, sendo os mais citados na literatura e adotados no modelo utilizado neste artigo: econômicos, serviço ao cliente, legal, cidadania corporativa e, imagem corporativa, propostos por Leite(2006).

Em relação ao ANP, são apresentadas suas principais características como método de MCDM, destacando-se a sua evolução a partir da necessidade de incluir análises de dependência (ou influência) entre os componentes/elementos no Analytic Hierarchy Process(AHP), os tipos de iterações possíveis, as etapas necessárias a sua aplicação, destacando-se o procedimento de cálculo do AHP, cálculo das prioridades dos elementos e a consistência dos dados das matrizes de decisão, dando ênfase à relação de transitividade para a coerência dos julgamentos.

O estudo realizou-se através de uma abordagem qualitativa tendo como estratégia específica o estudo de caso, no qual um integrante da gestão de materiais da empresa forneceu as informações necessárias.

Utilizando o software Super Decisions versão 2.0.8, todos os cálculos foram realizados, tendo-se como resultado principal o vetor com as prioridades relativas dos indicadores propostos no modelo utilizado.

Desse resultado verifica-se que há similaridade, em relação ao estudo em uma amostra de empresas brasileiras, para os quatro primeiros indicadores (1. Custos de operação (CO), 2. Recaptura de valor (RP), 3. Inovação tecnológica (IT) e 4. Incentivo à reciclagem (IR)), o que se justifica principalmente pelo nível de prioridade dos direcionadores Econômico (55,7%) e Imagem (24,6%), além das influências que esses indicadores recebem de outros indicadores.

Para os demais indicadores houve mudanças nas prioridades em relação à pesquisa em amostra com empresas brasileiras. Deve-se, neste caso, considerar a influência do tipo de empresa incluída na pesquisa e os tipos de programas de LR adotados.

Deve-se considerar as dificuldades encontradas para a realização do estudo. Até o momento apenas dois representantes da gestão de empresas do cluster calçadista em foco puderam ser entrevistados, sendo que apenas um respondeu às questões relacionadas aos julgamentos e, o outro avaliou o nível de prioridade dos direcionadores, já estabelecidos no modelo, considerando realistas para serem utilizados.

Como na empresa cujo representante respondeu às questões, este não identificava programas de logística reversa formalizados com objetivos, mas atividades relacionadas aos retornos de materiais, utilizou-se, no lugar de Programas, Direcionadores de LR. Também, o representante acrescentou que alguns indicadores/métricas eram difíceis de identificar.

A continuidade deste trabalho, deve buscar acrescentar informações de mais empresas do cluster calçadista do cariri cearense, incluindo também empresas de médio porte, de forma a identificar características relacionadas à LR, e adequação do modelo de análise utilizado para auxiliar na avaliação dos referidos indicadores de LR no setor produtivo em foco.

AGRADECIMENTOS

A pesquisa que originou o trabalho recebeu auxílio financeiro do Programa de Doutorado Interinstitucional (DINTER) entre Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho (UNESP) e a Universidade Regional do Cariri (URCA) e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP, Processo 2013/03525-7).

REFERÊNCIAS

Brasil, Lei no 12.305, Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, Diário Oficial da União, Brasília, DF, 3 ago 2010.

Brito, M. P. e Dekker, R. (2002), Reverse logistics – A framework, Econometric institute report, Erasmus University Rotterdam, Netherlands, 38, 1–19.

Creswell, J. W., Projeto de pesquisa: Métodos qualitativo, quantitativo e misto, Artmed, Porto Alegre, 2007.

FIEC – Federação das Indústrias do Estado do Ceará (2013), Panorama Industrial, 13, (<http://www.sfiiec.org.br/>), Acesso: maio de 2014.

Figueira, J., Greco, S. e Ehrgott, M., Multiple criteria decision analysis, Springer, New York, 2005.

Fuller, D. A e Allen, J., A Typology of Reverse Channel Systems for Post-Consumer Recyclables, em Polanski, M. J. e Mintu-Winsat, A. T. (Eds.), Environmental marketing: strategies, practice, theory and research, The Haworth Press, London, 241-256, 1995.

Greene, R. (2011), GIS-Based Multiple-Criteria Decision Analysis, Geography Compass, 5(6), 412–432

Guidolin, S. M., Costa, A. C. R. e Rocha, E. R. P. (2010), Indústria calçadista e estratégias de fortalecimento da competitividade, BNDES Setorial, 31, 147-184.

Hernández, C. T., Modelo de gerenciamento da logística reversa integrado às questões estratégicas das organizações, Tese(doutorado), UNESP, Guaratinguetá, 2010.

Hernández, C. T., Marins, F. A. S. e Salomon, V. A. P. (2011), Análise da importância dos indicadores de desempenho da logística reversa mediante a utilização do Analytic Network Process, Atas do XLIII SBPO, 168-179.

Ho, W. (2008), Integrated analytic hierarchy process and its applications – A literature review, European Journal of Operational Research, 186, 211–228

Kopicki, R. et al., Reuse and Recycling-Reverse Logistics Opportunities, CLM, Oak Brook, 1993.

Lambert, S., Riopel, D. e Abdul-Kader, W. (2011), A reverse logistics decisions conceptual framework, Computers & Industrial Engineering, 61, 561–581.

Leite, A. A. M. (2008), *Cooperação e desenvolvimento: estudos do cluster calçadista do vale do cariri*, Atas do XXVIII ENEGEP, (<http://www.abepro.org.br/publicacoes/>).

Leite, P. R. (2000), *Canais de distribuição reversos: fatores de influência sobre as quantidades recicladas de materiais*, Atas do III SIMPOI, 1 CD-ROM.

Leite, P. R. e Brito, E. Z. (2005), *logística reversa de produtos não consumidos: práticas de Empresas no Brasil*, *Gestão Organizacional*, 3(3), 214-229.

Leite, P. R. (2006), *Direcionadores (“DRIVERS”) estratégicos em programas de logística reversa no Brasil*, Atas do IX SIMPOI, (<http://www.simpoi.fgvsp.br/>).

Leite, P. R., *Logística reversa: meio ambiente e competitividade*, Prentice Hall, São Paulo, 2009.

Martins, R. A., *Abordagens Quantitativa e Qualitativa*, em Miguel, P. A. C. (Ed.), *Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações*, Elsevier, Rio de Janeiro, 45-61, 2010.

MCDM - International Society on Multiple Criteria Decision Making, *Mission of the Society*, (<http://www.mcdmsociety.org/intro.html#Mission>). Acesso: Abril, 2014.

Rogers, D. S. e Tibben-Lembke, R., *Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices*, RLEC Press, Pittsburgh, PA, 1998.

Rogers, D. S. e Tibben-Lembke, R. (2001), *An examination of reverse logistics practices*, *Journal of Business Logistics*, 22(2), 129-148.

Saaty, T. L. (1999), *Fundamentals of the Analytic Hierarchy Process*, Atas do ISAHP, 12-14.

Saaty, T. L., *Decision Making with Dependence and Feedback: the Analytic Network Process*, RWS Publications, Pittsburgh, 2001.

Saaty, T. L. (2003), *Decision-making with the AHP: Why is the principal eigenvector necessary*, *European Journal of Operational Research*, 145, 85–91.

Saaty, T. L. (2004a), *Fundamentals of the Analytic Network Process – Dependence and Feedback in Decision Making With A Single Network*, *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 13(2), 129-157.

Saaty, T. L. (2004b), *Decision Making – The Analytic Hierarchy and Network Processes (AHP/ANP)*, *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 13(1), 1-35.

Saaty, T. L e Vargas, L. G., *Decision making with the analytic network process: economic, political, social and technological applications with benefits, opportunities, costs and risks*, Springer, New York, 2006.

Saaty, T. L. (2008a), *The Analytic Hierarchy and Analytic Network Measurement Process: Applications to Decisions under Risk*, *European journal of pure and applied mathematics*, 1(1), 122-196.

Saaty, T. L. (2008b), Relative Measurement and Its Generalization in Decision Making Why Pairwise Comparisons are Central in Mathematics for the Measurement of Intangible Factors the Analytic Hierarchy/Network Process, *Rev. R. Acad. Cien. Serie A. Mat. - RACSAM*, 102(2), 251–318.

Salgado, E. G. et al. (2011), Tomada de decisão em grupo na priorização de Atividades de desenvolvimento de novos produtos em Empresas médias de eletrônicos, *Atas do SBPO XLIII*, 3091-3100.

Salomon, V. A. P., Analytic Hierarchy Process, em Marins, F.A.S. et al. (Eds.) *Métodos de Tomada de Decisão com Múltiplos Critérios: Aplicações na Indústria Aeroespacial*, Edgard Blucher, São Paulo, 21-39, 2010.

Shimizu, T., *Decisão nas organizações*, Atlas, São Paulo, 2010.

Silva, A. C. S., Oliveira, C. A. e Belderrain, M. C. N., Analytic Network Process, em Marins, F.A.S. et al. (Eds.), *Métodos de Tomada de Decisão com Múltiplos Critérios: Aplicações na Indústria Aeroespacial*, Edgard Blucher, São Paulo, 41-71, 2010.

Stock, J. R., *Development and implementation of Reverse Logistics Programs*, Council of Logistics Management - CLM, Oak Brook, 1998.

Subramanian, N. e Ramanathan, R. (2012), A review of applications of Analytic Hierarchy Process in operations management, *International Journal of Production Economics*, 138, 215–241.

Triantaphyllou, E. et al. (1998), Multi-Criteria Decision Making: An Operations Research Approach, *Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering*, 15, 175-186.

Yin, R. K., *Estudo de caso: planejamento e métodos*, Bookman, Porto Alegre, 2001.

Capítulo 35

ANÁLISE COMPARATIVA DE MÉTODOS/TÉCNICAS/PROTOCOLOS DE COMUNICAÇÃO PARA SISTEMAS MULTIAGENTES

[DOI: 10.37423/200500875](https://doi.org/10.37423/200500875)

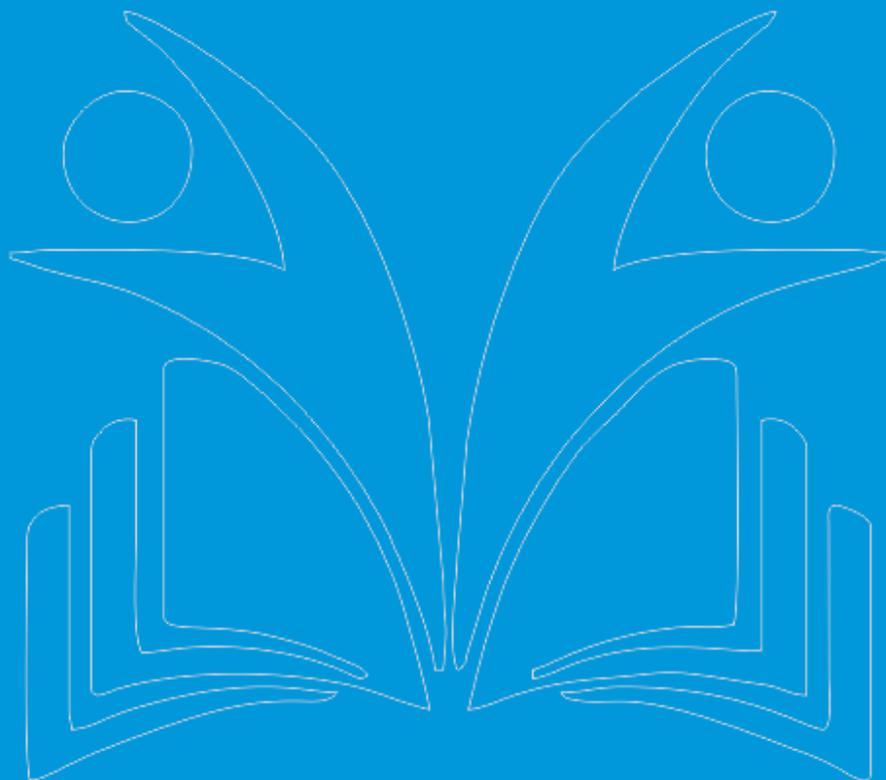
Geovane Griesang - geovane.griesang@gmail.com

Rejane Frozza - frozza@unisc.br

Rolf Fredi Molz - rolf@unisc.br

Rafael Peiter - rafapeiter@gmail.com

Gilberto Dessbesell Júnior - gdbeto@gmail.com



1. INTRODUÇÃO

A utilização de computadores em sala de aula tem contribuído para maior motivação dos estudantes em seu processo de aprendizagem, pois oferece mais diversidade na maneira com que o estudante desenvolve o conhecimento. O uso desses equipamentos na educação permite que novos programas educacionais sejam inseridos nos ambientes de ensino-aprendizagem, condizentes às expectativas dos estudantes atuais (CUTMORE et al., 2000).

Os STIs são softwares educacionais que incorporam técnicas da Inteligência Artificial (IA), como o uso de agentes pedagógicos (GAVIDIA; ANDRADE, 2003). Portanto, a missão pedagógica de um STI está diretamente relacionada a esses agentes pedagógicos que, por sua vez, possuem como principal função a comunicação com o estudante (GIRAFFA, 1999).

Assim, agentes pedagógicos inteligentes são inseridos no sistema para aumentar a eficiência e para motivar o estudante que interage com esse tipo de ambiente. Essa motivação pode ser obtida com o uso de agentes animados que, por sua vez, podem expressar emoção através de gestos e da face (JAQUES; VICARI, 2005).

Os Sistemas Multiagentes (SMA) são softwares computacionais com vários agentes interagindo uns com os outros, como em uma sociedade de agentes. Entretanto, cada agente visa satisfazer suas próprias metas para que um objetivo maior e em comum possa ser atingido (WOOLDRIDGE, 2009).

Desta forma, o objetivo deste trabalho é realizar um estudo de trabalhos relacionados, apresentando aspectos relevantes para a proposta de desenvolvimento de um mecanismo de comunicação entre agentes pedagógicos.

O STI base teve seus primeiros trabalhos realizados em 1998 (SANTOS et al., 2001) e sua escolha se justifica pelo fato deste estar em frequente estudo (SANTOS et al., 2001; SILVA, 2002; MERGEN e SCHREIBER, 2005; MAINIERI et al., 2005; FROZZA et al., 2007; 2009a; 2009b; 2011; SILVA et al., 2010; BORIN, 2010; KÜNZEL et al., 2011; KÜHLEIS, 2011).

Os agentes pedagógicos inseridos nesse STI base se comunicavam com o estudante, no entanto, eles não se comunicam entre si. A falta de um mecanismo de comunicação causa confusão, pois os agentes pedagógicos sugerem ao estudante tarefas diferentes, conflitantes, simultâneas ou repetidas.

Uma parte importante do mecanismo de comunicação são os protocolos de interação (comunicação) entre agentes, que podem ser definidos como um conjunto de padrões especificados e projetados para permitir a comunicação entre agentes. O uso de protocolos de interação não é obrigatório, mas se forem utilizados, a comunicação entre os agentes deve ser consistente com o protocolo escolhido (MAMADOU et al., 2000).

Faz-se necessário também a definição de uma linguagem de comunicação, que é um formalismo, com a finalidade de codificar as mensagens trocadas entre os agentes, independente da linguagem de programação usada na aplicação. Essa linguagem deve ser usada em conjunto com o protocolo de interação entre agentes (VICARI et al., 2009).

O artigo está organizado nas seguintes seções: a seção 2 aborda a fundamentação teórica do trabalho realizado; a seção 3 apresenta o estudo de trabalhos relacionados (foco do trabalho); a seção 4 apresenta as características do mecanismo de comunicação desenvolvido; a seção 5 apresenta a conclusão.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Alguns dos conceitos estudados estão descritos nas próximas seções.

2.1. AGENTES

Conforme Wooldridge e Jennings (1995), Maes (1996), Norvig and Russell (2004), Perucia et al. (2005) e Wooldridge (2009), um agente é um software que, pode perceber o ambiente em que está inserido através de sensores (entrada). Esses agentes podem decidir e agir de forma autônoma, executando uma ação de saída por meio de atuadores.

Agentes reativos são classificados com base nos seus modelos de organização biológica ou etológica, como no comportamento de uma comunidade de formigas. Entretanto, agentes cognitivos são baseados em organizações sociais dos seres humanos, como grupos e hierarquias (BITTENCOURT, 1998).

Agentes são pedagógicos quando estão inseridos em sistemas que fazem uso do paradigma de agentes desenvolvidos para educar e auxiliar o estudante no processo de ensino-aprendizagem (GIRAFFA, 1999). Segundo Nunes et al. (2002), agentes pedagógicos animados são “personagens vivos” que habitam um ambiente de estudo, onde eles se comunicam, motivam e prendem a atenção do estudante (LESTER et al., 1997).

2.2. INTERAÇÃO EM SISTEMAS MULTIAGENTES

Uma das mais importantes etapas no desenvolvimento de um SMA é a maneira com que os agentes interagem entre si e as regras dessa interação, denominadas protocolos de interação. Para que essa comunicação seja possível, faz-se necessário o uso de uma linguagem que ambos os agentes entendam. Essas ocorrem com base em linguagens de alto nível, como as Linguagens de Comunicação entre Agentes (ACL - Agent Communication Language) (GLUZ e VICARI, 2003).

Segundo Vicari et al. (2009), a ACL pode ser definida como um formalismo, com a finalidade de codificar as mensagens trocadas entre os agentes, independente da linguagem de programação usada na aplicação. Assim, a Fundação para Agentes Físicos Inteligentes (FIPA - Foundation for Intelligent Physical Agents) é responsável por definir padrões para a implementação da comunicação entre agentes. FIPA é uma organização sem fins lucrativos com o objetivo de garantir a interoperabilidade entre agentes heterogêneos (FIPA, 2013).

Segundo Odell et al. (2000), “um protocolo de comunicação entre agentes descreve um padrão de comunicação através de uma sequência válida de mensagens entre os agentes”. O padrão FIPA possui um conjunto de protocolos que definem diversos modos possíveis de interação entre agentes através de troca de mensagens ACL (FIPA-ACL), como por exemplo, FIPA Request Interaction Protocol e FIPA Contract Net Interaction Protocol (FIPA, 2013).

2.3. STI BASE DESENVOLVIDO NA UNISC

Os agentes pedagógicos inseridos no software educacional são os agentes tutor (Dóris) e companheiro (Dimi), onde o agente tutor possui função semelhante à de um professor, com capacidade de identificar características relativas à aprendizagem do estudante. Por outro lado, o agente companheiro possui a função de atuar no ambiente como parceiro do estudante, ajudando-o nas tarefas propostas pelo ambiente (FROZZA et al., 2011).

O projeto iniciou com apenas um agente, a Dóris 2D, que expressava três emoções e tinha como uma das funções guiar o estudante dentro do ambiente. Depois disto, o agente companheiro Dimi 2D foi inserido no sistema, com o objetivo de ser um colega do estudante. Ambos agentes possuíam um conhecimento de domínio geral.

A partir do ano de 2009, os agentes foram modelados no formato 3D com a expressão de emoções. Por fim, em 2013 o STI passou a contar com uma interação entre os próprios agentes.

3. TRABALHOS RELACIONADOS

Alguns trabalhos relacionados foram estudados e são apresentados na próxima seção. Assim, a proposta do trabalho foi desenvolver um mecanismo de comunicação entre agentes pedagógicos em um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA).

A Figura 1 apresenta as características de alguns trabalhos relacionados que auxiliaram para escolha do protocolo de comunicação que foi desenvolvido entre os agentes pedagógicos do AVA.

Ferreira et al. (2004) objetivaram o desenvolvimento da ferramenta COMPOR-E (paleta de componentes integrada à plataforma COMPOR) para a especificação de protocolos de interação no padrão FIPA. Esses protocolos ficam armazenados na ferramenta e podem ser exportados para arquivos XML que, por sua vez, podem ser usados para a comunicação entre agentes de outros sistemas.

Já o trabalho de Hirata et al. (2005) teve como objetivo o desenvolvimento de uma biblioteca para ser usada na plataforma SACI. Com isso, essa plataforma passou a monitorar e reconhecer protocolos de comunicação, permitindo que as informações contidas nos arquivos XML pudessem ser gerenciadas de forma mais amigável, pois “escondem” alguns detalhes de implementação.

Figura 1 - comparativa dos trabalhos relacionados

Autores	Descrição	Comunicação
Ferreira et al. (2004)	Especificação e Implementação de Protocolos de Interação entre Agentes para a Plataforma COMPOR.	Linguagem FIPA-ACL. Arquivos XML com especificações dos protocolos. Protocolos FIPA <i>Request</i> e <i>Contract Net</i>
Giménez-Lugo et al. (2006)	Um Enfoque para a Especificação e Execução Flexível de Protocolos em Sistemas Multiagentes	Linguagem KQML. Arquivos XML com especificações dos protocolos. Protocolos FIPA <i>Contract Net</i> .
Hirata et al. (2005)	Implementação de protocolos de comunicação no ambiente SACI	Linguagem KQML. Arquivos XML com especificações dos protocolos. Protocolos FIPA <i>Contract Net</i> .
Moissa (2001)	Arquitetura de um Agente Identificador de Fatores Motivacionais e Afetivos em um Ambiente de Ensino e Aprendizagem	Linguagem de comunicação KQML. Troca de mensagens baseadas no modelo ponto a ponto e uso do Java RMI para a comunicação entre agentes.
Frigo et al. (2004)	O Papel dos Agentes Inteligentes nos Sistemas Tutores Inteligentes	Linguagem de comunicação KQML. Arquitetura “Troca de mensagens” para o envio e recebimento de mensagens, implementado na ferramenta JATLite e JESS.
González et al. (2007)	Agentes Inteligentes no Ambiente Virtual de Ensino de Lógica Halyen	Linguagem de comunicação FIPA-ACL. Arquitetura “Troca de mensagens” para o envio e recebimento de mensagens, implementado no <i>framework</i> JADE.

Fonte: do autor

Giménez-Lugo et al. (2006) também trabalharam sobre a plataforma SACI e tiveram como finalidade o desenvolvimento de uma arquitetura para o gerenciamento de protocolos de interação. Entretanto, optaram por desenvolver os componentes em Java, já que a plataforma SACI também foi desenvolvida nesta linguagem de programação. As novas funcionalidades possuem o objetivo de fazer com que os projetistas dos protocolos possam se preocupar mais com os objetivos do sistema ao invés da comunicação.

Desta forma, os trabalhos de Hirata et al. (2005) e Giménez-Lugo et al. (2006) se diferenciam pelo fato da plataforma SACI usar a linguagem de comunicação KQML (Knowledge Query and Manipulation Language - Linguagem de consulta e manipulação de conhecimento) ao invés da FIPA-ACL. Entretanto, a implementação dos autores também usa arquivos XML para a troca de mensagens entre agentes.

Moissa (2001) trabalhou com o STI Eletrotutor, onde o agente Percepção foi inserido no sistema, assim como, um conjunto de funcionalidades para oferecerem suporte aos estados motivacionais identificados por este novo agente. Portanto, o objetivo do autor foi fazer com que o agente Percepção pudesse monitorar toda comunicação realizada entre a interface e o Eletrotutor. Assim, pode-se destacar que o Eletrotutor trabalha com a arquitetura de troca de mensagens e usa linguagem de comunicação e protocolos baseado no padrão KQML.

Os STIs usados por Frigo et al. (2004) e González et al. (2007) possuem conteúdo específico. Segundo Frigo et al. (2004), o STI MathTutor é usada para auxiliar os estudantes sobre os fundamentos da estrutura da informação para os estudantes de Engenharia de Controle e Automação. Assim, O STI HALYEN usado por González et al. (2007) é destinado ao ensino de Lógica Matemática, muitos usado por estudantes da computação.

Frigo et al. (2004) não desenvolveram o STI conhecido como MathTutor, apenas descreveram a utilização dos agentes conectivos em um STI e, apresentaram as características do sistema estudado. Assim, pode-se perceber que o MathTutor se assemelha com o presente trabalho por usar a arquitetura de troca de mensagens, entretanto, se diferencia pelo fato do STI MathTutor usar as padrão KQML para a comunicação de seus agentes.

Segundo González et al. (2007), o HALYEN foi desenvolvido com base na plataforma de desenvolvimento JADE que, segue as especificações FIPA (linguagem e protocolo de comunicação).

Contudo, o presente trabalho também se baseia no padrão FIPA, entretanto, o STI base não foi desenvolvido com auxílio de framework, como o JADE. Todo o ambiente foi desenvolvido em Java, assim como seus agentes e após este trabalho, a comunicação entre eles. Uma semelhança importante entre os trabalhos está relacionada à figura de um agente centralizador, chamado de agente Facilitador neste trabalho e, agente Coordenador no STI HALYEN. Com isso, ambos os agentes gerenciam as mensagens recebidas e enviadas pelos demais agentes.

3.1. CONSIDERAÇÕES

Tais estudos contribuíram para a definição das técnicas utilizadas neste trabalho. Com isso, pôde-se propor o desenvolvimento de um mecanismo de comunicação, onde se optou em usar a arquitetura “troca de mensagens” para a comunicação entre os agentes pedagógicos.

No entanto, nenhuma plataforma para desenvolvimento da interação entre os agentes foi usada, já que os agentes pedagógicos já estão desenvolvidos. Portanto, a troca de mensagens entre os agentes ocorre no próprio ambiente já desenvolvido, não sendo necessário o uso de mecanismos externos ao ambiente para a troca de informação entre os agentes. Mecanismos externos, como arquivos XML, seriam necessários se existisse algum agente externo ao ambiente que, por sua vez, precisasse se comunicar com os agentes internos do sistema.

Definiu-se o desenvolvimento de um protocolo comunicação baseado nos protocolos da FIPA. Apenas algumas ideias deste padrão foram aproveitadas para a definição do protocolo usado neste trabalho. Portanto, pode-se afirmar que as mensagens usadas para negociação entre os agentes foram baseadas no protocolo FIPA Contract Net Interaction Protocol (FIPA, 2002b). Como no STI não existe troca externa de informações, alguns cuidados com falha nos protocolos de comunicação da FIPA não foram necessários.

Ainda se optou pela fundamentação FIPA-ACL como linguagem de comunicação, já que ela apresenta vantagem em relação ao KQML, uma vez que o padrão FIPA é utilizado amplamente no desenvolvimento de SMAs (GLUZ e VICCARI, 2003). Assim, algumas performativas dessa linguagem foram usadas para a definição do formato das mensagens.

Contudo, como a troca de mensagens ocorre dentro do próprio STI, uma linguagem de conteúdo (formatação do conteúdo) foi desenvolvida conforme as necessidades do STI. Desta forma, o conteúdo da mensagem possui um formato próprio, com as informações necessárias para a correta comunicação entre os agentes.

Sobre o estudo de heurística, pode-se aproveitar a fundamentação do Método da Roleta (HOLLAND, 1992). Esse método possui o objetivo de selecionar indivíduos que deverão fazer parte de uma futura geração de indivíduos. Entretanto, esse método foi usado para selecionar o agente pedagógico que deverá interagir com o estudante. Neste caso, os

agentes Dimi e Dóris são adicionados à roleta fictícia para o sorteio possa ser realizado. O agente escolhido é selecionado para iniciar a interação com o estudante.

Entretanto, o método da roleta será executado apenas quando mais de um agente puder tratar um determinado estímulo. É importante destacar que, o número de interações que o agente já realizou com o estudante é determinante para a definição de quem irá interagir com o estudante. Neste caso, o agente que interagiu menos vezes terá uma probabilidade maior de ser o escolhido. Além disso, a contagem do número de interações considera todas as interações que o agente realizou com o estudante, mesmo nos casos em que apenas um dos agentes possui a habilidade de tratar um determinado estímulo.

Com base nos trabalhos relacionados, observou-se que Ferreira et al. (2004) optaram em usar a linguagem de comunicação FIPA-ACL, pois são mais usadas nos SMAs. Inclusive, os protocolos de comunicação do padrão FIPA foram escolhidos para serem especificados e desenvolvidos na ferramenta desenvolvida pelos autores. Já González et al. (2007) desenvolveram seu trabalho na linguagem Java, com o auxílio do Framework JADE, que por sua vez, segue as especificações FIPA. Consequentemente, a linguagem FIPA-ACL também foi utilizada.

Por outro lado, os autores Giménez-Lugo et al. (2006) e Hirata et al. (2005) optaram em usar KQML como linguagem de comunicação. Mesmo assim, os protocolos de comunicação foram especificados em seus trabalhos com base na fundamentação FIPA. Portanto, os conceitos referentes ao padrão FIPA foram aproveitados e utilizados neste trabalho.

A arquitetura de troca de mensagens foi utilizada nos trabalhos dos autores Moissa (2001), Frigo et al. (2004) e González et al. (2007). Essa tecnologia foi utilizada nos trabalhos dos pesquisadores pelo fato da comunicação entre os agentes ser direta. Portanto, os conceitos desta arquitetura também foram aproveitados neste trabalho.

Por fim, foi possível analisar que o trabalho de González et al. (2007) possui o agente coordenador, que intermedia as ações entre os agentes contidos no sistema. Desta forma, este trabalho aproveitou a ideia para desenvolver o agente Facilitador que, por sua vez, possui a função de controlar a comunicação entre os agentes pedagógicos, além de decidir o agente que deve iniciar a interação com o estudante.

4. DESENVOLVIMENTO DO MECANISMO DE COMUNICAÇÃO

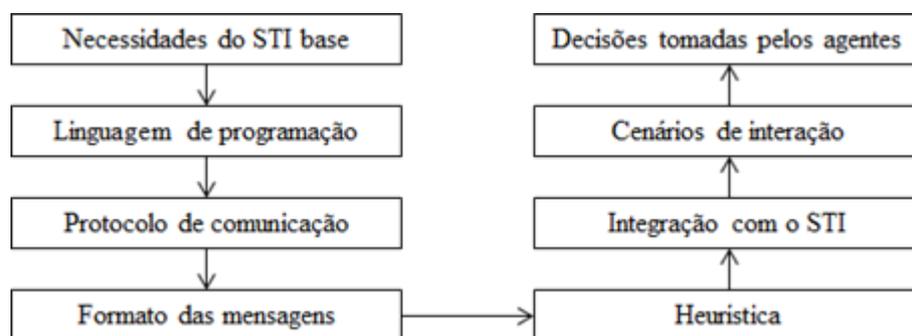
A partir do estudo dos trabalhos relacionados, foi possível desenvolver um mecanismo de comunicação entre agentes pedagógicos, ressaltando aspectos e técnicas a serem utilizados.

4.1. METODOLOGIA PARA O DESENVOLVIMENTO

Este trabalho refere-se a uma pesquisa aplicada de natureza descritiva, pois descreve a situação atual do STI em relação ao mecanismo de comunicação entre agentes. Contudo, o estudo também é de natureza exploratória, já que se baseou em estudos teóricos para o desenvolvimento de um mecanismo de comunicação entre agentes pedagógicos.

A Figura 2 ilustra o fluxograma executivo usado para o desenvolvimento do mecanismo de comunicação.

Figura 2 – fluxograma executivo



Fonte: do autor

Inicialmente, foram levantadas as necessidades do STI base (problemas a serem solucionados). Em seguida, foi definida a linguagem de programação (Java), o protocolo de comunicação e o formato das mensagens a serem usadas durante o desenvolvimento do mecanismo de comunicação.

Na fase da heurística foi definido o algoritmo usado para determinar o agente que deve iniciar a interação com o estudante. Assim, o método da roleta foi selecionado por ser uma das formas de seleção mais simples e bastante utilizado (HOLLAND, 1992).

Com definição das tecnologias, foi necessária a integração de todas as etapas no STI base.

Além disso, cenários de interação foram desenvolvidos para validar o mecanismo, assim como, as decisões dos agentes puderam ser analisadas com auxílio de um questionário respondido por estudantes que usaram o STI.

5. CONCLUSÃO

Pode-se concluir que os trabalhos relacionados contribuíram para a definição das técnicas utilizadas neste trabalho. Portanto, pôde-se propor o desenvolvimento de um mecanismo de comunicação, onde se optou em usar a arquitetura “troca de mensagens” para a comunicação entre os agentes pedagógicos, desenvolvimento de um agente Facilitador para coordenar a comunicação entre esses agentes, implementação de estruturas para as trocas de mensagens, heurística para tomada de decisão, entre outros.

Desta forma, o sucesso deste trabalho está diretamente relacionado ao estudo dos trabalhos relacionados, pois a partir destes, pode-se observar as vantagens e desvantagens dos mesmos. Portanto, a partir desta análise foi possível determinar as técnicas a serem usadas em cada etapa do desenvolvimento do mecanismo de comunicação.

AGRADECIMENTO

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão de bolsa de Mestrado e ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas e Processos Industriais da Universidade de Santa Cruz do Sul, pelo apoio durante o desenvolvimento deste trabalho de pesquisa.

REFERÊNCIAS

BITTENCOURT, G. Inteligência Artificial Distribuída. In Anais: I Workshop de Computação do ITA. 1998.

BORIN, P. M. O uso de ambientes virtuais de aprendizagem com agentes pedagógicos emocionais para capacitação em organizações. In Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC), Sistemas e Processos Industriais (PPGSPI). 2010.

CUTMORE, T. R. H., HINE, T. J., MABERLY, K. J., LANGFORD, N. M., HAWGOOD, G. Cognitive ad gender factors influencing navigation in virtual environment. In International Journal of Human - Computer Studies, 223-249. 2000.

FERREIRA, G. V. V. M., ALMEIDA, H. O., PERKUSICH, A., COSTA, E. B. Especificação e Implementação de Protocolos de Interação entre Agentes para a Plataforma COMPOR. In Revista de Ciência da Computação, InfoComp, Vol. 3, No 2. Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras (MG). ISSN 1807-4545. 2004.

FIPA. Foundation for Intelligent Physical Agents. <http://www.fipa.org>. 2013.

FRIGO, L. B., POZZEBON, E., BITTENCOURT, G. O Papel dos Agentes Inteligentes nos Sistemas Tutores Inteligentes. In Anais do WCETE - World Congress on Engineering and Technology Education, São Paulo/SP. 2004.

FROZZA, R., KONZEN, A., MAINIERI, A. G., SCHREIBER, J., MOLZ, K., TAUTZ, J., PEDÓ, R., DRESCH, J. Agentes tutor e companheiro em um ambiente educacional baseado em estilos cognitivos. In Workshop - Escola de Sistemas de Agentes para ambientes Colaborativos - WESAAC 2007. UCPEL, Pelotas. 2007.

FROZZA, R., SILVA, A. A. K. DA, SCHREIBER, J. N. C., LUX, B., MOLZ, K. W., KIPPER, L. M., BORIN, M. P., CARVALHO, A. B. DE, BAIERLE, J. L., SAMPAIO, L. Agentes Pedagógicos Emocionais atuando em um Ambiente Virtual de Aprendizagem. In RENOTE - Revista Novas Tecnologias na Educação. Centro Interdisciplinar de Tecnologia Educacional da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). 2011.

FROZZA, R., SILVA, A. K. DA, WAGNER, A. L., MOLZ, K. W., SCHREIBER, J., LUX, B., CRUZ, M. K. DA, KIEHL, M. E. Ambiente Educacional Aplicado ao Domínio da Geografia. In Biblioteca digital brasileira de computação (BDBComp), 2009b.

FROZZA, R., SILVA, A. K. DA, LUX, B., CRUZ, M. E. J. K. DA, BORIN, M. Dóris 3D: Agente Pedagógico baseado em Emoções. In XX SBIE - Simpósio Brasileiro de Informática na Educação de 2009a.

GAVIDIA, J. J. Z. AND ANDRADE, L. C. V. DE. Sistemas Tutores Inteligentes. <http://www.cos.ufrj.br/~ines/courses/cos740/leila/cos740/STImono.pdf>, janeiro. 2003.

GIMÉNEZ-LUGO, G. A., JEUKENS, I., FARIA, R., HÜBNER, J. F. Um Enfoque para a Especificação e Execução Flexível de Protocolos em Sistemas Multiagentes. In Revista Gestão & Conhecimento, FATEC (Faculdade de Tecnologia), vol. 4, no 1, 2006, pp 10 - 19.

GIRAFFA, L. M. M. Uma arquitetura de tutor utilizando estados mentais. In Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Programa de Pós-Graduação em Computação (CPGCC), Porto Alegre, BR-RS. Tese de Doutorado. 1999.

GLUZ, J. C. AND VICARI, R. M. Linguagens de Comunicação entre Agentes: Fundamentos Padrões e Perspectivas. In III Jornada de Mini-Cursos de Inteligência Artificial - SBC2003. 2003.

GONZÁLEZ, S. M.; TAMARIZ, A. R.; CARNEIRO, E. C.; ALMEIDA, J. S. de. Agentes Inteligentes no Ambiente Virtual de Ensino de Lógica Halyen. In Conferência IADIS Ibero-Americana WWW/Internet 2007, Universidade Candido Mendes, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil. 2007.

HIRATA, I., HÜBNER, J. F., SICHMAN, J. S. Implementação de Protocolos de Interação no Ambiente SACI. In XIV Seminário de Computação, Blumenau. Anais, 2005. p. 103-113.

HOLLAND, H. J.; Adaptation in Natural and Artificial Systems: An Introductory Analysis with Applications to Biology, Control, and Artificial Intelligence. Edition 1: The University of Massachusetts Institute of Technology, 1975. First MIT Press edition, 1992.

JQUES, P. AND VICARI, R. Pat: Um agente pedagógico animado para interagir afetivamente com o aluno. In Revista Novas Tecnologias na Educação Maio, vol. 3. 2005.

KÜHLEIS, R. CHATTERDÓRIS – Um agente pedagógico com interação em linguagem natural. In Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC), monografia. 2011.

KÜNZEL, M. F.; SILVA, A. K. DA; FROZZA, R., BAGATINI, D., LUX; B. DIMI 3D - Agente Companheiro para um Ambiente Virtual de Aprendizagem. In Anais do V Workshop-Escola de Sistemas de Agentes, seus Ambientes e aplicações - WESAAC 2011. Segunda edição. 2011.

LESTER, J., CONVERSE, S., KAHLER, S., BARLOW, T, STONE, B., BHOGAL, R. The Persona Effect: Affective Impact of Animated Pedagogical Agents. In Proc. CHI '97 - Conference on Human Factors in Computing Systems, Atlanta, GA. 1997.

MAES, P. (1996). Intelligent Software: Programs That Can Act Independently Will Ease the Burdens that Computers Put on People. In IEEE Expert Systems.

MAINIERI, A. G.; FROZZA, R.; SCHREIBER, J.; MOLZ, K. Educational System based on Cognitive styles and/or Learning styles. In: XXVII Annual Conference of the Cognitive Science Society. 2005.

MAMADOU, T. K.; SHIMAZU, A.; TATSUO, N. Software Agents and Quality of Services Issues in Distributed Systems. In Japan Advanced Institute of Science and Technology, Japan. Dissertation of Doctor Philosophy. 2000.

MERGEN, C. H. S. AND SCHREIBER, J. N. C. Agentes Pedagógicos Bayesianos. In SBIE 2005 - XII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, Juiz de Fora. 2005.

MOISSA H. E. Arquitetura de um Agente Identificador de Fatores Motivacionais e Afetivos em um Ambiente de Ensino e Aprendizagem. In Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre/RS. Dissertação de mestrado para a obtenção do grau de Mestre em Ciência da Computação. 2001.

NORVIG, S. AND RUSSELL, P. Inteligência Artificial. Editora: Campus/Elsevier. 2004.

NUNES, M. A. S. N., DIHL, L. L., FRAGA, L. M., WOSZEZENKI, C. R., OLIVEIRA, L., FRANCISCO, D. J., MACHADO, G. J. C., NOGUEIRA, C. R. D., NOTARGIACOMO, M. G. DA. Animated Pedagogical Agent in the Intelligent Virtual Teaching Environment. In Interactive Educational Multimedia. 2002.

PERUCIA, A. S., BERTHÊM, A. C., BERTSCHINGER, G. L., & MENEZES, R. R. C. Desenvolvimento de Jogos Eletrônicos: Teoria e Prática. Editora Novatec. 2005.

SANTOS, C. T. DOS, FROZZA, R., DAHMER, A., GASPARY, L. P. Dóris - Um Agente de acompanhamento pedagógico em Sistemas Tutores Inteligentes. In: XII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação – SBIE – UFES. 2001.

SILVA, A. K.; FROZZA, R; BORIN, M. P.; MOLZ, K.; SCHREIBER, J.; LUX, B.; CARVALHO, A. B.; BAIERLE, J.; KIPPER, L. O Método Clínico de Piaget como forma de Avaliação da Aprendizagem em um Sistema Tutor Inteligente com Agente Pedagógico. In XXI Brazilian

Symposium on Computer in Education (SBIE). João Pessoa/PB. 2010.

SILVA, L. F. R. DA. DIMI : um agente selecionador de estratégias de ensino para sistemas tutores inteligentes. In Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC), Monografia (graduação). 2002.

VICARI, R. M., SANTOS, E. R., PRIMO, T. T., ROSSI, L. H. L. Objetos de Aprendizagem Baseados em Agentes. In Projeto OBAA - Relatório Técnico RT-OBAA-04 - Grupo Agentes e Ontologias. FAURGS – Fundação de Apoio da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2009.

WOOLDRIDGE, M. An Introduction to Multiagent Systems. In Department of Computer Science at the University of Liverpool. Editora: John Wiley & Sons. 2009.

WOOLDRIDGE, M. J. AND JENNINGS, N. R. Intelligent Agents: Theory and Practice. In The Knowledge Engineering Review. 1995.

Capítulo 36

BINARY INTEGER PROGRAMMING MODEL FOR UNIVERSITY COURSES

TIMETABLING: A CASE STUDY

[DOI: 10.37423/200500876](https://doi.org/10.37423/200500876)

Abel Borges (Aluno) (Universidade Federal de Pernambuco).

apdmbj1@de.ufpe.br

Prof. Raydonal Ospina (Co-orientador) (Universidade Federal de Pernambuco).

raydonal@de.ufpe.br

Prof. Geiza Cristina (Co-orientadora) (Universidade Federal de Pernambuco).

geiza@de.ufpe.br

Prof. André Leite (Orientador) (Universidade Federal de Pernambuco).

leite@de.ufpe.br



ABSTRACT

It is proposed a binary integer programming model to handle a real instance of the courses-to-professors timetabling problem. The optimization criterion is the preferences of professors by courses and schedules. Besides the common set of constraints, specific features of this situation are considered. To decide about different optimal solutions, it is introduced a coefficient to measure (alternatively and independently of the approach used in the model) how well some solution met the preferences of professors by courses. The model was successfully applied twice, in semesters 2014.2 and 2015.1, by the Departamento de Estatística (DE) of the Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). This paper is the result of an undergraduate research mentorship of the first author.

KEYWORDS. Integer programming, university timetabling, courses scheduling.

Main Area: OC - Combinatorial Optimization, EDU - OR in Education, OA - Other applications in OR

1. INTRODUCTION

A classic problem which appears often in literature of combinatorial optimization is the matching problem Papadimitriou and Steiglitz [1982]. It has been proved to be NP-complete (Even et al. [1975]), i.e. for which there is no polynomial time algorithm. In a particular situation, it is known as the timetabling problem, cf. de Werra [1985].

A huge part of the papers on timetabling are motivated by scheduling issues in universities or schools PATAT [2014]. Thus, it is not unusual in literature to treat the participants involved in the timetabling problem more particularly, as it is done here. Our problem may be defined and more well comprehended in the following terms. The timetabling problem looks for the best schedule, according to some criteria, that indexes in time every element in a set of resources, which may contain professors, groups of students, classrooms or laboratories (or arrays combining these elements). Such time intervals usually have pre-defined structures that compose a set. A set of constraints defines the terms of availability of the different components, so determining the Schedule rules, that is, how the resources must be allocated.

It is possible to distinguish two main classes of educational timetabling problems: exams timetabling and courses timetabling. A couple of fundamental differences between them are immediate, as pointed out by Burke et al. [1964].

Firstly, exams must be scheduled in such a way that no student has more than one exam at the same time, but it is possible to assign time periods to courses with no previous knowledge about the students subscription. On the other hand, if space is a limited resource, it is allowed when scheduling exams that more than one class of students share the same room, whereas that is an obvious constraint in courses timetabling.

The reader is referred to de Werra [1985], in which the author considers general formulations for the timetabling problem, starting from the simpler or less specific one and hence including common constraints in practical applications. Also, he solves this problem using an approach based on graph coloring methods. Despite these generalization difficulties (or maybe because of them), there is a wide scientific production on timetabling which deals with its theory and applications and several approaches are proposed (cf. Section 2).

We present a case study of this kind of problem, particularly courses timetabling.

They are observed the characteristics of the Departamento de Estatística (DE) of the Universidade Federal de Pernambuco (UFPE, www.de.ufpe.br). Educational questions must be satisfied and we try to answer the professors' subjective preferences for the courses and schedules (weekly, in this case). So far, this process has been realized manually, taking some weeks until a conclusion. We attempt to promote its automation by implementing an optimization model that looks for the best schedule, in the sense to be explained.

2. STATE OF THE ART

The main practical motivation of this research field could be regarded to the impracticability to solve the problem manually as it increases in size. The massive use of computers to solve timetabling problems probably started with Gotlieb's The construction of class-teacher timetables, in 1963 Gotlieb [1963].

A survey conducted by the Automated Scheduling and Planning (ASAP) Group at the University of Nottingham in the year of 1995 obtained feedbacks of 56 british universities on the use of computers to build timetables Burke et al. [1964]. Then, 42% of them were used to schedule manually, 37% assisted by computers and 21% totally automated.

The timetabling problem became more popular after the International Timetabling Competition (ITC), which have had three versions (2002, 2007 and 2011), cf. Post et al. [2013]. Such events positively impact the research community in the sense of stating common instances and so enabling comparisons between the models and algorithms proposed.

The binary integer linear programming model is a widely applied approach to this problem (see, for example, Bakir and Aksop [2008], Ferreira et al. [2011], Havas et al.

[2013]). Whenever there exists a solution, the optimal algorithm available will find it. The downside appears very often: when the instance becomes relatively large, exact algorithms and the respective based models are very time consuming and are not so desirable.

Heuristics and meta-heuristics based methods are alternatives. In fact, proposals in these directions involve integer and mixed integer mathematical programs. Actually, which has shown to be a really powerful approach is combine the good features of both exact and heuristics methods as done in Ahmed et al. [2015], Burke et al. [2010], Santos [2007].

3. SCHEDULING RULES

Firstly, the model is based on the satisfiability approach of optimize the professors' preferences by courses and schedules. This paradigm guides the objective function. Secondly, as usual when building courses timetables, we consider common scheduling rules. For example, only one professor teaches each class; professors just may be in one place at a time; each course must be taught by the same professor; professors have a maximum load of courses to teach; try to maximize number of graduating students.

Additionally, we consider specific features. For instance, we need to deal with basic and external courses, which have a prefigured timetable by other departments, and manage the choice of courses to offer by semester. Also, classes of a same course should be properly spaced over the weekdays and so on.

4. THE MATHEMATICAL MODEL

We now describe the structure of the proposed model. The particular contents and details of the computational implementation are not exhaustive. The notations present in Table 1 are considered, calling this sets and explaining as it is convenient in the text.

Furthermore, variables and parameters are defined as follows.

Table 1: Description of sets and indexes used in the model.

Set	Index	Description
$\mathcal{T}, \mathcal{T}_d, \mathcal{T}_s$	t	Professors, department professors and assistants ones
$\mathcal{C}, \mathcal{C}_{\text{und}}, \mathcal{C}_{\text{ext}}$	c	All courses, undergraduate courses and external ones
\mathcal{D}	d	Weekdays
\mathcal{S}	s	Shifts: morning, afternoon, night
$\mathcal{B} \equiv \{1, 2\}$	b	First and second time blocks (or time slots) in a given shift
$\mathcal{P}, \mathcal{P}_b$	p	All semesters and semesters in which are offered <i>basic</i> courses
\mathcal{C}_p	c	Courses distinguished by semesters
\mathcal{N}	n	Students near graduation)
\mathcal{F}_n	c	Courses required by undergraduating student n
$\mathcal{D}_{\text{grad}}$	(t, d)	Days in which professor t teaches some graduate course
\mathcal{H}	(t, d, s, b)	Graduate schedules that must to be avoided
\mathcal{L}	(t, d, s, b)	Locked schedules of professor t
\mathcal{A}_p	(d, s, b)	External undergraduate courses schedules by semester
\mathcal{E}	(c, d, s, b)	External courses (offered to others departments) schedules

4.1. DECISION VARIABLES AND PARAMETERS

The model considers the following parameters and decision and auxiliary variables: 1. $u[t, c]$ (parameter): Ordinal utility of relation professor-course. It represents the preference of

professor t about course c . Each professor informs a ordered list of preferred courses and the first one has the greater u value, the second one the second greater u

value and so on;

2. $load[t]$ (parameter): This parameter regards the classes load that professor t must satisfy with undergrad courses (or external courses). In the model, its value provides an upper limit to how many courses of this kind he must teach. This depends, for instance, on professor being assistant or not, teaching grad courses or having administrative responsibilities;

3. $x[t, c, d, s, b]$ (decision variable): Indicator variable of event “professor t is allocated to teach course c in day d , shift s and time slot b ”;

4. $y[t, c]$ (auxiliary variable): Binary variable which informs whether professor t is matched to course c ;

5. $z[t, d]$ (auxiliary variable): Binary variable which indicates whether professor t teaches some class in day d .

4.2. OBJECTIVE FUNCTION

Here, building a timetable to professors’ educational tasks is guided, first of all, by the following criteria: answer as much as possible the preferences of the professors for courses and schedules. Thenceforth the objective function is defined. It is intended to maximize the quantity

$$Q = \sum_{\mathcal{T}} \sum_{\mathcal{C}} u[t, c]y[t, c] - M \sum_{\mathcal{T}} \sum_{\mathcal{D}} z[t, d]$$

The constant M is a positive large number, and it promotes a penalization on Q when increasing z values, i.e. an adjacent purpose is to concentrate teachings of a given professor at the minimum feasible number of days. We remark that, by definition, $z[t, d]$ is the indicator variable of the event “professor t teaches some class in the day d ”.

4.3. CONSTRAINTS

I ▷ (Definition of the auxiliary variable $y[t, c]$) For each pair professor- course scheduled, the variable y equals 1 if, and only if, summing x over all triples day-shift-block equals 2, once each course considered here must has two time slots of classes per week.

$$\sum_{\mathcal{D}} \sum_{\mathcal{S}} \sum_{\mathcal{B}} x[t, c, d, s, b] = 2y[t, c], \quad \forall t \in \mathcal{T}, c \in \mathcal{C}$$

II ▷ (Definition of the auxiliary variable $z[t, d]$) It is intended to concentrate the professors' teachings at the minimum feasible number of days. This is done by means of the proposed penalization in Q and this inequality:

$$\sum_{\mathcal{C}} \sum_{\mathcal{S}} \sum_{\mathcal{B}} x[t, c, d, s, b] \leq 6z[t, d], \quad \forall t \in \mathcal{T}, d \in \mathcal{D}$$

Indeed, though we talk in definition of z , only this constraint does not guarantee that, if professor t_0 is scheduled for no classes on day d_0 , $z[t_0, d_0] = 0$. But, once we are handling with an integer linear programming model, in the optimal solution the combined effects of this constraint and the penalization in Q act to make z work according to the interpretation we gave to it.

III ▷ Each department professor t should teach a maximum of $\text{load}[t]$ undergraduate or external courses. Hence,

$$\sum_{\mathcal{C}} y[t, c] \leq \text{load}[t], \quad \forall t \in \mathcal{T}_d$$

IV ▷ Some professors also cooperate with the Statistics Graduate Program (PPGE). In order to give to sum in z this information in the objective function, let \mathcal{D}_{grad} be the set of couples (t, d) such that professor t teaches in day d some course on PPGE. So, we set

$$z[t, d] = 1, \quad \forall (t, d) \in \mathcal{D}_{grad}$$

Under the same argument, let \mathcal{H} be the set of 4-tuples (t, d, s, b) such that professor t teaches some class on PPGE in (d, s, b) . Note that $\mathcal{D}_{grad} = \{(t, d) : (t, d, s, b) \in \mathcal{H}\}$.

The undergraduate schedule is subordinated to the PPGE one. So, to avoid time conflict between both programs, we set

$$\sum_{\mathcal{C}} x[t, c, d, s, b] = 0, \quad \forall (t, d, s, b) \in \mathcal{H}$$

V ▷ Given a specific time slot, a professor must be teaching not more than one class on it. This is a constraint present in almost all classes timetabling problems.

$$\sum_{\mathcal{C}} x[t, c, d, s, b] \leq 1, \quad \forall t \in \mathcal{T}, d \in \mathcal{D}, s \in \mathcal{S}, b \in \mathcal{B}$$

VI ▷ Each course must be ministered by the same professor. So,

$$\sum_{\mathcal{T}} y[t, c] = 1, \quad \forall c \in \mathcal{C}$$

VII ▷ It is necessary to avoid that instructors teach classes on extreme shifts in a day. Let \mathcal{T}_d be the set of the department professors. Once in our case none of them showed interest by courses supposed to be offered at night, let's just lock this shifts setting

$$\sum_{\mathcal{C}} \sum_{\mathcal{D}} \sum_{\mathcal{B}} x[t, c, d, \text{night}, b] = 0, \quad \forall t \in \mathcal{T}_d$$

VIII ▷ We want to avoid classes of a same course happening two days in a row, as well as in two consecutive time blocks at a same shift and day. Put in other words, each course has classes in different and properly spaced weekdays. Then:

$$\sum_{\mathcal{T}} \sum_{\mathcal{S}} \sum_{\mathcal{B}} x[t, c, d, s, b] + \sum_{\mathcal{T}} \sum_{\mathcal{S}} \sum_{\mathcal{B}} x[t, c, d+1, s, b] \leq 1, \quad \forall c \in \mathcal{C}, d \in \mathcal{D}$$

IX ▷ (Basic courses constraints) The basic courses (Calculus, Linear Algebra and Analytic Geometry) are offered by a specific department. Their schedules are preset and the concerned departments look to conform their timetables. Let \mathcal{C}_p be the set of undergraduate courses of semester p and \mathcal{A}_p be the set of triples (d, s, b) scheduled for basic courses in semester p . Hence, to each semester we prohibit undergraduate courses be matched to this time slots:

$$\sum_{\mathcal{T}} \sum_{\mathcal{C}_p} \sum_{\mathcal{A}_p} x[t, c, d, s, b] = 0, \quad \forall p \in \mathcal{P}_b$$

X ▷ The following formulation guarantee that, in each semester p , a time block is filled with a maximum of one professor teaching one undergraduate course:

$$\sum_{\mathcal{T}} \sum_{\mathcal{C}_p} x[t, c, d, s, b] \leq 1, \quad \forall p \in \mathcal{P}, d \in \mathcal{D}, s \in \mathcal{S}, b \in \mathcal{B},$$

in which \mathcal{C}_0 is the set of optional courses, with no defined semesters.

XI ▷ External courses, i.e. courses offered by DE to others departments, also have a preset schedule. Let \mathcal{E} be the set of 4-tuples (c, d, s, b) such that external course c is scheduled to time block b , shift s and day d . Then,

$$\sum_{\mathcal{T}} x[t, c, d, s, b] = 1, \quad \forall (c, d, s, b) \in \mathcal{E}.$$

XII ▷ It often happens that students are subscribed to courses which belong to different semesters. So, it is mainly considered the request of courses coming from students near to achieve undergraduate level. Let \mathcal{N} denote the set of potential undergraduating students and let $\mathcal{F}_n, n \in \mathcal{N}$, be the set of courses required by student n . Hence, we set

$$\sum_{\mathcal{T}} \sum_{\mathcal{F}_n} x[t, c, d, s, b] \leq 1, \quad \forall n \in \mathcal{N}, d \in \mathcal{D}, s \in \mathcal{S}, b \in \mathcal{B}$$

which is equivalent to avoid time conflicts between every pair of distinct courses in \mathcal{F}_n .

XIII ▷ The following formulation avoid time blocks that professors prefer do not teach. Let \mathcal{B} be the set of 4-tuples (t, d, s, b) such that professor t prefers do not be scheduled on (d, s, b) . Hence,

$$\sum_{\mathcal{C}} x[t, c, d, s, b] = 0, \quad \forall (t, d, s, b) \in \mathcal{B}$$

4.4. AN ALTERNATIVE COEFFICIENT OF PREFERENCES MEETING

We propose a coefficient for each solution i in a set I of optimal solutions of some instance, called here G_i , to judge whether some solution is better than an other, calculated by the following algorithm. To optimize the understanding, the reader may want to take a look at Table 3 to visualize the process. For particular solution i and professor t , compute for the j -th allocation

$$g_j \triangleq g_j[i, t] = \frac{l_{j,t} - k_{j,t} + \delta_j}{l_{j,t} - 1 + \delta_j},$$

in which j is the indicator variable of the event “the element j is the last one of the list” and $k_{j,t}$ is the ranking of the j -th course, in order of preference, matched to professor t in the list without all courses up to the $(j - 1)$ -th assigned course, whose length is $l_{j,t} = l_{1,t} - (j - 1)$. Let us say that professor t was matched to $q_t \leq \text{load}[t]$ disciplines. Note that each $g_j \in (0, 1]$, $j \in \{1, 2, \dots, q_t\}$, measures the meeting of the j -th preference given that the previous allocations have already been considered.

Thus, set $G_{i,t} \triangleq \sum_{j=1}^{q_t} g_j/q_t$ and so define $G_i \triangleq (\#T)^{-1} \sum_{t \in T} G_{i,t}$, $i \in I$, as a coefficient which measures how well the solution i meet the professors’ preferences by courses. Then, given the distinct optimal solutions in I of some instance, we will say that $\max_i \{G_i : i \in I\}$ indicates which is the best solution.

For instance, one may compute $G_{1,t}$, with some $t \in \{1, 2, \dots, 18\}$, for the unique optimal solution presented in Table 3 and obtain for professor 13 $G_{1,13} = 12(g_1 + g_2) = 12(5 - 15 - 1 + 4 - 24 - 1) = 56$.

5. APPLICATION AND RESULTS

The model was implemented in AMPL and solved by means of the Gurobi 5.6 software (www.gurobi.com). To deal with the semester 2014.2, it was necessary 903 binary variables and 1,760 linear constraints. In 2015.1, the formulation had 2,514 binary variables and 1,055 constraints. In both cases, a unique optimal solution was found after less than 2 seconds using a Linux computer with AMD quad-core processor and 4GB RAM.

Table 3 shows the preferences list of each professor, in which the courses and department professors are labeled by integers from 1 to 32 and 1 to 18, respectively, besides one assistant professor. Courses in orange and red (square) labels were later attached to the original lists by a commission to handle feasibility. Disciplines of this kind which were matched to the respective professor have red labels.

For 2014.2 semester, about 70% of total professors had first preference met and only about 10% of them (professors 9 and 10) were not answered in the first three preferences.

Table 2 compare over the semesters the number of days in which professors were scheduled

to teach, the secondary criteria. As we said before, the scheduling process was manually executed up to semester 2014.1. For 2015.1, as high as 80% of total professors had first preference and, as 2014.1, only 10% were not answered in the first three preferences.

Table 2: Distribution of how many days were allocated to each professor whose load is at least two courses.

Days	2013.1	2013.2	2014.1	2014.2	2015.1
2	64%	21%	50%	80%	87%
3	24%	50%	33%	20%	13%
4	12%	29%	17%	0%	0%

Table 3: Solution for semester 2014.2. Legend:  Allocated course;  allocated course which were not in original list;  course added to the original list;  course allocated to assistants.

Professor	Days	Preferences list
1	2	 , 4, 3, 1, 7, 9, 5, 10, 6, 14
2	2	 , 21
3	2	 , 5, 6, 13, 23
4	2	 , 5, 1
5	2	2, 9,  , 22, 19, 24, 
6	2	 , 11, 12, 20, 16, 17, 18, 24, 32, 
7	2	 , 
8	2	 , 16, 17, 
9	2	2, 8, 5, 4, 10, 1, 18,  , 23
10	3	4, 5, 8, 9, 10,  , 23,  , 
11	2	 , 7, 21, 16, 
12	2	12, 5,  , 
13	2	 , 8,  , 21, 19
14	2	 , 11, 15, 20, 18, 21, 23, 
15	2	 ,  , 
16	2	 ,  , 5, 10, 11, 12, 13, 19, 20, 23, 24
17	2	 ,  , 2, 23, 8
18	3	 , 1,  , 7, 21, 32, 
Assistant	2	 ,  , 

6. CONCLUSIONS AND PERSPECTIVES

First of all, building feasible timetables became a trivial task. The model makes simpler to deal with professors, if new conditions are proposed, by testing different scenarios. Both

schedules for semesters 2014.2 and 2015.1, when the model was used, were well accepted and implemented by the department.

For future works, it is intended to study the influence of the parameters $u[t, c]$ in solutions and even in computational complexity. Also, a parallel model based on the coefficients G_i , in the sense of being specific about the required quality of the solutions, may have interesting features.

REFERENCES

L.N. Ahmed, E. Özcan, and K. Ahmed. Solving high school timetabling problems worldwide using selection hyper-heuristics. *Expert Systems with Applications*, 42(13):5463 – 5471, 2015.

M.A. Bakir and C. Aksop. A 0-1 integer programming approach to a university timetabling problem. *Hacettepe Journal of Mathematics and Statistics*, 37(1):41 – 55, 2008.

E. Burke, K. Jackson, J.H. Kingston, and R. Weare. Automated university timetabling: The state of the art. *The Computer Journal*, 40(9):565 – 571, 1994.

E.K. Burke, J. Mareek, A.J. Parkes, and H. Rudová. Decomposition, reformulation, and diving in university course timetabling. *Computers & Operations Research*, 37(3):582 – 597, 2010. Hybrid Metaheuristics.

D. de Werra. An introduction to timetabling. *European Journal of Operational Research*, (9):151 – 162, 1985.

S. Even, A. Itai, and A. Shamir. On the complexity of timetable and multi-commodity flow problems. 1975.

P.S. Ferreira, E.W. Karas, F.L. Palucoski, A.A. Ribeiro, and A.L. Silva. Aplicação de programação inteira na distribuição de encargos didáticos em instituições de ensino. *Trends in Applied and Computational Mathematics*, 12(2):135 – 144, 2011.

C. Gotlieb. The construction of class-teacher timetables. In *IFIP*, pages 73–77, Amsterdam, 1963.

J. Havas, A. Olsson, J. Persson, and M.S. Schierscher. Modeling and optimization of university timetabling - a case study in integer programming. *Göteborgs universitets publikationer*, 2013.

C. H. Papadimitriou and K. Steiglitz. *Combinatorial Optimization: Algorithms and Complexity*. Dover Publications, 1982.

PATAT, editor. *Practice and Theory of Automated Timetabling (PATAT)*, 2014. <http://www.patatconference.org/>.

[//www.patatconference.org/](http://www.patatconference.org/).

Gerhard Post, Luca Di Gaspero, JeffreyH. Kingston, Barry McCollum, and Andrea Schaerf. The third international timetabling competition. *Annals of Operations Research*, pages 1–7, 2013. ISSN 0254-5330. doi: 10.1007/s10479-013-1340-5. URL <http://dx.doi.org/10.1007/s10479-013-1340-5>.

H.G. Santos. *Formulações e algoritmos para o problema de programação de horários em escolas*, 2007.

Capítulo 37

UM ESTUDO COMPARATIVO ENTRE TÉCNICAS DE INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL PARA O RECONHECIMENTO ÓTICO DE CARACTERES MANUSCRITOS

[DOI: 10.37423/200500929](https://doi.org/10.37423/200500929)

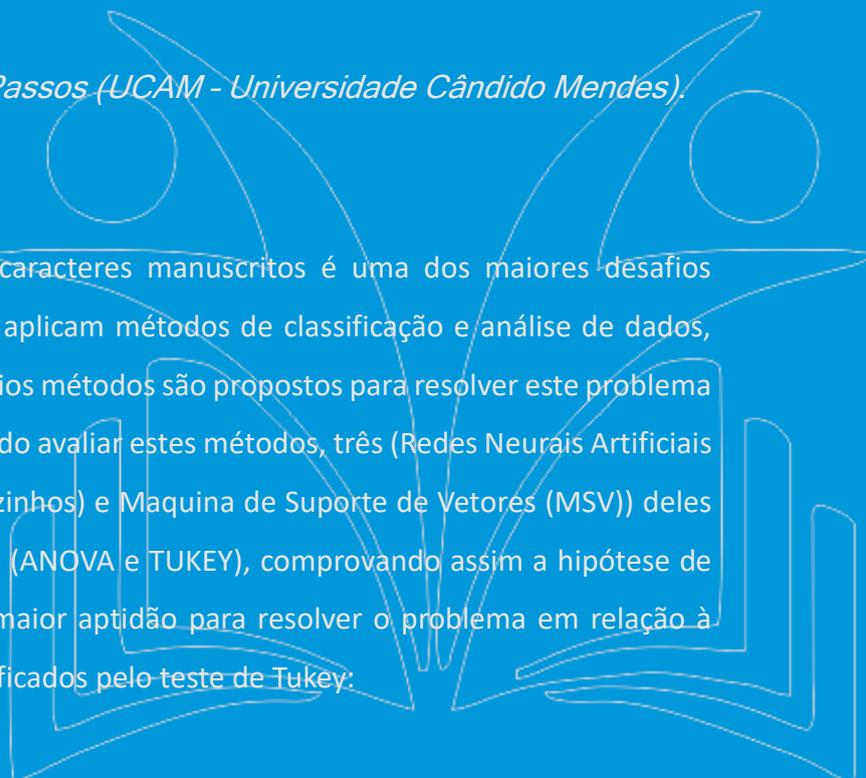
*Ubiratan Roberte Cardoso Passos (UCAM - Universidade Cândido Mendes).
ubiratanroberte@hotmail.com*

*Ítalo de Oliveira Matias (UCAM - Universidade Cândido Mendes).
italo@ucam-campos.br*

*Marlito Andrade (UCAM - Universidade Cândido Mendes).
marlitoa@gmail.com*

*Camila do Espírito Santo Ornelas Passos (UCAM - Universidade Cândido Mendes).
camilaopassos@hotmail.com*

RESUMO: Reconhecer corretamente caracteres manuscritos é uma dos maiores desafios enfrentados pelos pesquisadores que aplicam métodos de classificação e análise de dados, isto devido a sua grande variedade, vários métodos são propostos para resolver este problema apresentando bons resultados. Buscando avaliar estes métodos, três (Redes Neurais Artificiais (RNA); K-Vizinhos mais Próximos (K-Vizinhos) e Máquina de Suporte de Vetores (MSV)) deles foram submetidos a testes estatísticos (ANOVA e TUKEY), comprovando assim a hipótese de que alguma destas ferramentas tem maior aptidão para resolver o problema em relação à outra, ficando os métodos assim classificados pelo teste de Tukey:



MSV, RNA e KVizinhos em ordem de aptidão, permitindo assim a comunidade científica dedicar seus esforços de forma direcionada.

PALAVRAS CHAVE: Redes Neurais Artificiais, K-Vizinhos mais Próximos, Máquina de Suporte de Vetores, Análise Estatística.

Área principal: Simulação; Metaheurísticas.

1. INTRODUÇÃO

O reconhecimento óptico de caracteres através da análise de imagens digitais por computadores, tem, a anos despertado atenção da comunidade científica, como se pode observar pelos trabalhos pioneiros de Tauschek, que patenteou a Optical Character Recognition (OCR) (Reconhecimento óptico de caractere) em 1929 na Alemanha e em 1935 nos Estados Unidos. A partir da década de 50, as pesquisas a respeito do assunto se intensificaram impulsionadas pelas crescente evolução dos computadores, originando trabalhos como os publicados por (DIMOND, 1957; NEISSER & WENEE, 1960; EDEN, 1961; EDEN & HALLE, 1961; FRISHKOPF & HARMON, 1961) que propunham vários algoritmos para resolução do referido problema.

Devido as diversas formas que um caractere pode possuir, este continua sendo um problema que desperta grande interesse, gerando inúmeras pesquisas sobre o tema, como por exemplo as diversas pesquisas direcionadas ao reconhecimento de caracteres manuscritos, tendo como principal vertente a Intelligent Character Recognition (ICR)(Reconhecimento Inteligente de Caracteres) (GONZALEZ & WOODS, 2001; MONTAÑA, 2007; JAIN & KO, 2008; PEREIRA et al., 2010; SHRIVASTAVA & GHARDE, 2010; TRENTINI et al., 2010; LIN et al., 2011).

Muitos algoritmos para reconhecimento de caracteres manuscritos ainda apresentam, em alguns casos, grandes dificuldades em realizar o correto reconhecimento, ou seja, o algoritmo não é capaz de fazer a correta classificação de alguns caracteres, o que interfere no processo de reconhecimento do mesmo (MIRANDA et al., 2013). O grande número de soluções disponíveis, cada qual com suas características e metodologias serviram de inspiração para realização deste trabalho, que tem como principal objetivo avaliar 3, dos mais utilizados métodos para reconhecimento de caracteres, sejam eles manuscritos ou não, são eles: Redes Neurais Artificiais (RNA's), Máquinas de Vetores de Suporte e K-Vizinhos.

O principal objetivo desta análise é verificar, dentre as 3 selecionadas, qual apresenta melhores resultados e em quais casos, buscando desta forma fornecer aos demais pesquisadores parâmetros para concentração de seus esforços nas técnicas que melhor atende à suas necessidades. Todas as ferramentas serão comparadas segundo os mesmos critérios e através da aplicação de métodos estatísticos como poderá ser verificado no decorrer deste artigo.

2. RECONHECIMENTO ÓPTICO DE CARACTERES

Osório (1991), afirma que os sistemas de reconhecimento óptico de caracteres (Optical Character Recognition) – OCR são desenvolvidos para, de certa forma reproduzir a capacidade humana de leitura de textos. Estes sistemas, além de permitirem uma forma alternativa de interação homem-máquina, esta tecnologia é utilizada também para compactação de imagens textuais.

Este último caso é frequentemente aplicado na utilização de sistemas de fac-símile, permitindo a transmissão de compactada de textos. O reconhecimento de caracteres em uma imagem a ser transmitida pelo equipamento em questão, permite a compactação da informação, resultando assim em economia (menor número de informações transmitidas).

Desenvolver sistemas que realizem este tipo de reconhecimento requer várias aplicações tecnológicas, tais como o desenvolvimento de leitoras automáticas de cheques bancários, máquinas automáticas de processamento de códigos postais, máquinas automáticas voltadas ao processamento de formulários preenchidos manualmente, entre outras (AIRES, 2005).

As técnicas de OCR “estabelecem as bases e a motivação para tornar o reconhecimento de padrões e análises de imagens, campos individuais de interesse da ciência” (RODRIGUES E THOMÉ, 2000). Esta técnica é baseada na extração das características dos caracteres de uma imagem de um determinado documento digitalizado, para que possa assim ser realizada a classificação destas características.

Segundo Aires (2005), um fator determinando para o bom desempenho do reconhecimento é a seleção do conjunto de características a serem extraídas dos caracteres. A dificuldade em reconhecer corretamente símbolos ópticos está na complexa irregularidade entre representações gráficas do mesmo caractere, isto devido as variações entre as fontes, estilos e tamanhos. Estas características aumentam quando em se tratando de caracteres manuscritos. Assim sendo, os métodos convencionais de programação de mapeamento de símbolos da imagem em matrizes, analisa pixel e/ou dados do vetor tentando assim decidir qual símbolo corresponde a qual caractere, resultaria em algo nada ou pouco realista.

O reconhecimento de padrões é realizado a todo momento na vida humana. Enfim, reconhecer um rosto, distinguir animais, compreender a fala, ler as mais diversas caligrafias

e até mesmo interpretar um exame de eletrocardiografia, tudo isto é reconhecimento de padrões (RIBEIRO, 2003).

2.1. REDES NEURAIS ARTIFICIAIS

Redes Neurais Artificiais (RNA's) possuem a característica de serem apropriadas ao reconhecimento de padrões, devido a sua capacidade de aprendizado, modificando seu comportamento frente a um conjunto de estímulos de entrada (LEOESCH e SARI, 1996). Assim sendo a rede pode aprender a responder especificamente a um determinado conjunto de estímulos fornecidos.

Dadas suas características inerentes, as redes neurais são muito adequadas para o reconhecimento ou classificação de padrões, podendo se adaptar para responder a um padrão específico. Osório (1991) afirma que, redes neurais artificiais representam uma ferramenta computacional de aplicação nas mais diversas áreas da ciência e da vida humana. Dentre as aplicações mais comuns para a aplicação das redes neurais artificiais são: Análise de imagens; Classificação de dados; Diagnóstico médico; Identificação de fraude de cartão de crédito; Processamento de sinais e eliminação de ruídos; Reconhecimento e síntese de fala; Reconhecimento óptico de caracteres (OCR); Robótica.

Esta tecnologia apresentam atributos importantes e únicos, são eles: aproximação universal (mapeamento entrada-saída não linear), capacidade de aprendizado e adaptação ao ambiente em que operam, além da capacidade de generalização.

RNA são modelos matemáticos que buscam se assemelhar às estruturas neurais biológicas com capacidade computacional adquirida por meio de aprendizagem e generalização (BRAGA, 2000). Tais modelos almejam a semelhança com o sistema nervoso dos seres vivos e sua capacidade de processamento de informações, trata-se de uma metáfora à maneira como o cérebro humano processa as informações, no entanto utilizadas na computação.

Haykin (2001) define a rede neural como uma máquina adaptativa, um processador paralelamente distribuído, constituído de unidades de processamento simples, que têm a propensão natural para armazenar conhecimento experimental e torna-lo disponível para o uso. Para Haykin (2001) essa estrutura se assemelha ao cérebro em dois aspectos: 1 – O conhecimento é adquirido pela rede a partir de seu ambiente através de um processo de aprendizagem; 2 – Forças de conexão entre os neurônios, conhecidas como pesos sinápticos, são utilizadas para armazenar o conhecimento adquirido.

A arquitetura da rede é definida pela forma na qual os neurônios são organizados e interconectados, ou seja, o número de camadas, o número de neurônios por camada, os tipos de conexões entre estes neurônios e a topologia da rede (HAYKIN, 2001)(SILVA, 2009). Existem diversos modelos para implementação de uma estrutura de Rede Neural Artificial, como a SOM (Selforganizing map), RBF (Radius Basis Function), LMS (Least Mean Square) e MLP (Multi Layer Perceptrons).

2.2. MÁQUINAS DE SUPORTE DE VETORES

Máquinas de Vetores de Suporte (Support Vector Machines), ou SVM's como são mais comumente conhecidas, tem a capacidade de resolver problemas de classificação e regressão, adquirindo com o aprendizado na etapa de treinamento a capacidade de generalização (GUNN, 1998). Considerando um problema binário, o objetivo da SVM é separar as instâncias das duas classes através de uma função que será obtida a partir dos exemplos conhecidos na fase de treinamento. O objetivo é produzir um classificador que funcione de forma adequada com exemplos não conhecidos, ou seja, exemplos que não foram aplicados durante a fase de treinamento, adquirindo desta forma a capacidade de prever as saídas de futuras novas entradas.

O mais simples modelo de SVM, que foi também o primeiro a ser introduzido, é conhecido como Classificador de Margem Máxima. Este modelo trabalha apenas com dados linearmente separáveis, ficando, portanto restrito à poucas aplicações práticas. Entretanto, ainda que com estas limitações, este classificador apresenta propriedades importantes que o torna a pedra fundamental para a formulação de SVM's mais sofisticadas.

A Figura 1(a) apresenta a mostra de espaços de características linearmente separáveis para um conjunto de treinamento bidimensional, enquanto a Figura 1 (b) apresenta um espaço linearmente inseparável. A linha escura presente em ambas as figuras, separando os vetores de entrada de classes distintas é chamada superfície de decisão (ou separação). Em particular, na Figura 1(a) devido a linearidade da superfície de decisão, esta também é conhecida como hiperplano de separação.

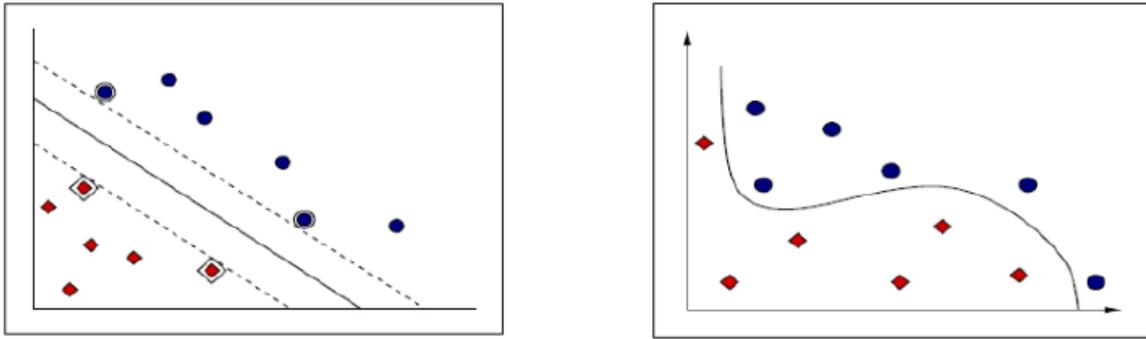


Figura 1 (a) Espaço linearmente separável

Figura 1 (b) espaço linearmente inseparável

Fonte: Adaptado de (SHRIVASTAVA e GHARDE, 2010)

Logo, o classificador de margem máxima (linhas pontilhadas) otimiza o limites no erro de generalização das máquinas lineares em termos de a margem de separação entre as classes a qual é determinada pelo hiperplano de separação. Essa estratégia envolve separar os dados com um tipo especial de hiperplano.

2.3. K-VIZINHOS MAIS PRÓXIMOS (K-NEAREST NEIGHBOR)

Este algoritmo de classificação pode ser inserido no âmbito dos algoritmos de aprendizado baseado em casos (Case Based Learning) (AHA, 1991). Logo, este algoritmo baseia-se no princípio que, casos semelhantes deverão a princípio ter a mesma classe. Este princípio de continuidade é de certa forma comum a todos os algoritmos, utilizando o conceito de semelhança de forma direta para determinar a classe. Este algoritmo afere a semelhança entre os pontos através de uma função de distância que é aplicada a pares de casos. É possível definir várias funções de distância, como por exemplo a distância euclidiana, definida pela expressão:

$$\sqrt{\sum(\mathbf{a}_i - \mathbf{b}_i)^2}$$

e a distância de Manhattan definida pela expressão

$$\sum|\mathbf{a}_i - \mathbf{b}_i|$$

nas quais, em ambos os casos \mathbf{a}_i e \mathbf{b}_i representam os valores do atributo i nos casos \mathbf{a} e \mathbf{b} respectivamente.

Para prever qual a classe de um determinado caso c o algoritmo determina os k casos que menos se distanciam deste. Os casos identificados são denominados **k-vizinhos mais próximos de c** , pode-se então sugerir que: v_1, \dots, v_k . A classe prevista para o caso c , é aquela que ocorre maioritariamente nos seus vizinhos. A expressão a seguir define como essa classe c é determinada:

$$y_c = \arg \max_{cl \in Classes} \|\{v_i: y_{vi} = cl\}\|$$

Pela Figura 2 é possível observar uma breve ilustração de como são feitas as classificações através da aplicação do algoritmo KNN.

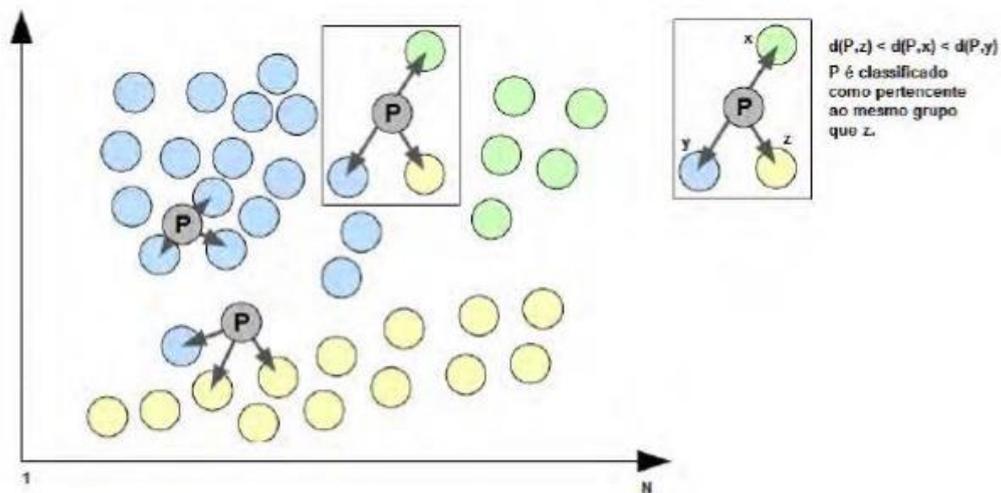


Figura 2 Classificação de objetos utilizando o kNN com $k = 3$. Fonte: Adaptado de (SANTOS, 2010).

Dada a Figura 2, cada cor representa uma classe, e os círculos marcados com **P** representam os objetos desconhecidos a serem rotulados. Um ponto importante que deve ser considerado é o valor atribuído a **k**. Caso o valor de **k** seja pequeno demais, o resultado do algoritmo pode ser sensível a *outliers* (discrepâncias), por outro lado, sendo o valor de **k** demasiadamente grande, a vizinhança pode incluir muitos pontos pertencentes à classes distintas.

Considerando um conjunto de pontos **N** como sendo o conjunto de treinamento e um objeto de teste **p**, o algoritmo calcula a distância $d(N;p)$ entre todos os objetos pertencentes a **N**, determinando assim uma lista de **k-vizinhos mais próximos**. Uma vez determinados os vizinhos mais próximos, o objeto de teste é classificado baseado na maioria das classes dos **k-vizinhos** mais próximos.

3. METODOLOGIA

Analisando sob o ponto de vista do problema, esta pode ser classificada como uma pesquisa quantitativa, isto pelo fato dos resultados dessa permitirem a classificação e a análise científica, uma vez que é realizada acerca de dados referentes a análise dos resultados obtidos por diferentes técnicas de classificação de dados para o reconhecimento inteligente de caracteres aplicados ao reconhecimento de caracteres manuscritos. Quanto aos meios, essa pesquisa se classifica como bibliográfica e de laboratório, pois a mesma trata simulações realizadas em computador.

Quanto à ótica da natureza e dos fins, essa pesquisa se classifica como metodológica aplicada (VERGARA, 2000) e (MORESI, 2003), pois o estudo está associado aos caminhos, formas, maneiras e procedimentos para se atingir um determinado fim. Também por ser, fundamentalmente, motivada pela necessidade de se resolver problemas concretos, tendo, portanto, finalidade prática. Ao contrário da pesquisa pura que é movida, basicamente, pela curiosidade intelectual do pesquisador e, sobretudo, situada no nível de especulação.

Esta pesquisa pretende testar a seguinte hipótese: das principais soluções (ou das mais aplicadas) para classificação e reconhecimento de caracteres manuscritos, quais delas apresentam melhores resultados analisando sobre diversas óticas, tais como resultados absolutos, sensibilidade, especificidade e análise de variância juntamente com teste de tukey.

4. SOLUÇÕES PROPOSTAS NA LITERATURA

É possível encontrar a literatura várias soluções para o reconhecimento de caracteres baseados nas mais diversas tecnologias. Das soluções baseadas nas tecnologias de SVM, RNA e K-Vizinhos destaca-se neste artigo os trabalhos de:

Sistemas de reconhecimento automático off-line do alfabeto arábico (indiano) independente, baseado em uma abordagem multi-resolução para extrair características usando o SVM (MAHMOUD e AWALIDA, 2009). O referido trabalho contou com um banco de dados contendo amostras de 44 escritores, tendo o algoritmo apresentado uma taxa de reconhecimento médio entre 99,00 e 99,83%.

Abaynarh et al. (2012), apresenta em seu trabalho um reconhecedor de caracteres manuscritos irrestrito, baseado em momentos ortogonais e classificadores neurais. O resultado deste trabalho mostra que, se o número de nodos escondidos aumenta, o número

de épocas levado em consideração o carácter manuscrito também aumenta. O sistema proposto apresentou taxas de precisão na ordem de 97,46%.

Nasir e Uddin (2013) desenvolveram um método que, baseado em pré-processamentos k-means clustering, teorema Bayesiano e SVM, atingiu taxas de sucesso de até 99,33% para uma amostra de 300 dígitos. Raju (2008) propôs um sistema OCR para caracteres Malayalam. O método de extração e classificação utilizados foram diferentes filtros wavelet e rede MLP, usada somente na classificação. Este sistema obteve taxa média de acerto de 81,3%.

Rahiman e Rajasree (2009), propuseram também um sistema ORC para caracteres Malayalam utilizando Daubechies Wavelet (db4) para extração de características e RNA's para o reconhecimento dos caracteres, este sistema obteve precisão de 92%. Lehal e Singh (2000) apresentaram um sistema de OCR para impressos escritos em Gurmukhi. A extração das características foi realizada utilizando as características estruturais e classificadores em árvores binárias, foi utilizado também o classificador do vizinho mais próximo (k-vizinhos), obtendo precisão de 96,6%.

O método de perfis horizontais e verticais, armazenando altura e largura de cada carácter, para extração de características, utilizando posteriormente redes neurais artificiais para classificação e reconhecimento proposto por Sharma e Jain (2010), obtiveram média 92,78% de precisão média.

Sharma e Jhaji (2010), utilizaram uma imagem normalizada com medida de 48x48 pixels e criaram 64 (8x8) zonas, utilizando densidades de zoneamento como características. Nesta aplicação foram utilizados SVM e K-Vizinhos para classificação e compactação dos resultados. A precisão dos acertos foi de 72,83%.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados apresentados pelo processo de classificação e reconhecimento de caracteres manuscritos considerou o modelo básico dos métodos (Redes Neurais Artificiais (RNA), Máquinas de Suporte de Vetores (SVM) e K-Vizinhos mais Próximos) analisados (buscando, entretanto suas variações de melhor resultados).

As etapas de treinamento e testes efetuadas nos algoritmos foram realizadas a partir de uma combinação de 26 caracteres escritos por 50 escritores diferentes, sendo possível fornecer assim um total de 1300 caracteres para os processos citados. A Figura 3 apresenta exemplos de possíveis entradas para o propósito deste trabalho.

abril agosto fevereiro novembro
 maio dezembro janeiro março
 janeiro julho junho outubro
 fevereiro abril maio outubro
 agosto julho março setembro
 dezembro junho setembro novembro

Figura 3. Amostra de possíveis entradas para os métodos. Fonte: KAAP, 2004.

A Figura em questão reforça o fato de os métodos terem sido submetidos às mais diversas grafias. Garantiu-se também que todos fossem testados com os mesmos conjuntos de caracteres, permitindo desta forma que as análises fossem realizadas segundo dados pareados. Os procedimentos para preparação e pré-processamento, bem como as particularidades de cada algoritmo não são aqui discutidas, devendo cada um dos mesmos ser estudado separadamente se necessário. Cada algoritmo depois de treinado foi exposto a uma série de testes, totalizando 47, sendo considerados para as comparações em questão os 10 resultados mais expressivos, sendo os resultados de cada método apresentados separadamente nos tópicos a seguir.

5.1. CLASSIFICADOR KNN

Após aplicados os procedimentos necessários, foram obtidos os valores descritos no Quadro 1, apresentado abaixo:

Quadro 1. Resultados para a variação do valor de K

Nº do Teste	Valor de K	Acerto %
1	1	95,15
2	2	94,88
3	3	95,57
4	4	94,99
5	5	94,96
6	6	94,43
7	7	94,36
8	8	94,01
9	9	93,96
10	10	93,56

Fonte: O Autor

A classificação e reconhecimento pelo método K-Vizinhos mais próximos, apresenta evolução inversa ao aumento do valor de K, como pode ser visto no Quadro 1. No entanto, o algoritmo proposto apresenta taxas de acerto de até 95,57%.

5.2. CLASSIFICADOR SVM

Assim como no método anterior, o classificador SVM foi submetido a 10 simulações, tendo como configurações básicas os valores apresentados no Quadro 2, seguidos de sua respectiva taxa de acerto. Para todos os testes foi adotado valor de gamma = 0,02.

Quadro 2. Resultados da Classificação por SVM

Nº do Teste	Valor de C	Kernel	Acerto %
1	1	Linear	95,98
2	2	Linear	97,02
3	3	Linear	97,50
4	4	RBF	97,70
5	5	RBF	97,86
6	6	RBF	97,97
7	7	RBF	98,04
8	8	Polinomial	98,06
9	9	Polinomial	98,08
10	10	Polinomial	98,87

Fonte: O Autor

Após realizados os testes, detectou-se o melhor resultado ao se utilizar o a função Polinomial para o kernel tendo obtido 98,87% de acerto. O Quadro 3 apresenta os melhores resultados para cada uma das funções utilizadas no kernel.

Quadro 3. Resultados da Classificação por SVM

Classificador	Função Linear %	Função RBF %	Função Polinomial %
SVM	97,50	98,04	98,87

Fonte: O Autor

Todos os resultados apresentados em cada uma das etapas do teste serão considerados para análises estatísticas, para desta forma, obter-se melhor avaliação do método.

5.3. CLASSIFICADOR RNA

Para o referido trabalho, foi utilizada uma Rede Neural Artificial – Perceptron Multicamadas composta por três camadas, sendo, uma de entrada, uma oculta e uma de saída. Logo, a RNA utilizada neste projeto possui a seguinte configuração: **camada de entrada** composta de 100 neurônios; **camada oculta** composta de 100 neurônios (valor definido com base nos melhores resultados obtidos nos testes) e **camada de saída** composta de 26 neurônios, um para cada letra do alfabeto brasileiro. Foi utilizada **sigmoide** como função de ativação e 0,7 de taxa de aprendizado.

Os resultados dos testes realizados com a RNA são apresentados no Quadro 4, onde o número de épocas foi alterado de acordo com a cardinalidade do teste.

Quadro 4. Resultados para a variação no número de épocas

Nº do Teste	Épocas	Erro Médio %	Treino %	Teste%	Acerto Médio %
1	800	5,03	96,15	93,80	94,97
2	900	4,93	96,25	93,93	95,07
3	1000	4,87	96,93	94,21	95,13
4	1100	4,66	97,02	94,23	95,34
5	1200	4,55	97,15	94,31	95,45
6	1300	4,42	97,21	94,33	95,58
7	1600	4,23	97,28	94,37	95,77
8	1800	4,07	97,33	94,53	95,93
9	1900	3,62	97,67	95,09	96,38
10	2000	2,89	98,55	95,67	97,11

Fonte: O Autor

O melhor resultado foi apresentado quando o número de épocas foi estendido a duas mil, tendo o algoritmo obtido acerto médio de 97,11%. Foram também realizados testes com números superiores de épocas, entretanto a variação da taxa de acerto não foi significativamente expressiva.

5.4. COMPARAÇÃO ESTATÍSTICA ENTRE OS MÉTODOS

Todos os métodos foram submetidos a várias análises estatísticas, além de comparativos mais simples, como comparação direta entre os resultados, como pode ser observado no Gráfico 1.

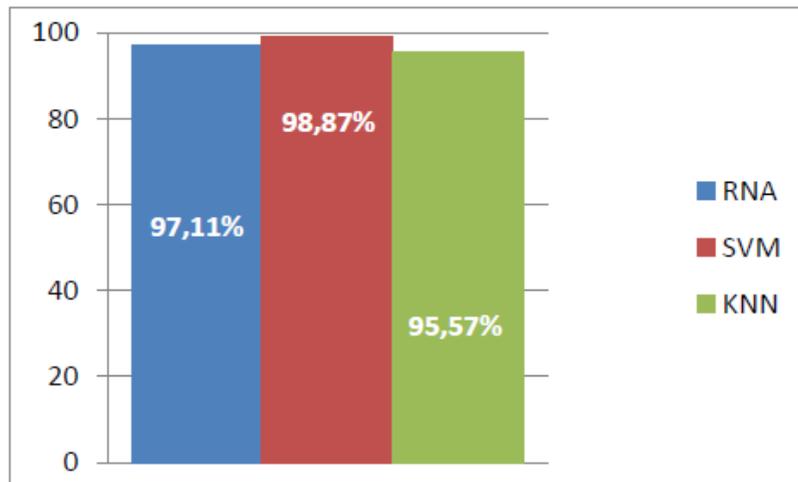


Gráfico 1. Comparação direta entre os métodos. Fonte: O Autor

A luz de uma comparação direta nota-se pouca diferença entre as taxas de acerto dos métodos analisados, sendo os melhores apresentados na seguinte ordem, SVM, KNN e RNA respectivamente. No entanto, para que se possa afirmar que um método apesar de apresentar maior taxa de acerto é ou não mais adequado do que outro para o teste realizado, é necessário aplicar outros métodos de comparação estatística, sendo neste trabalho aplicado a Análise de Variância (ANOVA), juntamente com o teste de Tukey para classificação.

Pode-se observar no Quadro 5 o pareamento dos dados obtidos durante os 10 testes realizados em cada um dos métodos analisados. Observa-se também neste quadro o desvio padrão entre os valores.

Quadro 5. Pareamento dos resultados e desvio padrão dos métodos.

	RNA	SVM	KNN
	94,97	96,98	95,05
	95,07	97,3	94,8
	95,13	97,5	95,57
	95,34	97,7	94,99
	95,45	97,86	94,96
	95,58	97,97	94,43
	95,77	98,3	94,36
	95,93	98,5	94,01
	96,38	98,7	93,96
	97,11	98,87	93,56
Soma	956,73	979,98	945,69
Desvio Padrão	0,62946088	0,588859915	0,581488607

Fonte: O Autor

Através do desvio padrão é possível medir o quanto de “dispersão” existe entre os dados em relação à média. Como se pode observar no quadro, os dados tendem a estar próximo à média, o que aumenta a confiabilidade nos resultados. Foi realizada também o cálculo da variância dos dados coletados, sendo o resultado apresentado na Figura 4.

RESUMO				
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
RNA	10	956,73	95,673	0,440246
SVM	10	979,68	97,968	0,385284
KNN	10	945,69	94,569	0,375699

Figura 4. Cálculo da Variância. Fonte: O Autor

O cálculo da variância é fundamental para realização da análise de variância, teste que permite definir e quantificar o quanto uma média é ou não diferença estatística entre as médias comparadas. A Figura 5 apresenta o resultado do teste de análise de variância, juntamente com a classificação realizada pelo teste de Tukey, que permite agrupar os testes em níveis.

ANOVA							TUKEY		
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>	<i>Amostra</i>	<i>Média</i>	<i>Classificação</i>
Entre grupos	60,13014	2	30,06507	75,08578	9,33E-12	3,354131	SVM	97,968	A
Dentro dos grupos	10,81106	27	0,40041				RNA	95,673	AB
							KNN	94,569	B
Total	70,9412	29							

(a) ANOVA - Análise de Variância

(b) TUKEY - Classificação

Figura 5. Análise de Variância e Classificação por Teste de Tukey: O Autor

O resultado a análise de variância, juntamente com o teste de Tukey demonstram que não existe diferença estatística entre as médias dos métodos SVM e RNA, assim como não existem diferença estatística entre os métodos RNA e KNN. No entanto entre os método SVM e KNN existem estatisticamente diferenças entre as médias.

Os métodos foram testados também quanto a sua especificidade e sensibilidade, sendo os resultados apresentados no Gráfico 2.

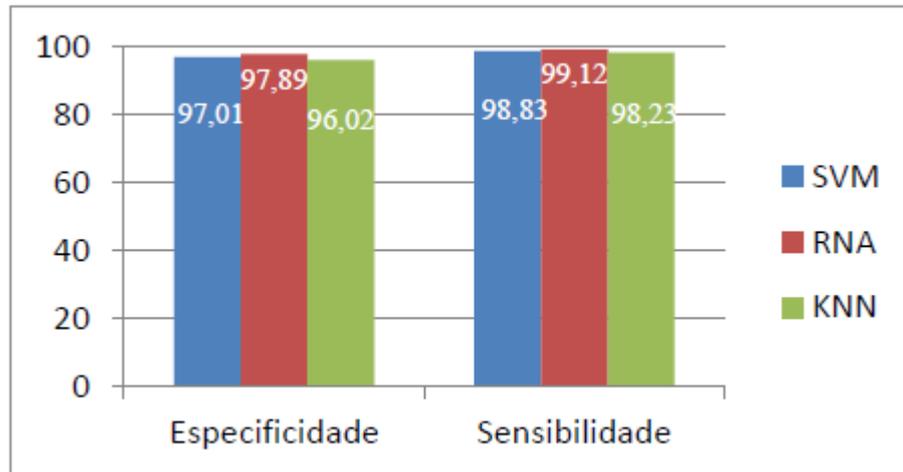


Gráfico 2. Sensibilidade e Especificidade. Fonte: O Autor

A especificidade e sensibilidade medem respectivamente o número de vezes em que os métodos indicaram um carácter e realmente fizeram a indicação correta e quantas vezes indicaram ser outro carácter e não o carácter testado e realmente fizeram uma verdadeira indicação negativa. Testes como estes são frequentemente aplicados em questões relacionadas à diagnósticos, procurando fornecer mais do que dados sobre a taxa de acerto, mas também validar as indicações positivas e negativas.

6. CONCLUSÃO

Ao final dos testes foi possível concluir que, os parâmetros obtidos através das operações estatísticas realizadas (ANOVA e TUKEY) indicam não haver diferenças na índice de acertos/aptidão entre as técnicas de SVM e RNA, ainda que estas, a primeira vista apresentem pequenas diferenças em suas taxas de acerto. Entretanto, considerando a comparação entre os métodos de K-Vizinhos e SVM, nota-se que existe, de acordo com o teste de TUKEY, diferenças estatísticas entre os dois métodos, ainda que, semelhantemente ao primeiro caso, as diferenças nas taxas de acerto sejam sutis.

Conclui-se com o estudo que, aprimoramentos nas técnicas estudadas podem levar a resultados mais consistentes, possibilitando inclusive alterações no resultado final do comparativo. Contudo, como neste trabalho foram utilizados os algoritmos em suas formas originais, entende-se que, para solução do problema em questão, tem-se melhor aptidão segundo a escala de TUKEY, os algoritmos na seguinte ordem: SVM, RNA e por fim K-Vizinhos. Desta forma, sugere-se novos testes quanto ao desempenho e custo computacional para execução de cada um dos métodos, buscando desta forma levantar

novos parâmetros que sirvam de base para um processo de tomada de decisões quanto da escolha do melhor método para resolução do problema de reconhecimento de caracteres manuscritos.

REFERÊNCIAS

Abaynarh, M.; Elfadili, H.; Zenkouar, L. (2012) "Handwritten Characters Classification Using Neural Networks and Moments Features". International Journal of Modern Engineering Research (IJMER) vol. 02, Issue. 5, ISSN: 2249-6645, Sep-Oct. pp-3572-3577.

Aha, D.W., KIBLER, D., ALBERT, M. K. (1991) "Instance-based learning algorithms". Machine Learning, 6:37-66.

Aires, S.B.K. (2005) "Reconhecimento de caracteres manuscritos baseado em regiões perceptivas". Dissertação (Mestrado em Informática Aplicada) - Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Curitiba.

Braga, A.P.; Carvalho, A.C.P.L.F.; Ludermir, T.B. (2000) "Redes Neurais Artificiais: Teoria e Aplicações". Rio de Janeiro: LTC.

Gunn, S.R. (1998) "Support Vector Machine for Classification and Regression". Technical Report, Faculty of Engineering, Science and Mathematics School of Electronics, University of Southampton. Disponível

em: <http://users.ecs.soton.ac.uk/srg/publications/pdf/SVM.pdf>. Acesso em 24 fev. 2015.

Haykin, S. (2001) "Redes Neurais: Princípios e Prática". 2.ed. Porto Alegre: Bookman.

Kapp, M. N. (2004) "Reconhecimento de Palavras Manuscritas Utilizando Redes Neurais Artificiais". Pontificia Universidade Católica do Paraná, M. Sc Thesis.

Lehal, G.S.; Singh, C. (2000) "A Gurumukhi Script Recognition System". International Conference on Patterns Recognition. Los Alamitos. IEEE.

Leoesch, C.; Sari, S.T. (1996) "Redes Neurais Artificiais: Fundamentos e Modelos". Blumenau: FUB.

Osório, F.S. (1991) "Um estudo sobre o reconhecimento visual de caracteres através de redes neurais". Dissertação (Mestrado em Computação) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRG. Porto Alegre.

Rahiman, M.A.; Rajasree, M.S. (2009) "ORC for Malayalam Script Using Neural Networks" Ultra Modern Telecommunications & Workshops. ICUMT 09. International Conference.

Raju, G. (2008) "Wavelet Transform and Projection Profiles in HandWritten Character Recognition – A performance Analysis". Advanced Computing and Communication. ADCOM. 16th International Conference on IEEE. p. 309-314.

Ribeiro, S.R.A. (2003) “Integração de imagens Lansat TM e dados auxiliares para a classificação automática de unidades fisionômicas/geológicas usando redes neurais”. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná. 169 p.

Rodrigues, R.J.; Thomé, A.C.G. (2000) “Reconhecimento de dígitos cursivos – um método de segmentação por histogramas”. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE REDES NEURAIAS, 6., Rio de Janeiro, RJ. Anais.

Sharma, D.; Jain, U. (2010) “Recognition of Isolated Handwritten Characters of Gurumukhi Script Using Neocognitron”. International Journal of Computer Applications.

Sharma, D. Jhajj, P. (2010) “Recognition of Isolated Handwritten Characters in Gurumukhi Script”. International Journal of Computer Applications.

Silva, A.M. (2009) “Utilização de Redes Neurais Artificiais para Classificação de SPAM”. Dissertação (Mestrado em Modelagem Matemática e Computacional). Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET-MG. Belo Horizonte.

Mahmoud, S. A.; Awaida, S. M. (2009) “Recognition of off-line handwritten arabic (indian) numerals using multi-scale features and support vector machines vs. Hidden markov models”. The Arabian Journal for Science and Engineering, Vol. 34, n 2B, October.

Moresi, E.D. (2003) “Manual de Metodologia da Pesquisa”. Universidade Católica de Brasília. Brasília – DF.

Nasir, M.K.; Uddin, M.S. (2013) “Hand Written Bangla Numerals Recognition for Automated Postal System”. IOSR Journal of Computer Engineering (IOSR-JCE). vol. 8, issue 6, jan-feb.

Vergara, S. C. (2000) “Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração”. São Paulo: Atlas

Capítulo 38

O PROBLEMA DE PROGRAMAÇÃO DE EQUIPES DE CERTIFICAÇÃO DE UNIDADES FIXAS DE CIMENTAÇÃO

[DOI: 10.37423/200500932](https://doi.org/10.37423/200500932)

Arthur Rios de Souza Moreira (Faculdade Professor Miguel Ângelo da Silva Santos - FeMASS).

arthur.rsmoreira@yahoo.com.br,

Leonard Barreto Moreira (Universidade Federal Fluminense - UFF).

leonardbarreto@id.uff.br

Aílton da Silva Ferreira (Universidade Federal Fluminense - UFF).

ailtonsilvaferreira@yahoo.com.br

Denise Cristina de Oliveira Nascimento Ferreira (Universidade Federal Fluminense - UFF).

denise_cristin@yahoo.com.br

Fermín Alfredo Tang Montané (Universidade Estadual do Norte Fluminense - UENF).

alfredot71@gmail.com

RESUMO: O processo de alocação de pessoal é um dos problemas chave na gestão de recursos humanos. Especificamente no mercado offshore, esta situação mostra-se como um dos grandes desafios, visto que tais ambientes apresentam relações de trabalho dinâmicas e heterogêneas.



Assim, o presente trabalho tem por objetivo propor dois modelos matemáticos para o auxílio na tomada de decisões de programação de equipes para a certificação de unidades de cimentação em plataformas de petróleo. A construção de modelos distintos justifica-se pelos diferentes cenários adotados no trabalho, essencialmente relacionados ao número de equipes e o balanceamento de trabalho entre elas. O estudo de caso é baseado em dados simulados referentes à escala das equipes e prazos para execução dos serviços nas plataformas, mantendo, no entanto, características semelhantes às observadas na empresa objeto de estudo. Com o apoio de técnicas de Pesquisa Operacional, os modelos propostos foram implementados utilizando o software de otimização LINGO.

PALAVRAS CHAVE. Alocação de Pessoal, Certificação de Unidades de Cimentação, Otimização.

Tópicos. PO em Serviços, PO na Área de Petróleo e Gas, Outras aplicações em PO.

1. INTRODUÇÃO

Medidas preventivas como certificações de equipamentos, treinamento de pessoal e planos de contingência são essenciais para garantir que o processo de extração e produção de petróleo seja executado ininterruptamente, com qualidade e sem riscos à segurança, à saúde ou ao meio ambiente. Quanto à certificação de equipamentos a bordo das plataformas, vale ressaltar que na maioria dos casos, faz-se necessário o deslocamento até a plataforma de uma equipe técnica capacitada para realizar essas certificações. Essa mobilização envolve uma cadeia logística de pessoal e material que deve ser preparada de forma antecipada. Este processo aplica-se também ao problema da certificação de unidades de cimentação nas plataformas de exploração de petróleo, que é objeto de estudo.

Uma unidade de cimentação é utilizada para os serviços de cimentação das fases de um poço, para fazer tampões, squeezes (injeção de cimento em um ou mais pontos específicos) e para testes de pressão. A certificação destas unidades consiste em testes de medição e inspeções para assegurar a sua integridade e bom funcionamento durante um período de tempo especificado.

Uma vez que o processo para certificar uma unidade a bordo traz custos com pessoal, material e mobilização de ambos, deseja-se dimensionar a quantidade ótima de funcionários de modo a realizar a certificação em tempo hábil. Dessa forma, será mantido um equilíbrio entre conseguir realizar as certificações de todas as unidades antes de seus devidos vencimentos e evitar ociosidade de sua mão de obra devido a excesso de pessoal disponível para trabalho. Neste contexto, é de suma importância a obtenção de um plano logístico capaz de permitir que todo o processo de certificação seja executado com eficiência dentro dos prazos corretos. No entanto, o problema de alocação de pessoal apresenta-se com um dos grandes desafios em diversos setores da indústria, dada a natureza das relações de trabalhos que englobam acordos laborais flexíveis, equidade de turno, preferências de pessoal e de trabalho em tempo parcial. [Ernst et al. 2004] apresentam um estudo sobre métodos e modelos para resolução problemas de alocação de pessoal em áreas de aplicação específicas. De maneira similar, o trabalho de [Usmani 2012] aborda técnicas de otimização aplicadas ao problema de escala de engenheiros em plataformas de petróleo.

Uma forma de estabelecer um plano logístico eficiente para esse problema é traçá-lo de acordo com um modelo matemático baseado em técnicas de Pesquisa Operacional. Esse modelo irá auxiliar na tomada de decisões relacionadas a programação de equipes necessárias para fazer a certificação das unidades de cimentação, conseqüentemente, otimizando esse planejamento de forma a sempre manter em dia os certificados de cada um desses equipamentos.

Tendo como base então a Programação Linear (PL), será apresentado um estudo sobre as técnicas utilizadas para a resolução de problemas relacionados a esse tipo de cenário. Observa-se a adoção de um caso particular de PL, denominado problema de designação, para resolução de casos semelhantes ao objeto de estudo do presente trabalho.

Paralelamente foi realizada uma pesquisa acerca do funcionamento do processo de certificação de unidades de cimentação. O estudo é baseado na empresa Halliburton Serviços LTDA, especificamente no setor de cimentação. Foram analisadas informações relativas à composição e forma de trabalho das equipes, plataformas atendidas, bem como todo o processo logístico que engloba o setor citado. Por questões organizacionais, os valores e informações descritos nesse trabalho são simulados, no entanto têm estrutura semelhante ao que foi analisado ao longo do período de observação do trabalho. Com isso foi possível identificar e definir os principais aspectos do problema investigado, auxiliando assim a construção do modelo matemático.

Com base nessas informações foram propostos dois modelos matemáticos que foram implementados e resolvidos utilizando o software de otimização LINGO. Os resultados obtidos a partir desta ferramenta serão utilizados para a análise da melhor programação de pessoal. Para efeitos de comparação, serão considerados cinco cenários possíveis: a utilização de uma, duas e três equipes de certificação, sendo que nos dois últimos casos será considerada também o balanceamento do trabalho entre equipes. Desta forma, com apoio da programação temporal resultante de cada cenário, espera-se mitigar os problemas relacionados à data correta de certificação das unidades de cimentação.

O trabalho é dividido da seguinte forma: a seção 2 apresenta a descrição do problema; a seção 3 apresenta uma breve introdução sobre o problema de designação que serve de base para os modelos propostos na seção seguinte; a seção 4 apresenta os modelos matemáticos

propostos para resolver o problema objeto de estudo; os resultados obtidos são apresentados na seção 5; por último, na seção 6 são tecidas as conclusões do trabalho e considerações finais pautados nos resultados alcançados.

2. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

O presente trabalho estuda o problema da certificação de unidades de cimentação que se encontram abordo das plataformas de exploração e produção de petróleo. Em geral, uma unidade de cimentação realiza serviços de cimentação das fases de um poço, de injeção de cimento com a finalidade de fazer tampões, e também são utilizadas em testes de pressão. Este estudo tem como base o processo de certificação seguido na empresa Halliburton Serviços Ltda.

O processo de certificação consiste em enviar uma equipe a bordo de uma plataforma de petróleo, para fazer testes e inspeções a fim de assegurar o funcionamento da unidade, livre de falhas, durante um período de tempo especificado. Segundo procedimentos internos, sabe-se que a certificação desses equipamentos deve ser realizada anualmente.

A empresa que presta serviços de certificação precisa atender a um conjunto de plataformas de petróleo distribuídas nas bacias de Campos, Santos e Espírito Santo em datas diferentes, e deve garantir que o novo processo de certificação se inicie antes da data de vencimento da certificação anterior. Além disso, é desejável que o atendimento aconteça em data próxima da data de vencimento, de forma a aproveitar ao máximo a validade do equipamento. Desse modo, manter o controle sobre todas as datas de vencimento e estabelecer um cronograma ótimo de certificação são desafios a serem superados pela companhia.

O problema abordado pela empresa objeto de estudo, conta com três equipes para realizar a certificação de um total de vinte unidades de cimentação, cada uma delas alocadas em uma plataforma de petróleo nas bacias de Campos, Santos e Espírito Santo. Cabe ressaltar que na programação realizada pela empresa, atualmente, com esse quantitativo de equipes, algumas unidades de cimentação são certificadas após a data vencimento. Uma unidade de cimentação vencida pode acarretar não somente em multas para a organização por parte do cliente (Petrobras ou qualquer outro), como também aumentar o risco de falhas e incidentes relacionados a segurança. Daí surge a necessidade de certificar todas as

unidades de cimentação a tempo antes do vencimento com o número ótimo de equipes.

A decisão a ser tomada é: dentre todas as plataformas em que há uma unidade de cimentação a bordo, e de posse das datas de vencimento de cada uma, qual equipe mandar para uma determinada plataforma e em que período enviá-la?

O estudo consistiu no levantamento de dados oriundos do dia a dia do setor de cimentação dessa organização que são utilizados no processo de tomada de decisões. Por se tratar de uma informação estratégica para a companhia, alguns dados apresentados são simulados. No entanto, mesmo não sendo verídicos em sua totalidade, os valores e informações descritos nesse trabalho têm estrutura semelhante ao que foi analisado ao longo do período de observação.

As plataformas e suas respectivas unidades de cimentação a bordo, bem como as datas de vencimento no ano de 2014 estão listadas na Tabela 1.

Tabela 1: Relação de plataformas e datas de vencimento das unidades de cimentação a bordo

Plataforma	Data de vencimento	Plataforma	Data de vencimento
1	02/07/2014	11	09/06/2014
2	03/08/2014	12	27/03/2014
3	18/01/2014	13	05/12/2014
4	16/04/2014	14	14/07/2014
5	29/08/2014	15	18/08/2014
6	16/04/2014	16	04/08/2014
7	03/09/2014	17	02/10/2014
8	02/07/2014	18	11/12/2014
9	24/02/2014	19	08/02/2014
10	21/06/2014	20	20/07/2014

Com relação à equipe de certificação, sabe-se que ela é composta por um total de cinco pessoas: dois medidores, dois certificadores e um inspetor. O serviço a bordo tem duração de cinco dias, e deve-se considerar um dia adicional para a viagem de embarque. De maneira semelhante, a equipe de certificação tem direito a cinco dias de folga, e deve-se considerar um dia adicional para a viagem de desembarque. Dessa forma cria-se um ciclo de trabalho de doze dias. Ao fim do ciclo a equipe está apta para mais um trabalho. Na Figura 1 o ciclo de trabalho descrito é ilustrado.

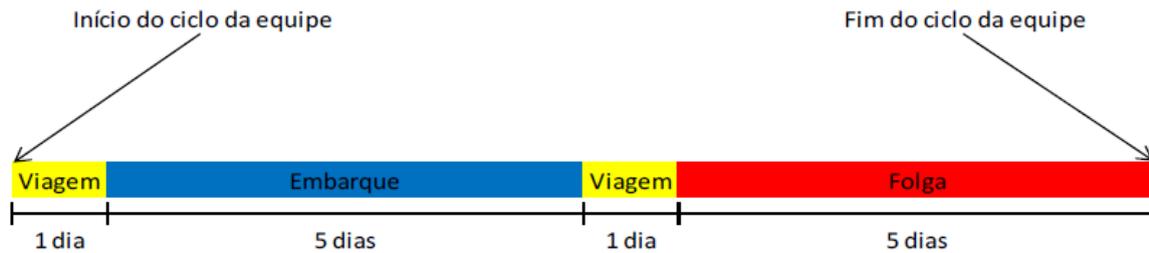


Figura 1: Ciclo de trabalho de uma equipe de certificação

Seguindo a premissa de quanto mais se embarcar a mesma equipe para certificar as unidades de cimentação a bordo mais ela se especializará nesse trabalho, a companhia criou um esquema de trabalho em que o ideal seja enviar uma mesma equipe a todos os trabalhos que forem surgindo em sequência. Em outras palavras, o trabalho só é designado a outro grupo caso o primeiro não possa atender, devido seu ciclo de trabalho não ter terminado. A mesma lógica é usada para designar a terceira equipe a uma certificação. Com isso, pode-se dizer que a primeira equipe é mais especializada que a segunda que por sua vez é mais especializada que a terceira.

3. O PROBLEMA DE DESIGNAÇÃO

Considerado uma classe especial de problema de Programação Linear (PL), o problema de transporte – comumente denominado Hitchcock-Koopmans [Bazaraa et al. 2010] –, geralmente possibilita solucionar importantes problemas reais e são de excelente aplicação prática [Goldberg e Luna 2005]. De uma maneira geral, esta classe de problemas consiste em determinar a programação de expedição de produtos entre pontos de oferta a centros de demanda de modo a minimizar os custos totais com a expedição, ao mesmo tempo que respeite os limites de oferta e demanda [Taha 2008].

Um caso particular de um problema de transporte, que por sua vez é um caso específico de um problema de PL, é denominado como problema de designação. Conhecido também como problema de alocação (Staff Scheduling), de atribuição (Assignment) ou de escala de serviço (Rostering), essa classe de problemas pode ser entendida essencialmente como o ato de distribuir pessoas para realizar determinadas tarefas com o menor custo possível [Hillier e Lieberman 2013; Arenales et al. 2006].

Estes problemas normalmente ocorrem em diversas áreas de operação (sistemas de comunicação, distribuição de água, designação de pessoal, etc), o que pode ser observado

nos trabalhos desenvolvidos por [Vieira et al. 2015], ao programar escala de trabalho de funcionários de restaurantes, e por [Silva et al. 2004], ao criar escalas de plantão para militares. No entanto, outras abordagens são propostas para a elaboração de cronogramas de trabalhos como as baseadas em análise matemática (Método do Caminho Crítico (CPM) e Program Evaluation and Review Technique (PERT)), em simulações (Análise Monte Carlo) e em heurísticas (Critical Chain, SGS, metaheurísticas). Nesse contexto, cita-se a aplicação do Problema de Escalonamento de Tarefas (PSP – Project Scheduling Problem), uma técnica que caracteriza-se por considerar alocações pré-estabelecidas para posterior definição da melhor ordem de execução das tarefas [Rocha 2011]. Nesses casos, tais técnicas não buscam desenvolver cronogramas ótimos de trabalho (considerando a alocação de recursos humanos) ou consideram as alocações pré-estabelecidas, extrapolando, assim, o escopo do presente trabalho.

O problema geral da designação tem ainda como características: o mesmo número de tarefas e pessoas; cada pessoa é capaz de atender a uma determinada tarefa à um custo (c_{ij}); somente uma tarefa pode ser designada à uma pessoa; uma pessoa atende somente à uma tarefa. De forma geral, o problema de designação pode ser formulado [Burkard et al. 2012]:

Índices:

i : representa o i -ésimo elemento do conjunto de pessoas;

j : representa o j -ésimo elemento do conjunto de tarefas;

Parâmetros de custos:

c_{ij} : custo de designar uma pessoa i a uma tarefa j .

Variáveis de decisão:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{se pessoa } i \text{ é designada para realizar a tarefa } j \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (1)$$

Em termos de notação acima, o problema de alocação pode ser formulado como:

$$\min Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} * x_{ij} \quad (2)$$

s.t.

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, \forall i = \{1, \dots, n\} \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, \forall j = \{1, \dots, n\} \quad (4)$$

A função objetivo em (2) visa minimizar o custo total de designação. Com relação ao conjunto de restrições, o primeiro conjunto de restrições em (3) garante que cada pessoa somente poderá realizar uma tarefa. Enquanto, o segundo conjunto de restrições em (4) exige que uma tarefa somente seja realizada por uma pessoa.

Em muitos casos práticos, as restrições relativas à designação unitária entre oferta e demanda (equações 3 e 4) impostas pelo problema geral, mostram-se incompatíveis com algumas regras de negócio. Nesse estudo em particular, tendo como base o problema geral de designação, é proposto um modelo de decisão de modo que sejam admitidas mais de uma tarefa a cada designado, uma vez que as certificações são realizadas em várias plataformas ao longo do ano. Os elementos e características pertinentes ao problema em questão serão apresentados na próxima seção.

4. MODELOS MATEMÁTICOS MAEC E MAECB

Para resolver o problema apresentado na seção 2, dois modelos matemáticos foram desenvolvidos a partir do modelo clássico de alocação, descrito na seção anterior. Espera-se que estes modelos possam auxiliar na tomada de decisões referentes à programação das certificações nas plataformas, evitando atrasos, custos associados a multas e riscos desnecessários.

O primeiro modelo matemático proposto, denominado modelo de alocação de equipes de certificação (MAEC), procura determinar a programação temporal das certificações realizadas pelas equipes, visando minimizar a diferença total (em número de dias) entre o início de cada nova certificação e a data de vencimento da certificação antiga. Este modelo não considera o balanceamento entre as tarefas realizadas pelas diferentes equipes. O

modelo MAEC é formulado matematicamente com base na seguinte notação:

Índices:

i : representa a i -ésima equipe de certificação;

j : representa a j -ésima plataforma atendida;

k : representa um dia do ano;

Parâmetros:

n : número de equipes de certificação;

m : número de plataformas atendidas;

d : número de dias em um ano;

$dataVerif_j$: define a data de vencimento da certificação na plataforma j ;

As variáveis de decisão do modelo são definidas como:

Variáveis de decisão:

$$x_{ijk} = \begin{cases} 1, & \text{se a equipe } i \text{ for designada à plataforma } j \text{ com início da certificação no dia } k \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (5)$$

Em termos de notação acima, o problema MAEC pode ser formulado como:

$$\min Z = \sum_{j=1}^{20} dataVerif_j - \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^{20} \sum_{k=1}^{365} x_{ijk} * k \quad (6)$$

sujeito a:

$$\sum_{j=1}^{20} x_{ijk} \leq 1, \quad \forall i = \{1, 2, 3\}, k = \{1, 2, \dots, 365\} \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^3 x_{ijk} \leq 1, \quad \forall j = \{1, 2, \dots, 20\}, k = \{1, 2, \dots, 365\} \quad (8)$$

$$x_{ijk} + x_{ijk+1} + \dots + x_{ijk+11} \leq 1, \quad \forall i = \{1, 2, 3\}, k = \{1, 2, \dots, 365\} \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^3 \sum_{k=1}^{365} x_{ijk} = 1, \quad \forall j = \{1, 2, \dots, 20\} \quad (10)$$

$$\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^{20} \sum_{k=1}^{365} x_{ijk} = 20 \quad (11)$$

$$x_{ijk} * k \leq dataVerif_j \quad \forall i = \{1, 2, 3\}, \forall j = \{1, 2, \dots, 20\}, k = \{1, 2, \dots, 365\} \quad (12)$$

O modelo MAEC é descrito a seguir. A função objetivo em (6) minimiza a soma das diferenças entre as datas de vencimento das certificações antigas e as datas em que as novas certificações foram iniciadas nas plataformas.

O conjunto de restrições é descrito a seguir. As restrições em (7) asseguram que uma equipe não inicie uma certificação em plataformas distintas no mesmo dia. O conjunto de restrições em (8), garantem que uma mesma plataforma não receba mais de uma equipe de certificação no mesmo dia. Por outro lado, as restrições em (9) estabelecem que o ciclo de trabalho de cada equipe será de 12 dias. Sendo impossível que uma equipe inicie mais de uma certificação dentre desse período. As restrições em (10), garantem que cada plataforma será certificada exatamente uma vez durante o ano. Já as restrições em (11), estabelecem que o número de certificações realizadas durante o ano deve ser igual ao número de plataformas existentes. O conjunto de restrições em (12) assegura toda nova certificação será iniciada até a data de vencimento da certificação anterior.

O segundo modelo matemático proposto, denominado modelo de alocação de equipes de certificação com balanceamento (MAECB), é uma extensão do modelo anterior. Este modelo considera um conjunto de restrições adicional que visa garantir o balanceamento na utilização das diferentes equipes de certificação. Neste caso o número máximo de plataformas atendidas por uma equipe é limitado pelo valor médio (arredondado para cima) de plataformas por equipe. Desta forma, a inclusão desta nova restrição (equação 13) ao modelo supracitado compõe um novo modelo denominado MAECB.

$$\sum_{j=1}^{20} \sum_{k=1}^{365} x_{ijk} \leq \lceil m/n \rceil, \quad \forall i = \{1, \dots, n\} \quad (13)$$

Desta forma, este modelo visa uma maior flexibilização na programação de trabalho através de uma divisão de tarefas mais adequada. A implementação do modelo, foi realizada mediante o software de otimização LINGO. Os resultados obtidos são apresentados

discutidos na próxima seção.

5. RESULTADOS DOS EXPERIMENTOS

Para a realização dos experimentos com os modelos propostos, MAEC e MAECB, utilizou-se a informação referente ao setor de cimentação previamente apresentada na Seção 2. Foram consideradas tanto informações referentes às equipes de certificação quanto a sua forma de escala. Considerou-se um total de 20 plataformas e até 3 equipes de certificação. Utilizaram-se os dados apresentados na Tabela 1, referentes às datas de vencimento da certificação de cada plataforma. Vale observar que para a utilização desses dados nos modelos foi necessário converter as datas em número de dias corridos a partir do início do ano de 2014.

Os experimentos compreendem duas partes. Primeiro a execução do modelo MAEC em três diferentes cenários que diferem pelo número de equipes de certificação, variando de um até três equipes de certificação. Estes experimentos não consideram o balanceamento entre as equipes. O segundo conjunto de testes, compreende a execução do modelo MAECB em dois cenários adicionais com dois e três equipes de certificação, respectivamente e que procuram balancear o uso das equipes de certificação.

5.1 EXPERIMENTOS COM O MODELO MAEC

Foram considerados três cenários:

Cenário 1: utilização de uma equipe de certificação

Os resultados obtidos para o Cenário 1 estão sintetizados na Tabela 2. Esta tabela mostra na primeira coluna as plataformas em ordem de atendimento programado pelo modelo. Na segunda coluna, a única equipe de atendimento. Na terceira e quarta colunas as datas de vencimento da certificação e a data limite para conclusão da nova certificação dentro do prazo. As datas de início e fim da nova certificação programada pelo modelo são mostradas na quinta e sexta coluna. Finalmente na última coluna, mostra-se o valor da diferença entre a data de certificação ideal (data de vencimento) e a data programada pelo modelo. Observe que esta diferença é igual a zero quando ambas as datas coincidem. No entanto, pode acontecer a antecipação da certificação programada, neste caso, a diferença contempla os dias transcorridos desde a antecipação até data de certificação ideal. O total

de dias antecipados é mostrado na última linha da tabela.

Tabela 2. Resultados do Cenário 1

Plataforma	Equipe	Data de Vencimento	Certificação no Prazo	Início da Certificação Programada	Fim da Certificação Programada	Antecipação (dias)
3	1	18/jan	30/jan	18/jan	30/jan	0
19	1	08/fev	20/fev	08/fev	20/fev	0
9	1	24/fev	08/mar	24/fev	07/mar	0
12	1	26/mar	07/abr	22/mar	03/abr	4
6	1	15/abr	27/abr	03/abr	15/abr	12
4	1	15/abr	27/abr	15/abr	27/abr	0
8	1	01/jul	13/jul	05/mai	17/mai	57
1	1	01/jul	13/jul	17/mai	29/mai	45
11	1	08/jun	20/jun	29/mai	10/jun	10
10	1	20/jun	02/jul	10/jun	22/jun	10
20	1	19/jul	31/jul	22/jun	04/jul	27
14	1	13/jul	25/jul	04/jul	16/jul	9
2	1	02/ago	14/ago	16/jul	28/jul	17
16	1	03/ago	15/ago	28/jul	09/ago	6
15	1	17/ago	29/ago	09/ago	21/ago	8
5	1	28/ago	09/set	21/ago	02/set	7
7	1	02/set	14/set	02/set	14/set	0
17	1	01/out	13/out	01/out	13/out	0
13	1	04/dez	16/dez	28/nov	10/dez	6
18	1	10/dez	22/dez	10/dez	22/dez	0
					Total	218

A tabela mostra que 65% das plataformas (13) terão o serviço de certificação realizado antes da data prevista. Um outro aspecto a se destacar é o alto quantitativo de dias antecipados para realização das certificações (Total=218). Considera-se desejável que os valores Antecipação e Total, estejam próximos de 0 (zero), indicando assim que os serviços foram iniciados próximos ou exatamente na data de vencimento.

Com base nos dados da Tabela 2 foi elaborado um diagrama de Gantt que ilustra a programação temporal das novas certificações ao longo do ano. O diagrama é apresentado na Figura 2. Por limitações de espaço, nem todas as datas de vencimento são apresentadas no diagrama. Neste diagrama, se faz distinção entre atendimentos programados com antecipação, parcial ou total e períodos de atendimento programados dentro do prazo. Além disso, mostra-se o prazo de atendimento ideal, sempre que houve antecipação.

Observa-se que, por haver somente uma equipe para realizar todas as certificações, o

modelo organiza as tarefas de forma que seja possível realizá-las antes do prazo de vencimento. A equipe tem uma escala de trabalhos sucessivos que consegue realizar os atendimentos, praticamente sem folgas entre eles.

O alto número de dias operacionais antecipados é oriundo da proximidade (12 ou menos dias de diferença) entre as datas de vencimento das certificações entre as plataformas, o que pode ser comprovado ao se analisar as referidas datas de vencimento de certificação das plataformas 1-10,14-20, 2-16, 5-15, 5-7 e 13-18.

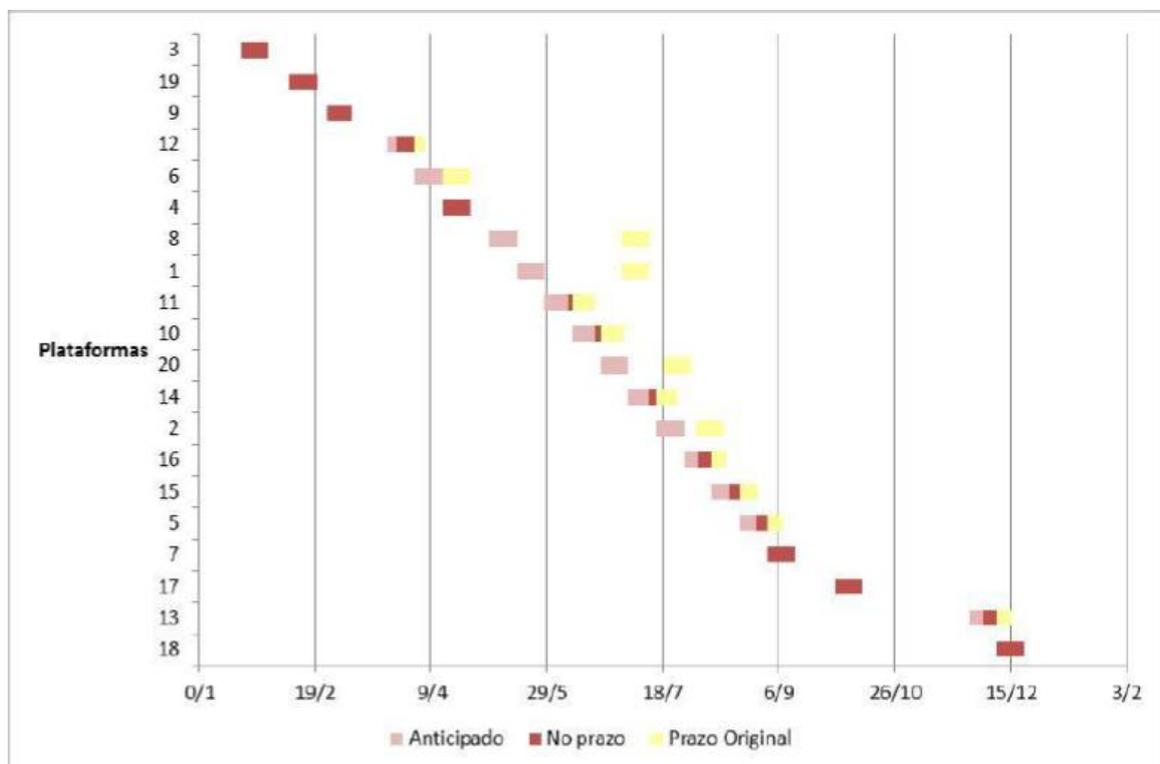


Figura 2. Programação temporal resultante do Cenário 1

Cenário 2: utilização de duas equipes de certificação

Os resultados obtidos para o Cenário 2 poderiam ser apresentados em uma tabela semelhante a Tabela 2. No entanto, para evitar a repetição das informações, resumiremos os resultados mais importantes. Em primeiro lugar, a ordem de atendimento das plataformas muda neste cenário como mostrado na Tabela 3. Esta tabela também mostra a alocação das plataformas às equipes de certificação.

Tabela 3. Resultados do Cenário 2

Ordem de atendimento das Plataformas																			
3	19	9	12	4	6	11	10	1	8	14	20	2	16	15	5	7	17	13	18
Designação das Equipes																			
1	1	1	1	2	1	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1	1	2

Os resultados obtidos neste cenário foram muito melhores que no cenário anterior. Neste caso, somente houve antecipação de atendimento em apenas uma plataforma (plataforma 10). Além disso, a antecipação foi de apenas 1 dia (Total=1). Observa-se também certo equilíbrio na divisão das certificações, com doze serviços realizados pela equipe 1 (60%) e oito pela equipe 2 (40%). É importante frisar que tal comportamento não foi modelado para esse cenário.

Cenário 3: a utilização de três equipes de certificação

A possibilidade de eliminar o número de antecipações programadas (Total=0) foi o resultado mais importante neste cenário. Já a ordem de atendimento das plataformas foi idêntica àquela do cenário anterior, enquanto que a alocação das plataformas às equipes de certificação mudou conforme ilustrado na Tabela 4. No que tange ao equilíbrio na divisão das certificações entre as equipes, pode-se observar que a equipe 1 trabalha mais que as outras duas, realizando 13 serviços (65%), enquanto a equipe 2 realiza apenas um trabalho (5%) e a equipe 3 realiza 6 trabalhos (30%).

Tabela 4. Resultados do Cenário 3

Ordem de atendimento das Plataformas																			
3	19	9	12	4	6	11	10	1	8	14	20	2	16	15	5	7	17	13	18
Designação das Equipes																			
1	1	1	1	3	1	1	1	2	3	3	1	3	1	1	3	1	1	1	3

5.2 EXPERIMENTOS COM O MODELO MAECB

Foram considerados dois cenários com balanceamento de tarefas, de forma que a carga de trabalho seja distribuída igualmente entre as equipes de certificação.

Cenário 4: a utilização de duas equipes de certificação

Neste cenário, observa-se um resultado idêntico ao obtido no cenário 2, no que se refere a ordem dos atendimentos e ao número de antecipações na data da certificação. Excetuando-se a plataforma 10, todas as unidades de cimentação têm suas certificações realizadas exatamente na data de vencimento (Total=1). Por outro lado, no que refere-se ao balanceamento de tarefas, observa-se uma melhora na divisão de tarefas para as equipes 1 e 2. Neste caso, 11 plataformas (55%) foram designadas para atendimento pela equipe 1, enquanto 9 plataformas (45%) foram designadas para atendimento pela equipe 2. Os resultados obtidos para o Cenário 4 estão sintetizados na Tabela 5.

Tabela 5 - Resultados do Cenário 4

Ordem de atendimento das Plataformas																			
3	19	9	12	4	6	11	10	1	8	14	20	2	16	15	5	7	17	13	18
Designação das Equipes																			
1	1	1	2	2	1	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1	2	1

Cenário 5: a utilização de três equipes de certificação

Neste cenário, observa-se um resultado idêntico ao obtido no cenário 3, no que se refere a ordem dos atendimentos e ao número de antecipações na data da certificação. Neste caso, todas as unidades de cimentação têm suas certificações realizadas exatamente na data de vencimento (Total=0). No que tange a divisão de-tarefas, observa-se um bom balanceamento entre as equipes 1, 2 e 3, o que representa uma melhoria com relação ao cenário 3. Neste caso, 7 plataformas (35%) foram designadas para atendimento pela equipe 1, outras 7 plataformas (35%) foram designadas para atendimento pela equipe 2, enquanto 6 plataformas (30%) foram designadas para atendimento pela equipe 3. Os resultados obtidos para o Cenário 5 estão sintetizados na Tabela 6.

Tabela 6 - Resultados do Cenário 5

Ordem de atendimento das Plataformas																			
3	19	9	12	4	6	11	10	1	8	14	20	2	16	15	5	7	17	13	18
Designação das Equipes																			
1	3	1	2	1	2	3	1	2	3	3	1	1	2	2	3	2	3	1	2

O diagrama Gantt para o Cenário 5 é mostrado na Figura 3. O diagrama mostra a distribuição das tarefas de certificação ao longo do ano. Observa-se que existe um bom balanceamento

na divisão de tarefas entre as três equipes. Além disso, a carga de trabalho está bem distribuída no tempo, não existindo grande concentração de trabalho para uma equipe específica. Os resultados obtidos neste cenário foram os melhores de todos os testes realizados.

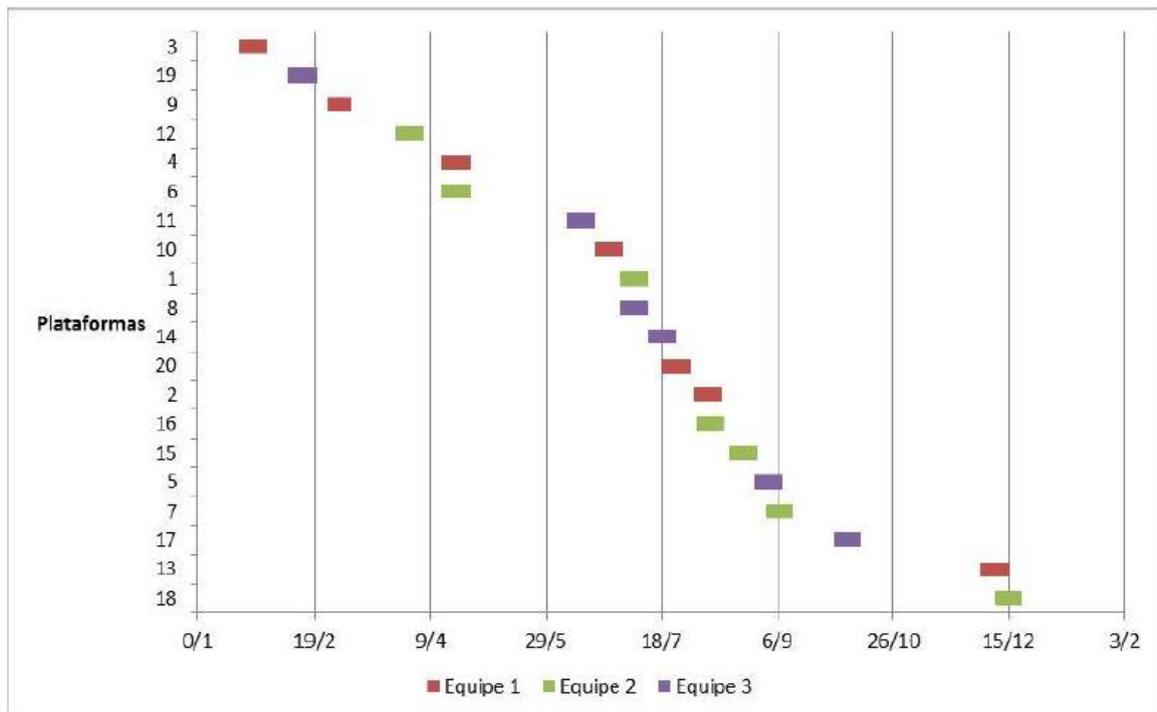


Figura 3. Programação temporal resultante do Cenário 5

6. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pautados nos resultados obtidos pela execução dos modelos propostos, MAEC e MAECB, para cada um dos cinco cenários apresentados, conclui-se que atualmente o controle feito pela empresa sobre os serviços de certificação de unidades de cimentação não é satisfatório e pode ser melhorado, principalmente no que se refere à necessidade da certificação ser feita na data de vencimento. Sabe-se que a programação ótima para esse serviço leva em consideração três fatores: execução do serviço com início até antes da data de vencimento, equilíbrio de tarefas entre as equipes e uma boa distribuição dos serviços durante o ano.

Nos testes realizados, o cenário 1, revelou que o uso de apenas uma equipe de certificação gera sobrecarga para essa equipe, sendo que os atendimentos precisam ser programados com muita antecedência à data de vencimento da certificação. Este problema não acontece quando são utilizadas duas ou três equipes de certificação (cenários 2 à 5). Em geral, o uso de três equipes eliminou por completo a ocorrência de antecipação nos atendimentos

(cenários 3 e 5). Porém, vale observar que o uso de apenas duas equipes já produz resultados satisfatórios (cenários 2 e 4), com apenas um dia de antecipação em uma plataforma.

Os melhores resultados foram obtidos pelo modelo MAECB, nos cenários 4 e 5, uma vez que esse modelo resolveu uma deficiência do modelo MAEC, que é a falta de balanceamento na divisão de tarefas entre as equipes. Em geral o melhor resultado corresponde ao cenário 5, seguido pelo cenário 4.

A criação de um modelo matemático requer um esforço grande para que quando desenvolvido ele retrate fielmente o problema analisado. Ao utilizar o problema da designação para programar diversas equipes que realizarão serviços em locais e períodos diferentes, como apresentado neste trabalho, o volume de variáveis geradas pelo modelo bem como o número de restrições é muito grande, tornando complexa a análise e tabulação dos resultados.

No que diz respeito ao software utilizado, o LINGO proporcionou de forma simples o desenvolvimento do modelo matemático assim como a rapidez na resolução e geração dos resultados. Pela dimensão do modelo, a forma com que os resultados são representados pela ferramenta pode ser considerada um dos grandes desafios para a análise e sintetização dos valores obtidos.

REFERÊNCIAS

Arenales, M., Armentano, V., Morabito, R. e Yanasse, H. (2006). Pesquisa Operacional para Cursos de Engenharia. Editora Elsevier. 1ª. ed. Rio de Janeiro.

Bazaraa et al. (2010). Linear Programming and Network Flows. Editora John Wiley & Sons. 4ª. ed. New Jersey.

Burkard, R. et al. (2012) Assignment Problems. Editora SIAM. Philadelphia.

Goldberg, M. C. e Luna, H. P. L. (2005). Otimização Combinatória e Programação Linear: modelos e algoritmos. Editora Elsevier, 2ª. ed., Rio de Janeiro.

Hillier, F. S. e Lieberman, G. J. (2013). Introdução à Pesquisa Operacional. Editora McGraw-Hill, 9ª ed., São Paulo.

LINDO Systems Inc. (2014) LINGO: The Modeling Language an Optimizer. 2013. Disponível em: <<http://www.lindo.com/downloads/PDF/LINGO14.PDF>>. Acesso em: 26 abr. 2014

Rocha, I. M. (2011). Uma abordagem otimizada para o problema de alocação de equipes e escalonamento de tarefas para a obtenção de cronogramas eficientes. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual do Ceará.

Silva, T. C. L. et al. (2004) Determinação de escalas de plantão para militares considerando preferências e hierarquia. Pesquisa Operacional, Rio de Janeiro, v. 24, n. 3, p.373-391, set. 2004.

Taha, Hamdy A. (2008). Pesquisa Operacional. Editora Pearson Prentice Hall, 8ª Edição, São Paulo.

Usmani, Y (2012). Field Engineers' Scheduling at Oil Rigs: a Case Study. Engineering, Technology & Applied Science Research; Vol. 2 Issue 1, p155.

Vieira, C. L. dos S., Pimentel, C.E., Mayerle, S.F. e Luna, M.M.M (2015). Determinação de escalas de trabalho de funcionários de restaurantes considerando preferências. Produção em Foco; Vol. 6.n.1.

Capítulo 39

DIFERENCIAIS COMPETITIVOS DE EMPRESAS INCUBADAS: ANÁLISE DE UMA EMPRESA SERTANEJA EXPORTADORA DE JOIAS

[DOI: 10.37423/200500937](https://doi.org/10.37423/200500937)

Ana Carla Cavalcante das Chagas - a.carlacavalcante@gmail.com

Daniel Paiva Mendes - daniel.pamendes@gmail.com

Stênio Lima Rodrigues - Stenio.rodrigues@iftma.edu.br

Francisco Antônio Gonçalves de Carvalho - tonyogc@hotmail.com

Resumo: As empresas incubadas provêm de experiências de inovação, sobretudo tecnológicas, necessitando apoio para inserção e posicionamento mercadológico e empresarial. Os estudos estratégicos sobre incubadoras são relativamente raros e podem auxiliar na incorporação de conhecimentos sobre as temáticas. O problema de pesquisa que direciona e delimita o presente trabalho formata-se na seguinte questão: quais os diferenciais competitivos no processo de incubação de uma empresa sertaneja exportadora de joias? Para solucioná-lo este estudo objetiva identificar como os diferenciais competitivos foram construídos no processo de incubação de uma empresa sertaneja exportadora de joias. A pesquisa aqui desenvolvida foi qualitativa, do tipo descritiva, na modalidade estudo de caso. A coleta de dados se fez por entrevista diretiva com dirigentes da organização, privilegiando as dimensões analíticas, conhecimentos analíticos e gerenciais, design, exportação e inovação. A análise de dados se fez por meio da análise de conteúdo. A análise de dados evidenciou o apoio externo representado pela incubadora CENTEC e pelo SEBRAE na configuração do principal diferencial competitivo da empresa:

Design dos produtos que são de difícil imitação. Destaca-se ainda a contribuição direta da incubadora na transferência de conhecimentos gerencial e operacional, viabilizando assim um posicionamento de marca no mercado internacional. Após a realização de todas as entrevistas e pesquisas realizadas o objetivo e problema de pesquisa foram solucionados, conclui-se que o ápice da empresa está atrelada a transferência de conhecimento oferecido através de treinamento, consultorias por parte da incubadora CENTEC. O empresário acredita que após o período de incubação sua empresa hoje está apta a passar por diversas dificuldades, pois esses serão capazes de resolver, até mesmo problemas financeiros que segundo eles, estão treinados e capacitados a lidar com o surgimento de problemáticas.

Palavras-chave: Incubadoras de empresas. Diferenciais competitivos. Inovação.

1.INTRODUÇÃO

As empresas incubadoras não constituem fenômeno recente. O surgimento das incubadoras começou a acontecer a partir da década de 1930 na Universidade de Stanford, logo após, rapidamente elas se expandiram por toda a Europa. No Brasil, esse tipo de empreendimento surgiu a partir da década de 1970, na Universidade Estadual de Campinas e hoje está presente em todo o território nacional.

As incubadoras são fomentadoras de inovação em Micro e Pequenas Empresas(MPEs). Segundo Vedovello e Figueiredo (2005), essas instituições possuem como tarefa principal melhorar o diferencial competitivo das MPEs, bem como oferecer capacitação gerencial ao “corpo dirigente” dessas empresas. As incubadoras devem ser capazes de apresentar ambientes flexíveis para desenvolver um novo empreendimento, ou ainda, gerar conhecimento para os que já se encontram implantados (RAUPEN; BEUREN, 2006).

Nos últimos anos, o conceito de empreendedorismo vem ganhando amplitude, principalmente quando relacionado aos processos de inovação mercadológica, percebe-se que há uma procura de empreendedores por incubadoras, pois essas instituições são capazes de desenvolver melhor tecnologias, conhecimentos, capitais e talentos, capazes de desenvolver diferenciais para as empresas incubadas (McADAM; MARLOW, 2007).

As incubadoras surgiram como mecanismo de apoio ao empreendedorismo e à inovação, tal fato se deve a necessidade dos empreendedores buscarem apoio voltado para a área de desenvolvimento, da inovação e na Pesquisa e Desenvolvimento (BAËTA, 1999).

Acredita-se que o conhecimento gerencial tem sido um diferencial para as empresas modernas, Classicamente, existem duas categorias de classificações do conhecimento: o tácito e o explícito. O primeiro é proporcionado através das experiências vividas pelo individuo e que possa ser inserido ao mesmo em suas atividades, já o ultimo é o conhecimento adquirido através de técnicas e a constante busca para disseminar o conhecimento (MELO, 2003).

Outra característica que se entende como diferencial competitivo nos produtos é o design, pois de acordo com Bahiana (1998) o design pode ser mais bem aproveitado quando esse é incorporado no processo da sua produção desde o inicio da fase de criação seja de um produto ou até mesmo de serviço.

Para os autores Tidd; Bessant e Pavitt, (2008, p.45) a “inovação é um instrumento de sobrevivência”. Se uma empresa não for capaz de mudar as formas de oferecer e entregar seus produtos, certamente vai estar em apuros. Ainda segundo o autor a inovação é resultado de um processo que envolve riscos e precisa de gerenciamento cuidadoso e sistemático.

Conforme Parente (2000) de todas as variáveis voltadas ao marketing, a precificação pode-se dizer que é a mais rápida ao influenciar no segmento de competitividade, pois contribui diretamente no volume de vendas, margens e ainda na lucratividade da empresa. Portanto, o problema de pesquisa que direciona e delimita o presente trabalho formata-se na seguinte questão: quais os diferenciais competitivos no processo de incubação de uma empresa sertaneja exportadora de joias?

Este estudo objetiva identificar como os diferenciais competitivos foram construídos no processo de incubação de uma empresa sertaneja exportadora de joias. Torna-se oportuno, portanto, um estudo de caso consistente a respeito dos diferenciais competitivos presentes nas empresas, analisando-se os diferenciais presentes na empresa sertaneja exportadora de joias, localizada na cidade de Quixeramobim- CE.

Em termos acadêmicos, este estudo objetiva enriquecer as pesquisas relacionadas a esse assunto. O estudo de forma detalhada demonstra os principais diferenciais competitivos sob um olhar comparado de diversos autores e pretende colaborar com o embasamento teórico para acadêmicos e empresários que desejam adquirir conhecimento sobre o processo de incubação e o que essa trará de diferencial frente a seus concorrentes. Ainda, este estudo justifica-se devido ao escasso estudo do assunto em empresas incubadas, principalmente na região nordestina.

Alem desta introdução, o artigo está estruturado em mais quatro capítulos. No segundo capítulo será apresentado o referencial teórico que foi utilizado para embasar a pesquisa desenvolvida. Foram abordadas as seguintes temáticas no referencial: incubação empresarial, inovação, conhecimento como um diferencial competitivo e design como diferencial competitivo. No terceiro capítulo serão apresentados os procedimentos metodológicos adotados. No quarto, a análise dos resultados e por fim, no quinto, as considerações finais.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Nas próximas subseções, serão discutidos os temas de Incubação Empresarial, o conceito de Inovação e em seguida será realizado estudo do Conhecimento e Design como diferencial competitivo

2.1. INCUBAÇÃO EMPRESARIAL

O surgimento das incubadoras de empresas não é recente. O primeiro parque tecnológico surgiu no final da década de 1940, na Califórnia, Estados Unidos, que foi caracterizado pelo relacionamento estreito com a Universidade de Stanford, que serviu de modelo para outros países. A criação das incubadoras de empresas surgiu então, conseqüência do desenvolvimento dos parques tecnológicos (DORNELAS, 2015; MCTI, 2013). Daí surgiu o conceito como capital de risco e incubadoras de empresas que são consideradas condições básicas para o desenvolvimento econômico e regional, por meio da transferência de tecnologia e inovação tecnológica.

No Brasil, a implantação efetiva de incubadoras de empresas ocorreu muito tempo depois, na década de 80, a partir de uma iniciativa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) de implantação do primeiro Programa de Parques Tecnológicos no País, com instituições localizadas em São Carlos, SP, Joinville, SC, Campina Grande, PB, Manaus, AM e Santa Maria, RS, com o intuito de criar empresas de base tecnológica (DORNELAS, 2015).

As incubadoras são entidades sem fins lucrativos, destinadas a amparar e dar suporte a empresas que se enquadra em determinadas áreas de negócios, para que eles possam desenvolver ideias inovadoras e transformá-las em empreendimentos de sucesso. Para isso, oferecem infraestrutura, capacitação e suporte gerencial, orientando os empreendedores sobre aspectos administrativos, comerciais, financeiros e jurídicos, entre outras questões essenciais ao desenvolvimento de uma empresa (DORNELAS, 2015; DORNELAS 2002; ANPROTEC, 2017).

Para o MCTI (2017) e ANPROTEC (2017) existem diversos tipos de incubadoras de empresas: incubadoras de base tecnológica, que abrigam empresas cujos produtos, processos ou serviços são gerados a partir de resultados de pesquisas aplicadas, e nos quais a tecnologia representa alto valor agregado; incubadoras de setores tradicionais, que abriga empresas

ligadas aos setores tradicionais da economia, as quais detêm tecnologia largamente difundida e queiram agregar valor aos seus produtos, processos ou serviços por meio de um incremento no nível tecnológico; incubadoras mistas, que abriga empresas de base tecnológica e empresas dos setores tradicionais; e as incubadoras sociais, que têm como público-alvo cooperativas e associações populares.

No nordeste brasileiro, especificamente no Estado do Ceará, pode-se citar como exemplo a Rede de Incubadoras de Empresas do Ceará – RIC (2017), cuja finalidade é promover o desenvolvimento integrado entre as Empresas Inovadoras, através das Incubadoras de Empresas em operação e de outras Incubadoras, Parques Tecnológicos e Programas de Incubação que venham a ser criados no Estado do Ceará, está atuando em prol do desenvolvimento social e econômico do Estado, configurando-se como instituição facilitadora.

Atualmente a RIC tem oito incubadoras associadas, sendo três são de base tecnológica e três são mistas, evidenciando que a tecnologia e os serviços são os principais setores de atuação, seguido das incubadoras tradicionais (RIC, 2017). Portanto, constitui uma instituição relevante no apoio ao desenvolvimento e fortalecimento de novos negócios no Estado.

2.2 INOVAÇÃO

O termo inovação tem sido amplamente pesquisado nos últimos anos, tanto por organizações nacionais que buscam um crescimento através da aquisição de diferenciais competitivos, como por pesquisadores de todo o mundo. Na literatura, o economista Joseph Schumpeter (1997) foi o primeiro a conceituar inovação. Em sua obra, Schumpeter (1997, p.9) traz a noção de “destruição criativa” que aparece a “figura central do empreendedor inovador”, como agentes econômicos que traz para o mercado novos produtos por meio de aplicações práticas de invenções ou pela combinação dos mais diferentes fatores de produção. Corroborando com os estudos de Schumpeter outros autores destacam-se na literatura especializada (ROGERS, 1962; UTTERBACK, 1971; BEIJE, 1998; FREEMAN; SOETE, 2008; apud CASSOL et al., 2014) e (TIDD; BESSANT, 2015; TIDD; BESSANT; PAVITT, 2008; DRUCKER, 1987).

Para Drucker (1987, p.25) a “inovação é um instrumento específico dos empreendedores, o meio pelo qual eles exploram a mudança como uma oportunidade para um negócio ou serviços diferentes”.

Nessa pesquisa abordou-se os conceitos de Tidd e Bessant, (2015), Tidd; Bessant e Pavitt, (2008) que referenciam a inovação como um processo de transformar novas ideias em oportunidades de negócios. Para os autores as inovações bem sucedidas acumulam recursos técnicos e habilidades gerenciais ao longo do tempo.

Segundo Tidd e Bessant, (2015); Tidd; Bessant e Pavitt, (2008) a inovação assume muitas formas diferentes, e seguindo os preceitos de Schumpeter (1997), pode assumir quatro diferentes dimensões (os “4Ps” da inovação): a inovação de produto, inovação de processo, inovação de posição e inovação de paradigma.

Quadro 1 – Os 4Ps da inovação.

Tipo de Inovação	Conceitos	Faça melhor	Faça diferente
Inovação de produto/Serviço	Mudança no produto/ serviço que a empresa oferece.	Incremente seu produto/serviço.	Algo que seja completamente diferente.
Inovação de processo	Mudança na forma como o produto/serviço são criados e entregues.	Prime pela excelência.	Mudança radical de processo.
Inovação de posição	Mudança no contexto em que produtos/serviços são introduzidos.	Estuda, aprofunde, segmento mercados.	Encontre novos campos a explorar.
Inovação de paradigma	Mudanças nos modelos mentais básicos que norteiam o que a empresa faz.	Mude o modelo de negócio.	Reescreva as regras.

Fonte: Tidd; Bessant e Pavitt, (2008) adaptado.

É possível utilizar esse modelo para verificar em que áreas as empresas possuem, ou podem vim a ter projetos de inovação. Outra utilidade desse modelo é a possibilidade de comparação com mapas de organizações concorrentes, como uma ferramenta para identificar áreas em que pode haver espaços inexplorados e oportunidades de inovação (TIDD; BESSANT, 2015; TIDD; BESSANT; PAVITT, 2008).

Ainda segundo Tidd e Bessant, (2015) o processo de inovação está dividido em quatro fases; a busca que envolve detectar sinais no ambiente sobre a mudança; a seleção que busca diminuir os riscos ao selecionar entre as várias oportunidades aquela que mais se ajusta as estratégias da empresa; a implementação que é a fase seguinte da seleção, é a transformação das ideias potenciais em realidade; e por último a captura de valor, que é o propósito de inovar, a captação de valor a partir de novas ideias.

Para os autores Tidd; Bessant e Pavitt, (2008, p.45) a “inovação é um instrumento de sobrevivência”. Se uma empresa não for capaz de mudar as formas de oferecer e entregar seus produtos, certamente vai estar em apuros. Ainda segundo os autores a inovação é resultado de um processo que envolve riscos e precisa de gerenciamento cuidadoso e sistemático.

2.3 CONHECIMENTO COMO DIFERENCIAL COMPETITIVO

Segundo Becker e Lacombe (2005) na academia, o conhecimento pode ser identificado de duas maneiras: contextualizado ao indivíduo e a organização, onde esses se completam e ainda se inter-relacionam. Tratando-se do indivíduo, Melo (2003) aborda que o conhecimento pode ser adquirido através das suas experiências e experiências profissionais.

Objetivando-se descrever as competências organizacionais Fleury e Fleury (2000) conceitua como o saber agir de maneira responsável capaz de transferir conhecimentos, recursos, habilidades que possa estabelecer valor econômico seja para a organização e para o indivíduo o valor social. Para Ruas (2001) as competências organizacionais tornam as instituições diferenciais em relação aos seus concorrentes e cliente, pois estão presentes em diversos níveis da empresa.

Para Becker e Lacombe (2005) os incubados possuem eixo de competência com as incubadoras, caracterizados como tecnológico, gerencial e mercadológico. Ao perceber o pouco conhecimento dos gestores de empresas incubadas é que há uma grande procura desses, para procederem ao processo de incubação, pois esses gestores possuem a necessidade de combinar seus conhecimentos técnicos e operacionais para a concretização das suas ideias sejam relacionadas aos produtos e/ou serviços.

Ainda de acordo com Fleury e Fleury (2000) o processo de conhecimento inicia-se a partir das experiências do indivíduo e ainda de suas emoções. Mas, é notório que a gestão ao ingressar em incubadoras e a partir de então o aprendizado for compartilhado pelo grupo e esses conhecimentos forem implementados nas organizações, há uma capacidade de reter e recuperar informações.

Um dos grandes desafios vividos atualmente é o compartilhamento de conhecimento, já que esse não é encontrado em manuais, pesquisas e nem em relatórios. Para Grotto (2002) o fato de o conhecimento ser mais difícil de captar, comunicar, compartilhar e até mesmo formalizar, é possível que haja uma mudança em toda a organização.

Conforme Nonaka, Konno e Toyama (2001) o conhecimento explícito pode ser utilizado por pessoas no seu dia a dia em suas funções, considerando as realizações de suas atividades, ainda, esse tipo de conhecimento pode ser expresso através de palavras e números compartilhados por meio de dados, fórmulas e manuais. Já o conhecimento tácito não é apenas limitado ao conhecimento técnico, mas também torna-se importante para o conhecimento profissional adquirido através das experiências e de difícil formalização.

Para Davenport e Prusak (1998) a vantagem competitiva da empresa baseia-se no que ela sabe de maneira coletiva, a eficiência com que essa faz e a sua prontidão em desenvolver o que sabe, quando utiliza o conhecimento que foi adquirido.

2.4 DESIGN COMO DIFERENCIAL COMPETITIVO

Para Bahiana (1998) o design pode ser observado como um fator de diferenciação do produto ou serviço, sua função é contribuir para a conquista de novos mercados. Segundo Baxter (2001) o design pode ser conceituado como uma metodologia capaz de definir um propósito e através desse responder aos questionamentos que lhes são realizados e, buscando uma solução eficaz.

Conforme Magalhães (1997) o design pode ser caracterizado como uma ferramenta para atingir os objetivos das empresas, adequando através do ambiente de atuação e das suas capacidades, objetivando satisfazer um indivíduo ou grupo através dos produtos produzidos em séries.

Acredita-se que empresas ao adotarem o design como fator estratégico organizacional devem realizar algumas mudanças na cultura do ambiente de trabalho. E ainda, o processo de mudança sendo bem direcionado pode haver uma maior aceitação do produto e uma maior participação de mercado. Para Santos (2002) uma empresa que investe em pesquisa e desenvolvimento, tem a possibilidade de ocupar maior espaço no mercado, pois trabalham com uma gestão proativa.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A natureza da pesquisa foi qualitativa de caráter descritivo. Como método de pesquisa foi utilizado o estudo de caso (YIN, 2005). Collis e Hussey (2005), consideram que o método qualitativo, “envolve examinar e refletir as percepções para obter um entendimento de atividades sociais e humanas”.

O caso refere-se a uma microempresa de manufatura de joias, localizada no Sertão Central cearense graduada na incubadora INTECE/CENTEC, na cidade de Quixeramobim. A microempresa já foi vencedora por duas vezes do Prêmio SEBRAE TOP 100, que identifica as melhores práticas na produção artesanal brasileira e Troféu Empreendedor de 2014 do Grupo Cearense de Comunicação O POVO e Fundação Demócrito Rocha.

A empresa manufatureira de joias atendida na moda feminina lapida o sertão em peças criativas e únicas, que são joias feitas artesanalmente a partir da combinação de metais preciosos como a prata, pedras semipreciosas, palhas e espinhos de Mandacaru, cacto típico da caatinga na região Nordeste. As pedras semipreciosas estão localizadas principalmente nos maciços da Berilândia, distrito de Quixeramobim e em municípios circunvizinhos do Sertão Central cearenses. Na região brotam as pedras semipreciosas como Berilo, Água Marinha, Turmalina, Granada, Cristal de Quartzo, Lapidolita e Ametista que são extraídas artesanalmente em filões rasos.

Quanto aos fins, a pesquisa teve caráter descritivo, pois se configurou pela busca de descrever como a empresa apoiada pela incubadora desenvolveu diferencial competitivo, conforme o estudo.

Para a coleta de dados, foram realizadas entrevistas semiestruturada, que ocorreram em duas etapas: (i) entrevista com a gestora da incubadora INTECE/CENTEC, que acompanhou todo o período de incubação da empresa; e (ii) com o sócio proprietário da microempresa, abordando os seguintes tópicos: histórico da empresa e os diferenciais competitivos, como designer dos produtos, conhecimento gerencial e inovação. Além disso, teve-se como evidências fontes documentais e a literatura especializada sobre incubadoras de empresas.

A análise das informações coletadas na pesquisa buscou identificar os diferenciais competitivos da empresa após o período de incubação. Nessa etapa do estudo, se retomou, também o referencial teórico para à luz deste identificar nas iniciativas da empresa manufatureira, a presença de elementos ou pressupostos que caracterizem o diferencial competitivo após o período de incubação.

Quanto à escolha da microempresa manufatureira de joias artesanais, por ser uma das graduadas da incubadora INTECE/CENTEC de destaque na inovação de seus produtos e processos produtivos, portanto configura-se como um caso relevante para ser considerado objeto de análise deste trabalho. Para o tratamento dos dados foi utilizado o software Atlas TI, como fonte de embasamento para a construção do estudo.

4. ANALISE DOS RESULTADOS

Nesta seção serão discutidos os resultados apoiando-se em autores clássicos e mais recentes da literatura.

4.1 INOVAÇÃO

Para Tidd e Bessant (2015) a inovação contribui de várias maneiras para as micro e pequenas empresas. Ela é importante não apenas no empreendedorismo, mas cada vez mais como a fonte principal do crescimento econômico. Para os autores, a adoção de práticas inovadoras ajudam no gerenciamento do lançamento de novos produtos, no que diz respeito a conquista e manutenção de fatias de mercado e aumentar a lucratividade desses mercados. Já para produtos estabelecidos no mercado, o aumento das vendas pode vir de vários fatores como design, customização e qualidade.

A inovação da empresa objeto de análise deste estudo veio principalmente da inovação de produtos e processos. E essa inovação veio a partir de uma melhoria contínua, provocada por uma inovação incremental. Para Tidd e Bessant (2015, P. 30), uma melhora contínua do produto/serviço dentro da ideia “fazer o que sabemos, mas melhor”. A maior parte da inovação nasce desse incremento. Para o proprietário foi um processo contínuo.

[...]quando iniciou em 2002 a gente era completamente leigo com relação a todos os assuntos, a exportação, a produção de joias, ao designer, então tudo isso teve que ser desenvolvido aqui, então hoje na oficina agente trabalha todo o processo possível, vai desde a mineração, da retirada das pedras, da seleção dos espinhos de mandacaru [...].

Para Tidd e Bessant (2015) inovação incremental ainda que arriscada é estratégia gerencial de grande potencial, porque inicia a partir de algo conhecido, que é aprimorado. Aqui as regras do jogo são muito claras – consistem no incremento estável de produtos ou processos e no uso de conhecimento acumulado acerca de componentes centrais.

Nota-se que para essa mudança incremental no produto e processo pudesse acontecer com êxito foi fundamental o apoio das parcerias como um diferencial de competitividade, como destaca o Proprietário, “[...] foi isso que deixou agente tão forte, tudo que a gente aprendeu, tudo que o SEBRAE e o CENTEC nos trouxe de informação acabou nos transformando no que somos hoje [...]”.

A captura de valor por meio da inovação é destacada pelo proprietário da seguinte maneira:

“Foi possível inovar em tudo, processo de produção, produto, transformar espinhos de mandacaru numa jóia de três mil reais, foi um grande desafio, então tudo isso teve essa participação do SEBRAE e CENTEC”.

Para Teece (1986 *apud* Tidd e Bessant, 2015) a captação de valor por meio da inovação é influenciada por três fatores: (i) o regime de apropriação, que inclui a força dos direitos de propriedade intelectual, a natureza do conhecimento, o sigilo, a facilidade de imitação e o tempo de retorno do investimento; (ii) os ativos complementares, como a marca, a posição, a distribuição, o suporte e os serviços; e (iii) o projeto dominante.

Ainda para os autores a captação de valor por meio da inovação e difusão do aprendizado, a empresa pode construir uma base de conhecimento melhorar as formas de processo. O propósito de inovar raramente é criar inovações simplesmente por fazer algo novo, mas é captar algum tipo de valor a partir delas. Há vários modelos de criar valor, os formais como patentes, ou informais como o conhecimento tácito. Um resultado inevitável do lançamento de uma inovação é a criação de um novo estímulo para o reinício do seu ciclo.

4.2 CONHECIMENTO GERENCIAL E COMPETÊNCIA ORGANIZACIONAL

O primeiro conceito-chave em análise na presente pesquisa caracteriza como o conhecimento gerencial e competência organizacional recebe diferentes significados dependendo da teoria a ser embasada. Em qualquer conceito utilizado, esse se torna importante para a construção dos demais diferenciais competitivos a serem trabalhados.

Para o desenvolvimento e implantação da empresa sertaneja, houve todo um processo de transferência de conhecimento, por parte de diferentes parcerias encontradas pelo proprietário do negócio, como citado por Fleury e Fleury (2000) a responsabilidade de transferir conhecimento, recursos e habilidades para gerar valor econômico tanto para o indivíduo como para a organização.

Ao implantar seu negócio, trabalhava apenas com a questão de produtos artesanais, mas ainda voltado para essa questão de mineração. Já no ano de 2002, o proprietário participou de um treinamento desenvolvido pelo SEBRAE (Serviço Brasileiro de Apoio a Micro e Pequenas Empresas), onde a capacitação estava voltada diretamente para o setor de joalherias, design, ramos diferente do que já era implantado.

O empreendedor apenas visou à oportunidade de negócios de joalheria, mas não possuía o conhecimento necessário para o desenvolvimento do seu projeto, uma vez que não tinha experiência e nem experiência na área. Mas, com o passar do tempo, passou a adquirir conhecimento através da internacionalização, onde estava assistido por parcerias que compartilhavam de forma direta seus conhecimentos, e isso poderia ser adquiridos através de treinamentos, manuais que padronizam o processo, fórmulas e até mesmo através de experiências (GROTTO, 2002). O proprietário da empresa, confirma que a primeira transferência de conhecimento foi adquirida em contato com o SEBRAE:

[...]o SEBRAE ofereceu um curso de designer de jóias lá dentro da oficina, não tinha muito haver com o que a gente fazia na época, a gente antes trabalhava com artesanato, com pedra de sabão dentro dessa mesma área da mineração, então quando o SEBRAE ministrou esse curso em 2002 veio uma Designer de jóias de São Paulo Maria Lucia, e aí a gente começou a trabalhar com joalheria vendo a oportunidade de negócio que a atividade oferecia, então a gente resolveu transformar uma oficina de artesanato e partiu para a produção de joalheria, daí a gente teve que aprender o processo inteiro né? O processo de manuseio dos metais e tal, essa alquimia né? Essa química que agente faz de metais para conseguir o melhor brilho, a melhor qualidade e tal, a gente foi desenvolvendo uma forma muito própria de fazer esse trabalho sabe, até porque muita coisa como não tinha ferramenta e tal, a gente teve que desenvolver ferramenta para fazer a produção [...]

Davenport e Prusak (1998) enfatizam que a empresa possui uma vantagem competitiva quando utiliza o conhecimento de forma coletiva, eficiente e de prontidão para a realização das suas atividades e ainda, utilizar diretamente em seus negócios. Ao entender a formação de conhecimento por parte da empresa obteve-se o apoio do SEBRAE e da Incubadora INTECE/ CENTEC, uma vez que se estabeleceram parcerias para um melhor desempenho do que seria oferecido a potenciais consumidores. De acordo com a gerente da incubadora, os principais conhecimentos transmitidos foram “nas áreas de produção, financeira, processos de melhorias”.

Ao descrever as parcerias da incubadora que fortalecem a transmissão de total conhecimento as empresas incubadas, a sra gerente destaca:

“Nós possuímos parcerias com entidade mantenedora Instituto CENTEC, parceiros SEBRAE, Banco do Nordeste, Governo do Estado do Ceará, através da Secretaria de Ciência e Tecnologia - SECITEC, Embrapa, Prefeitura Municipal de Quixeramobim”.

Isso pode ser considerado ao entender os motivos que levam empresas a procurar a incubadora, busca de conhecimentos e parcerias para o desenvolvimento de planejamentos estratégicos. O principal motivo que levou ao proprietário a procurar a incubadora foi a busca por uma formação profissional, pois caracteriza esse aspecto como sendo o principal mentor para o sucesso ou fracasso do negócio. Segundo o proprietário “o dinheiro é só uma questão de tempo de se organizar para conseguir e tal, mas o grande lance é conhecimento”.

4.3 DESIGN

Atualmente, o que mais se tem percebido para diferenciar um potencial de empresa para empresa, é a maneira como essas são capazes de se caracterizar de forma única seja seus produtos ou serviços. Tendo em vista essa caracterização e com o intuito de ser diferente dos demais concorrentes é que a empresa tem se posicionado, não leva em consideração ao preço, pois quando o consumidor está interessado com o produto, está disposto a pagar o valor que realmente vale e assim adquirir o produto.

Após adquirir conhecimento com as parcerias estabelecidas através da incubadora CENTEC, a joalheria tem como seu principal diferencial o design dos produtos, por fazerem até alguns equipamentos que utilizam na lapidação dos produtos, tornam-se difícil concorrentes imitarem seus produtos, conforme descreve o proprietário:

[...] a gente teve que desenvolver ferramenta para fazer a produção, então isso acabou dando uma cara diferente a jóia que agente produz que normalmente acaba sendo até, algumas acabam sendo até inviável de ser copiadas por conta da dificuldade realmente de si produzir[...]

Pode-se destacar ainda a influencia do avanço tecnológico atrelado a capacidade de preocupar-se com a inovação e a transformação de *design*, uma vez que a primeira oficina da organização estava voltada apenas para o artesanato. Conforme Bahiana (1998) o design pode ser considerado como uma diferenciação do produto e ainda, contribui para novos mercados. A diferenciação do design do seu produto é destacada por pelo proprietário da seguinte maneira:

[...]o bacana quando agente começou a fazer joia era que todo o processo fosse feito dentro da oficina, inclusive o desenho, porque o

desenho transforma a jóia e dar uma identidade para a joia. Então, por exemplo, hoje as pessoas que usam as minhas jóias chegam pra mim e dizem eu tava num aeroporto fora do Brasil e uma pessoa chegou pra mim e perguntou se era uma joia da sua empresa, então isso pra mim é gratificante demais porque esse desenho tem uma característica que é reconhecida em qualquer lugar, quem usa uma joia minha, quando vê uma outra embora seja um desenho que ela nunca viu, mas só pelo trace, pelo jeito, pelo acabamento já sabe que foi uma jóia produzida aqui na oficina[...]

Ao questionar como o empresário se caracterizava e ao ser deparado como concorrentes internacionalmente conhecidos pela mesma segmentação e se isso não o intimidava, a resposta veio clara ao descrever o que o caracterizava como sendo um competidor diferente:

[...]porque agente passou a trabalhar com um padrão de excelência que acaba atingindo qualquer mercado em qualquer lugar do mundo, eu tenho joias aqui que vão pro Japão e cubro uma garantia de uma joia lá do Japão, se deu um problema vão me mandar via Sedex, vou consertar e mandar de volta sem custo nenhum pra quem enviou, então esse é o grande diferencial, essa responsabilidade de fazer o melhor possível, e de ter essa proximidade com o cliente, porque eu acho que a qualidade envolve todo o processo de produção, envolve esse contado com o cliente, essa forma de receber, essa forma de tudo, acho que isso faz parte de um contexto só, e essa coisa da exportação pra gente foi fantástica porque ela hoje aproximou agente de com um padrão de excelência[...]

Logo, acredita-se que após todo o período de parcerias e até mesmo dificuldades enfrentadas pela empresa, onde precisaram fechar a empresa e após 10 dias reabrirem, pois obtiveram todo o apoio da Incubadora CENTEC e do SEBRAE para se estabelecer novamente, acreditaram no conhecimento adquirido e implantaram-se no mercado buscando diferenciar-se através dos designs dos seus produtos a serem oferecidos pelo mercado.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo da existência da empresa de joias houveram grandes mudanças, começando com a oficina oferecida pelo SEBRAE e desde então começou e ideia de entrar nem um novo

negócio, sendo que não havia nenhum conhecimento, mas que visavam naquela ideia uma boa oportunidade de conquistar um mercado.

Mesmo não obtendo conhecimento necessário para a implantação de um novo negócio na região, foi possível contar com o apoio da incubadora CENTEC, onde foram assistidos desde o surgimento da ideia até se estabelecerem de maneira madura no mercado, passando até mesmo pelo apoio a exportação.

Após a realização de todas as entrevistas e pesquisas realizadas, conclui-se que o ápice da empresa está atrelado a transferência de conhecimento oferecido através de treinamento, consultorias por parte da incubadora CENTEC. O proprietário acredita que após o período de incubação sua empresa hoje está apta a passar por diversas dificuldades, pois esses serão capazes de resolver, até mesmo problemas financeiros que segundo eles, estão treinados e capacitados a lidar com o surgimento de problemáticas.

Ainda, o conhecimento adquirido ao longo da incubação tem apresentado bastante importância, pois através desse tornou-se possível desenvolver ferramentas necessárias para o processo de fabricação e confirmando assim, a inviabilidade de imitação por parte dos seus concorrentes, e o empresário ainda destaca que o consumidor está disposto a pagar o valor que lhe for proposto para adquirir a peça ofertada.

Logo, conclui-se o presente estudo destacando a importância e relevância do conhecimento transferido de uma incubadora, para empresas de pequeno porte, mas que almejam tornar-se uma grande potência comercial.

Para que haja a continuidade e aprofundamento nessa área, torna-se necessário recomendar estudos futuros, para ampliar o foco da pesquisa até investigado. Com isso, sugere-se investigar: Como a formação do empreendedor após receber apoio de uma incubadora interfere no processo de internacionalização da sua empresa?

Em um esforço futuro de pesquisa (retorno ao campo), recomenda-se o estudo de caso “múltiplo” e compreensão mais crítica sobre “como” os diferenciais competitivos são alcançados no processo de incubação de uma empresa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Nacional de Entidades Promotoras de Empreendimentos Inovadores - ANPROTEC. Incubadoras e Parques. Disponível em:

<<http://anprotec.org.br/site/pt/incubadoras-e-parques>>. Acesso 30/05/2017.

_____. Estudo, Análise e Proposições Sobre as Incubadoras no Brasil. Versão Resumida. 2012. ANPROTEC/MCTI: Brasília, 2012.

BAETA, A. M. C. O desafio da criação: uma análise das incubadoras de empresas de base tecnológica. Petrópolis: Vozes, 1999.

BAHIANA, Carlos. A importância do design para sua empresa. CNI, COMPI, SENAI/DR-RJ. Brasília, DF: CNI, 1998.

BAXTER, Mike. Projeto de Produto: guia prático para o design de novos produtos. 2 ed., ver. São Paulo: Edgard Blucher, 2001.

BECKER, G.; LACOMBE, B. Gestão, inovação e competências: conciliando idéias no estudados empreendedores de incubadora de base tecnológica. In: RUAS, R.; ANTONELLO, C.; BOFF, L. Os novos horizontes da gestão: aprendizagem organizacional e competências. Porto Alegre: Bookman, 2005. p. 166-186.

CASSOL, A. et al. Capital Intelectual e Capacidade absorptiva como Propulsores da Inovação: Estudo de Caso no Setor de Papel e Papelão Ondulado. XXXVIII ENANPAD, Rio de Janeiro, 2014.

COLLIS, J. HUSSEY, R. Pesquisa em Administração. Um guia prático para alunos de graduação e pós-graduação. 2. Ed. Porto Alegre, Bookman, 2005.

DAVENPORT, T.; PRUSAK, L. Conhecimento empresarial: como as organizações gerenciam o seu capital intelectual. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

DORNELAS, José C. A. Empreendedorismo: transformando idéias em negócios. 5 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

_____. Planejando incubadoras de empresas: como desenvolver um plano de negócios para incubadoras. Rio de Janeiro: Campus, 2002

DRUCKER, P. F. Inovação e espírito empreendedor. Tradução C. Malferrari. 2. Ed. São Paulo, Pioneira, 1987.

FLEURY, A. ; FLEURY, M. Estratégias empresariais e formação de competências: um quebra-cabeça caleidoscópico da indústria brasileira. São Paulo: Atlas, 2000.

GROTTO, D. O compartilhamento do conhecimento nas organizações. In: ANGELONI, M.T. (Coord.). *Organizações do conhecimento: infra-estrutura, pessoas e tecnologias*. São Paulo: Saraiva, 2002.

MAGALHÃES, Cláudio Freitas. Design Estratégico, Integração e Ação do Design Industrial dentro das empresas. Rio de Janeiro: SENAI/DN, SENAI/CETIQT, CNPq, IBICT, PADCT, TIB, 1997.

MELO, Luiz Eduardo Vasconcelos. Gestão do conhecimento: conceitos e aplicações. São Paulo: Érica, 2003.

McAdam, M. & Marlow, S. Building Futures or Stealing Secrets?: Entrepreneurial Cooperation and Conflict within Business Incubators. *International Small Business Journal*, 2, 2007.

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI. O Programa Nacional de Apoio às Incubadoras de Empresas e Parques Tecnológicos – PNI. Disponível em:

<<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/5228.html>> . Acesso em 29/05/2017.

_____. Estudos de Projetos de Alta Complexidade: indicadores de Parques Tecnológicos. Brasília: CDT/UnB, 2013.

NONAKA, I.; KONNO, N.; TOYAMA, R. Emergence of “BA”: A Conceptual Framework for the continuous and Self-transcending Process of Knowledge Creation . p- 13- 29. In: NONAKA, I.; NISHIGUCHI, T. Knowledge emerge: social, technical, and evolutionary dimensions of knowledge creation. Oxford, 2001.

PARENTE, J. *Varejo no Brasil gestão e estratégia*. São Paulo: Atlas, 2000. p.160-181.

Raup, F. M. & Beuren, I. M. (2009). Programas oferecidos pelas incubadoras brasileiras às empresas incubadas. *Revista de Administração e Inovação*, São Paulo, 6(1), p. 83-107.

Rede de Incubadoras de Empresas do Ceará – RIC. Incubadoras. Disponível em:

<<http://rededeincubadoras.wix.com/rede#!services/c1iwz>> . Acesso 29/05/2017.

RUAS, R. Desenvolvimento de competências gerenciais e contribuição da aprendizagem organizacional. In: FLEURY, M.; OLIVEIRA JR. (Orgs.). *Gestão estratégica do conhecimento: integrando aprendizagem, conhecimento e competências*. São Paulo: Atlas, 2001.

SANTOS, F. A. O design como diferencial competitivo: o processo de design desenvolvido sob o enfoque da qualidade e da gestão estratégica. Itajaí: Univali, 2002.

SCHUMPETER, J. A. Teoria do desenvolvimento econômico: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico. Tradução M. S. Possas. São Paulo: Nova cultural, 1997. (Obra original publicada em 1934).

TIDD, Joe; BESSANT, John; PAVITT, Keith. *Gestão da Inovação*. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

TIDD, J. BESSANT, J. *Gestão da Inovação*. 5ª ed., Porto Alegre: Bookman, 2015. VEDOVELLO, C.; FIGUEIREDO, P. N. Incubadora de inovação: que nova espécie é essa?

RAE-eletrônica. v. 4, n. 1, Art. 10, jan./jul. 2005.

YIN. R. K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 3 ed., Porto Alegre: Bookman, 2005.

Capítulo 40

INOVAÇÃO EM EMPRESAS DE PEQUENO PORTE NO MARANHÃO: UM ESTUDO COMPARATIVO ENTRE OS SETORES DE COMÉRCIO E SERVIÇOS

[DOI: 10.37423/200500938](https://doi.org/10.37423/200500938)

STÊNIO LIMA RODRIGUES - stenio.rodriques@ifma.edu.br

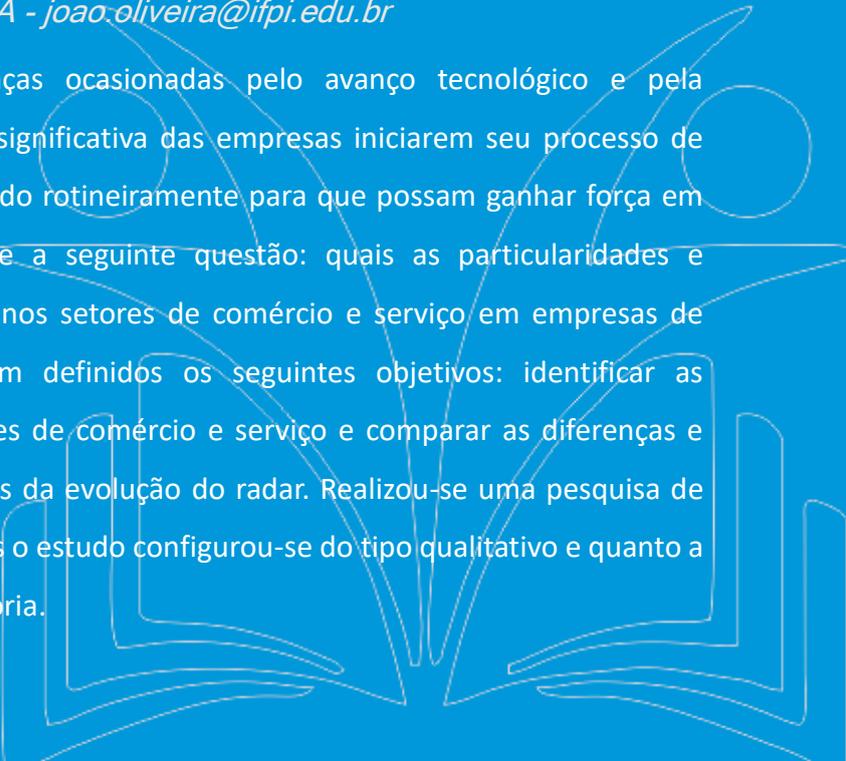
ANA CARLA CAVALCANTE DAS CHAGAS - a.carlacavalcante@gmail.com

FRANCISCO ANTÔNIO GONÇALVES DE CARVALHO - tonyogc@hotmail.com

MARALI SILVA SANTOS - marali.santos@ifma.edu.br

JOÃO VITOR DE OLIVEIRA SOUSA - joao.oliveira@ifpi.edu.br

Resumo: devido às grandes mudanças ocasionadas pelo avanço tecnológico e pela globalização, existe uma necessidade significativa das empresas iniciarem seu processo de reestruturação ao que se vêm realizando rotineiramente para que possam ganhar força em sua vantagem competitiva. Adotou-se a seguinte questão: quais as particularidades e dimensões mais propícias a inovação nos setores de comércio e serviço em empresas de pequeno porte no Maranhão? Foram definidos os seguintes objetivos: identificar as dimensões mais inovadoras nos setores de comércio e serviço e comparar as diferenças e similaridades dessas dimensões através da evolução do radar. Realizou-se uma pesquisa de campo, quanto ao tratamento de dados o estudo configurou-se do tipo qualitativo e quanto a sua natureza, é uma pesquisa exploratória.



O instrumento de coleta adotado foi o Radar da Inovação aplicado em 30 empresas participantes do Programa Agentes Locais de Inovação (ALI). Aponta-se o comportamento do radar nos setores de Comércio e Serviços, demonstrando a divisão das empresas por segmento, sendo 30 ao total, mas 15 de cada setor. Visualiza-se o grau de inovação percebido nas empresas dos dois setores após a implantação das ações para as 13 dimensões. E por fim, as similaridades em inovar que existem entre os dois setores, ações que estão mais propícias a inovar e as que não estão realizando inovação. Após a análise dos setores de comércio e serviços, verificou-se que há similaridades entre as dimensões que são tendenciosas a inovar como rede e relacionamento, o que justifica que as empresas estão buscando manter uma maior proximidade com os clientes. Pode-se concluir que há similaridades entre os setores na busca pela inovação, mas que há ainda uma necessidade de novas pesquisas para conclusão de que o cenário econômico tem sido uma das molas propulsoras a realizarem mudanças nos setores e que os mesmos possam buscar melhorias para manter-se no mercado.

Palavras-chave: Inovação. Empresas de pequeno porte. Radar da inovação.

1. INTRODUÇÃO

Devido às grandes mudanças ocasionadas pelo avanço tecnológico e pela globalização, percebe-se que existe uma necessidade significativa das empresas iniciarem seu processo de reestruturação ao que se vêm realizando rotineiramente, para que possam ganhar força em sua vantagem competitiva. Considerando o aspecto de avanços e mudanças nas empresas, é que surge ainda a necessidade de inovar. Segundo o Manual de Oslo a inovação é a introdução de um bem ou serviço novo ou significativamente melhorado, no que se refere às suas características ou usos previstos, ou ainda, à implementação de métodos ou processos de produção, distribuição, marketing ou organizacionais novos ou significativamente melhorados (OECD, 2005).

Acredita-se ainda que a inovação tem sido parte imprescindível nas grandes empresas, mas que por vezes nota-se que o aspecto de melhorias e inovação para a obtenção de vantagem competitiva nas pequenas empresas não tem sido tão notório quanto se é esperado. Diante deste contexto, o SEBRAE em parceria com o CNPQ desenvolveram um Programa conhecido como ALI (Agentes Locais de Inovação), cujo objetivo principal é estimular a inovação nessas empresas de Pequeno Porte.

Entre os diversos instrumentos de avaliação do grau de maturidade da inovação em empresas, existe um intitulado Radar da Inovação, que foi desenvolvido por Sawhney, Wolcott e Arroniz (2006) e sofreu alterações para o contexto de MPEs por Bachmann e Destefani (2008), buscando assim acrescentar a Ambiência Inovadora nas dimensões originais, totalizando 13 dimensões a serem mensuradas para se entender o grau de inovação das pequenas empresas.

A pesquisa aqui desenvolvida teve como apoio o Radar de Inovação para mensuração das dimensões inovadoras de empresas dos setores de Comércio e Serviço do Estado do Maranhão que são atendidas pelo Programa Agentes Locais de Inovação com o apoio do SEBRAE.

Revela-se assim, a importância da inovação como maneira de alavancar a competitividade das pequenas empresas e conseqüentemente seu crescimento. Em âmbito científico, constata-se que não existem trabalhos de natureza científica publicados com a comparação dos setores de comércio e serviços no Estado do Maranhão e não existem estudos publicados com tal comparação na base de dados do SEBRAE, mesmo através dos cadernos

de inovação da própria instituição.

A pesquisa se configurou como qualitativa e teve sua natureza exploratória. Os instrumentos de coleta adotados foram aplicados a um conjunto de 30 empresas de pequeno porte que possuem o seu faturamento entre R\$ 360.000,01 a R\$ 3.600.000,00 entre os setores de comércio e serviços, localizadas nos municípios de Caxias e Imperatriz, Maranhão.

Além desta introdução, o artigo está estruturado em mais cinco capítulos. No segundo capítulo consta o problema e os objetivos da pesquisa. No terceiro capítulo será apresentado o referencial teórico contemplando os temas: Inovação em Micro e Pequenas Empresas (MPEs) e o Radar da Inovação. No quarto, serão apresentados os procedimentos metodológicos utilizados para a realização da pesquisa. No quinto, os resultados e análise dos achados da pesquisa e finalmente no sexto capítulo, as considerações finais.

Tendo em vista a necessidade de mensuração da inovação em MPEs e a falta de trabalhos comparativos entre os setores de comércio e serviços publicados na literatura, adotou-se a seguinte questão de pesquisa: quais as particularidades e dimensões mais propícias a inovação nos setores de comércio e serviço em empresas de pequeno porte no Maranhão?

Os objetivos desta pesquisa foram formulados visando solucionar o problema de pesquisa, consistem em identificar as dimensões mais inovadoras nos setores de comércio e serviço e comparar as diferenças e similaridades dessas dimensões através da evolução do radar.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. INOVAÇÃO EM MPES

No meio científico existe uma lacuna sobre estudos relacionados a implementação da cultura da inovação nas empresas, principalmente nas MPEs. Tal fato pode ser justificado pelo perfil do gestor/empreendedor, o desconhecimento dos fundamentos gerenciais básicos, o controle centralizado e a aversão ao risco. Muitas empresas acreditam que estão inovando quando copiam e adaptam produtos e processos de outras empresas, entretanto nota-se que, além de não garantir o sucesso, não se caracteriza inovação, pois esta prática depende da cultura da empresa (SANTOS et al., 2016).

A partir dos diferentes contextos econômicos que surgiram nos últimos anos, a inovação

passou a ser considerada como uma nova "moeda" para competição global e desenvolvimento de mercados (OLIVEIRA et al., 2014). No caso do Brasil, verifica-se turbulências na economia e esse cenário instável obriga as MPEs a procurarem melhores alternativas para suprir as suas necessidades mercadológicas que impactam diretamente nos seus resultados financeiros. Desta maneira, a inovação é também associada como uma forma criativa de driblar as dificuldades impostas em uma concorrência global para sobrevivência em um mercado dinâmico e complexo (COSTA; OLAVE, 2014).

Neste sentido, muitas MPEs fracassam porque não vêem ou não reconhecem a necessidade de mudanças em seus produtos e processos. Surge então um dos problemas clássicos da gestão empresarial: o excesso de enfoque operacional dos dirigentes, que estão mais preocupados em resolver seus problemas diários e lidar com crises do que se preocupar estrategicamente com possíveis tempestades ou mudanças que irão surgir. Contudo, a busca por novas formas de se manter no mercado competitivo é um dos grandes desafios das MPEs (BESSANT; JOHN, 2009).

Para que seja efetivamente avaliado a implementação de uma cultura da inovação, devem ser consideradas a existência de diferenças intersetoriais no que se refere à inovação, pois caso o contrário pode-se criar distorções nas análises de inovação entre setores e dificuldades para comparações entre empresas (OLIVEIRA et al., 2014).

Tradicionalmente, a Economia classifica as atividades econômicas nos seguintes setores: comércio, serviços e indústria. Neste estudo, opta-se por se analisar os setores de comércio e serviços presentes na economia maranhense. Segundo o Instituto Brasileiro de Pesquisas Estatísticas (IBGE) o setor de comércio é predominante na economia maranhense, com um total de 74% dos estabelecimentos, seguido pelo setor de serviços com 21,30 % (IBGE, 2014).

Originalmente o comércio surgiu através da prática de escambo, na atualidade percebe-se a existência do comércio de bens (varejo) e serviços. O varejo consiste na execução das atividades necessárias para introduzir mercadorias produzidas nas mãos do consumidor final. Entre os seus benefícios podem ser citados o acesso mais fácil a produtos, ter mais de duas ou três opções quando se busca um determinado produto, maior satisfação dos clientes e níveis mais altos de atendimento (BRYTO et al., 2012).

Já o setor de serviços é caracterizado pela intangibilidade, inseparabilidade e

heterogeneidade. A inovação em serviço aparece na experiência com a marca, processo e no modelo de negócio (CIC, 2008). Esses elementos citados individualizam o consumo no setor de serviços, proporcionado certa personalização, já que o produto não é físico. Os clientes percebem e participam do processo de produção e consumo simultâneo (COSTA, 2014).

No comércio varejista existe a necessidade diária de diferenciação dos concorrentes, devido a acirrada competição e ao ritmo das mudanças tecnológicas. Desta maneira, faz-se necessário achar instrumentos de diferenciação entre as empresas, ou melhor, novas estratégias competitivas. A gestão da inovação quando implementada de maneira sistêmica (ou seja, quando ocorre de maneira estruturada e acompanhada) pode contribuir para alcançar tal objetivo (MARQUES; SILUK, 2011).

A inovação em serviços acontece com a introdução de novas ideias que promovam a resolução de problemas, sem necessariamente envolver o fornecimento de um bem. Com essas novas ideias, promove-se uma melhoria dos serviços, entregando, assim, maiores benefícios ao consumidor (GALLOUJ et al., 2015). Uma pesquisa recente, realizada com base nas publicações internacionais dos últimos 20 anos, apontou que as publicações recentes delimitam seis grupos de inovação em serviços: os modos de inovação, variáveis a serem consideradas para inovar na área, recursos, desempenho e relação entre atores da inovação e estratégias organizacionais (LEO; GAMARRA, 2017).

3.2. RADAR DE INOVAÇÃO

Existem várias interfaces de empresas que buscam a diferenciação sejam elas na área de comércio e/ou serviços, mas que estão constantemente almejando melhorias em relação aos seus concorrentes, uma vez que pretendem se sobressair no mercado tão acirrado e competitivo.

Baseado na busca por diferenciação das empresas e que as mesmas que estão sendo objeto desse estudo são MPEs, torna-se necessário analisar e mensurar a inovação através de dimensões não interligadas a P&D, pois muitas dessas empresas não estão preparadas para obter um setor interno como esse.

Para que a mensuração da inovação pudesse ser realizada nessas MPEs, surgiram os primeiros trabalhos desenvolvidos através da teoria de Schumpeter (1984), onde o mesmo

apresentou seu modelo capaz de realizar a mensuração da empresa através de quatro dimensões, sendo: ofertas criadas, clientes atendidos, processos empregados e praça.

Devido ao avanço nas teorias que constantemente são realizadas houve um aprimoramento do modelo, sendo o sugerido por Sawhney et al (2006) capaz de acrescentar mais oito dimensões: Rede, Marca, Plataforma, Soluções, Relacionamento, Agregação de valor, Organização e Cadeia de Fornecimento.

Após a composição do chamado Radar da Inovação, Bachmann e Destefani (2008) acrescentaram uma nova dimensão, a de Ambiência Inovadora, sendo essa responsável por busca constante de fontes de conhecimentos de fontes externas, internas e financiamento.

E atualmente o radar da inovação tem em a composição de 13 dimensões assim descritas conforme o quadro 1 abaixo.

Quadro 1- Dimensões do radar da inovação

Dimensão	Descrição
Oferta	Desenvolve novos produtos ou serviços que sejam inovadores
Plataforma	Utiliza os recursos para criar ofertas derivadas
Marca	Identidade da empresa, maneira com que apresenta sua empresa
Clientes	Identificar necessidade de clientes ou segmentos não atendidos
Soluções	Cria soluções para melhoria da oferta aos clientes
Relacionamento	Experiência que o cliente tem com a empresa
Agregação de Valor	Redefinir os recursos da empresa para melhoria em captar clientes e transmitir valor ao mesmo
Processos	Redefinir os processos principais da empresa, para melhorar a eficiência e eficácia da mesma
Organização	Melhoria na estrutura da empresa
Cadeia de Fornecimento	Melhoria na logística interna e externa da empresa
Presença (Praça)	Criação de novos canais de distribuição ou ponto de vendas para ofertar serviços e/ou serviços aos clientes
Rede	Dialogo que a empresa possui com seus clientes
Ambiência Inovadora	Pessoas aptas e capazes de desenvolver ambiente de inovação

Fonte: Adaptado de Sawhney, Wolcott e Arroniz (2006) e Bachmann e Destefani (2008).

No entanto, entende-se que o Radar da Inovação além de ser uma ferramenta capaz de mensurar a inovação das organizações, pode contribuir para melhoria em ações que tornam-se estratégicas e inovadoras alcançando ainda uma competitividade em relação aos seus concorrentes.

4.METODOLOGIA

Este estudo foi estruturado por meio uma pesquisa de campo, em relação a abordagem de tratamento de dados configurou-se em um estudo do tipo qualitativo e quanto a sua natureza, é uma pesquisa exploratória. Pesquisas exploratórias são desenvolvidas quando se deseja investigar questões de pesquisas específicas que ainda não foram exploradas na literatura (GIL, 2010), caso perfeitamente aplicável a este estudo.

Os dados foram cedidos pela gestão estadual e nacional do Programa Agentes Locais de Inovação do Estado do Maranhão(ALI) sob condição de preservação do sigilo da identidade das empresas pesquisadas pelos ALIs. O programa ALI está em seu terceiro ciclo no Estado do Maranhão e consiste em um acordo de cooperação técnica entre o Serviço Brasileiro de Apoio as Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE) e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) cujo objetivo é levar a cultura da inovação para as Empresas de Pequeno Porte (EPPs).

Os ALIs são bolsistas de extensão tecnológica com vínculos de pesquisadores junto ao CNPQ e trabalham com sugestões de planos de melhorias inovadores para as EPPs durante o período de 2,5 anos. Seu foco de atuação são as empresas que possuem faturamento anual situado entre R\$ 360.001,00 e R\$ 3.600.000,00. Na figura 1 abaixo pode ser visualizado o fluxo de trabalho do Programa ALI.

Figura 1- Fluxo de trabalho dos ALLs



Fonte: adaptado pelos autores.

Como se percebe na figura acima, no período de atuação dos agentes de inovação deve ser composto por 4 planos de ações para serem executados pelas empresas. Do quantitativo total de empresas atendidas no Estado do Maranhão, conforme o interesse e disponibilidades de empresas foi definido uma amostra de 30 empresas situadas no Radar 2 (R2) dos municípios de Caxias e Imperatriz para constituírem o objeto de pesquisa deste trabalho, sendo 50% do setor de comércio e 50% do setor de serviços e o mesmo percentual para cada um desses municípios.

Na tabela 1 a seguir será apresentada a descrição da amostra pesquisada com suas respectivas origens.

Tabela 1- Origem da amostra

Município	Comércio	Serviços
Caxias	9	5
Imperatriz	6	10
Total	15	15

Fonte: elaborado pelos autores.

Em termos de população o município de Imperatriz é a segundo maior do Estado do Maranhão, atrás apenas da capital São Luis e o município de Caxias ocupa a terceira posição.

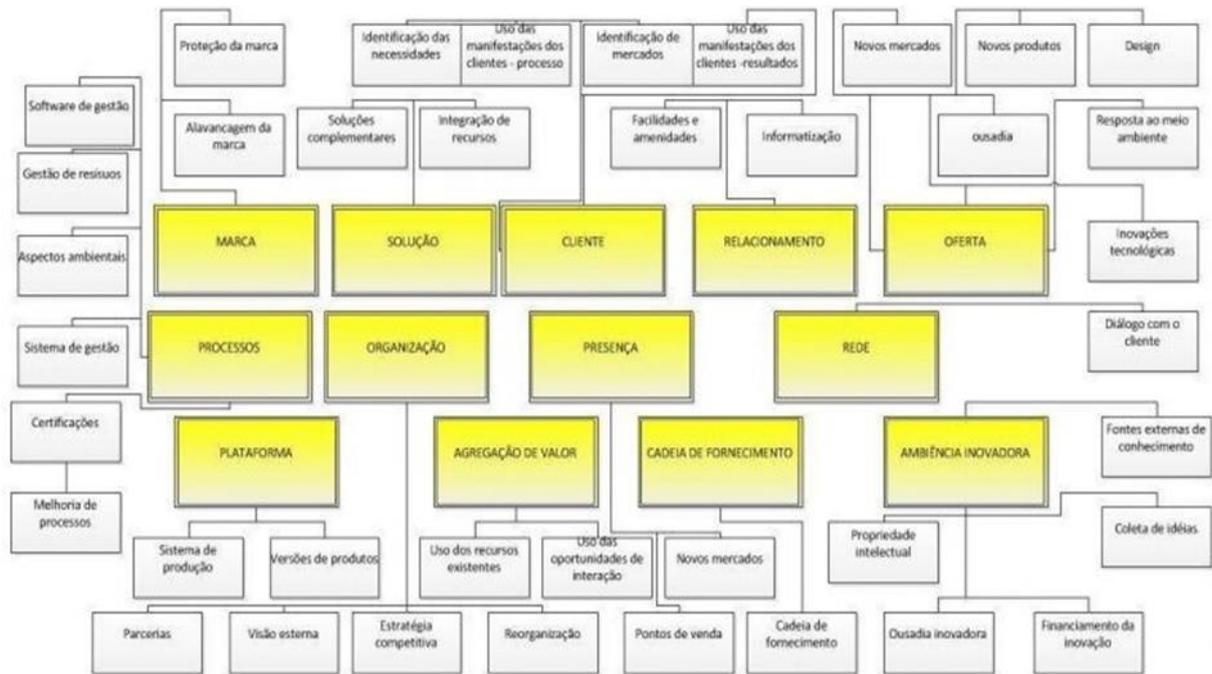
Considerando Produto Interno Bruto de 2016, Imperatriz é a segunda cidade com melhor arrecadação enquanto Caxias ocupa a sexta posição.

Para que a inovação pudesse ser mensurada, utilizou-se do instrumento Radar de Inovação, que teve sua origem por Sawhney, Wolcott e Arroniz (2006) e sofreu alterações para o contexto de MPEs por Bachmann e Destefani (2008), buscando assim acrescentar a Ambiência Inovadora nas dimensões originais, totalizando 13 dimensões a serem mensuradas para entender o grau de inovação das pequenas empresas. Trata-se de um instrumento de coleta em questões fechadas pelos quais, de acordo com as respostas dos empresários ou gestores foram selecionados os seguintes escores: 1 para quando a inovação não estiver presente, 3 para quando a inovação está incipiente e 5 para quando a inovação estiver presente.

O Radar da Inovação do Comércio é composto 32 itens de avaliação, enquanto o radar de serviços possui 35. Como diferença entre os dois radares se pode constatar que em três dimensões do radar de serviços existem questões que não estão presentes no radar de comércio: na dimensão oferta existe um item sobre resposta ao meio ambiente, na dimensão plataforma existe um item sobre versão de produtos e na dimensão presença existe um item intitulado intermediação. É válido ser ressaltado que em ambos os radares a dimensão ambiência inovadora possui peso 2, enquanto as demais dimensões possuem peso 1.

Na figura 2 a seguir será apresentado um esquema representativo as questões que envolvem o radar da inovação. Através dessas temáticas os ALIs propõem as soluções inovadoras para as empresas de acordo a aceitabilidade e engajamento dos empresários.

Figura 2- Questões das dimensões do radar da inovação



Fonte: Oliveira et al. (2011).

Posteriormente a aplicação dos radares os dados de avaliação foram lançados no sistema de informações do Programa ALI (SistemALI) pelo qual os radares foram gerados através de gráficos com processamento automático. Conforme as empresas foram executando os planos de ações novos radares foram aplicados para se verificar a evolução das mesmas. Por fim, foram extraídos os dados do SistemALI e tabulados em uma planilha eletrônica para que houvesse um tratamento simultâneo e comparação das médias dos dados das 30 empresas pesquisadas.

5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Essa seção está direcionada a realizar a análise dos resultados da pesquisa para e discussão dos dados. A seção será dividida primeiramente nos setores: Comércio e Serviços, demonstrando a divisão das empresas por segmento, sendo 30 ao total, mas 15 de cada setor. Posteriormente será apresentado o grau de inovação percebido nas empresas dos dois setores após a implantação das ações para as 13 dimensões. E por fim, as similaridades em inovar que existem entre os dois setores, ações que estão mais propicias a inovar e as que não estão realizando inovação.

5.1 EMPRESAS ANALISADAS NO SETOR DE COMÉRCIO

Foi utilizada uma amostra de 15 empresas atendidas pelo programa ALI, sendo 6 do município de Imperatriz e 9 do município de Caxias, Maranhão. Assim como no setor de serviços, também foi analisado a evolução no radar da inovação entre os ciclos 0 e 2. Logo abaixo, na tabela 2 pode ser visualizada a distribuição dessas empresas por segmento de atuação.

Tabela 2- Segmentos setor de comércio

Segmento	Quantidade	Percentual
Drogarias	4	26,66
Vestuário	3	20
Minimercados	2	13,33
Beleza	2	13,33
Autopeças	1	6,66
Armarinho	1	6,66
Eletrodomésticos	1	6,66
Joias	1	6,66

Fonte: elaborado pelos autores

A partir da tabela acima, observa-se que apesar de setor estudado ser homogêneo(o comércio varejista), os segmentos de atuação das empresas pesquisadas são heterogêneos composto 8 segmentos. Tal fator pode influenciar na adoção ou não determinadas ações nos planos estabelecidos pelos ALIs.

Após a definição da amostra pesquisada foi verificado junto ao sistema de informação do programa ALI (SistemALI), os dados dos radares das empresas antes e depois da atuação do agente de inovação nas respectivas empresas. Constatou-se no ciclo inicial (ciclo 0) os seguintes escores médios apresentados na tabela 3 logo abaixo.

Tabela 3- Escores médios das dimensões antes das intervenções sugeridas pelo ALI

Dimensões	R0	Dimensões	R0
Oferta	3,0	Processos	1,3
Plataforma	1,8	Organização	1,4
Marca	3,7	Cadeia de fornecimento	1,5
Clientes	1,4	Presença	1,1

Fonte: elaborado pelos autores.

Ao se realizar os diagnósticos dos radares, percebeu-se devido os escores mais elevados, que as dimensões marca, oferta e relacionamento eram as mais propícias a inovação nesta

fase inicial. Trata-se de dimensões cujo foco está diretamente relacionado ao posicionamento das empresas junto as necessidades dos clientes. Essa constatação inicial é relevante para compararmos após os resultados do radar 2 como se comportou a evolução do desempenho inovativo nessas dimensões.

5.1.1. COMPARATIVO ENTRE R0 E R2 DAS EMPRESAS DE COMÉRCIO

A partir das sugestões de intervenções propostas pelos agentes nas cidades de Caxias e Imperatriz, verificou-se como o Programa ALI contribuiu para a evolução das empresas e conseqüentemente para a implementação da cultura da inovação. Tendo em vista que o horizonte de análise são os radares 0, 1 e 2, a seguir será apresentado na tabela 4 as médias dos graus de inovação das 13 dimensões dos radares das 15 empresas do setor de comércio em um comparativo entre os R0 e R2.

Tabela 4- Evolução das empresas

Dimensões	R0	R2	Diferença R0/R2
Oferta	3,0	2,5	-0,5
Plataforma	1,8	2,2	0,4
Marca	3,7	4,1	0,4
Clientes	1,4	2,3	0,9
Soluções	2,0	2,6	0,6
Relacionamento	2,5	4,3	1,8
Agregação de valor	1,6	2,1	0,5
Processos	1,3	1,9	0,6
Organização	1,4	1,9	0,5
Cadeia de fornecimento	1,5	1,8	0,3
Presença	1,1	1,9	0,8
Rede	1,3	3,8	2,5
Ambiência inovadora	1,6	2,6	1,0

Fonte: elaborado pelos autores

Observa-se da tabela acima que a única dimensão com redução de escore após a entrada dos ALIs foi a dimensão oferta (-0,5). Tal fato é justificado devido o horizonte de tempo analisado no radar ser de no máximo 3 anos, ou seja, uma inovação considerada nos diagnósticos do ciclo 0 podem não ser mais considerada no radar do ciclo 2 se o tempo já estiver se esgotado.

A partir dos resultados da tabela 1, observa-se que as dimensões mais inovadoras no processo de evolução do ciclo 0 ao ciclo 2 foram: rede, relacionamento e ambiência

inovadora. Por outro lado, as dimensões com menor variação no grau médio de inovação foram: cadeia de fornecimento, plataforma e marca. Conforme Bachmann e Destefani (2008), as escalas de medição como o radar da inovação possibilitam o enquadramento de empresas em três situações: não presente, incipiente e presente

Neste sentido foi constatado que a dimensão rede obteve a maior variação nos radares entre os ciclo 0 e 2 (+2,5) o que fez com que as empresas alcançassem um nível de inovação incipiente. Na dimensão rede são analisadas formas pelos quais as empresas podem ser conectarem aos seus clientes, bem como podem gerar valor para os mesmos.

Na dimensão relacionamento, também se constatou um crescimento considerável entre os ciclos 0 e 2 (+1,8) que pode ser justificado pelo interesse das empresas em estarem mais próximas de seus clientes através de ações que proporcionam o bem estar e a satisfação dos mesmos. A dimensão relacionamento também fez com que as empresas conseguissem se enquadrar como inovadoras incipientes. Essa dimensão considera as expectativas e necessidades dos clientes, bem como maneiras de se relacionar com os mesmos para que haja retenção e fidelidade por parte deles. Portanto, devido essa proximidade no contexto dessas dimensões, as ações propostas geraram impactos em ambas.

Mesmo não possuindo um crescimento significativo (apenas 0,9) a dimensão ambiência inovadora está sendo considerada entre as dimensões com maiores evoluções entre os ciclos. Observa-se que com sua evolução ao ciclo 2, pelo grau médio geral, as empresas ainda se classificam como pouco inovadoras nessa dimensão. A dimensão ambiência inovadora está diretamente relacionada ao processo de implementação e fixação da cultura da inovação nas MPEs, objetivando verificar como está o ambiente atual da inovação e o que pode ser desenvolvido para melhorá-lo.

No quesito dimensões menos inovadoras observou-se que ocorreu apenas variação de 0,3 na dimensão cadeia de fornecimento e 0,4 nas dimensões plataforma e marca, o que significa que as empresas não estão muito preocupadas com a barganha de fornecedores, redução de custos, aproveitamento dos seus espaços físicos e ampliação dos meios de comunicação de suas marcas. Apesar da baixa variação, considerando o escore obtido na dimensão marca as empresas podem ser consideradas inovadoras incipientes e nas demais dimensões como não inovadoras.

5.2 EMPRESAS ANALISADAS NO SETOR DE SERVIÇO

Assim como no setor de comércio, as empresas utilizadas para base de dados estão no Estado do Maranhão e são estabelecidas no município de Imperatriz e Caxias. Para o setor de serviço foram utilizadas também 15 dessas empresas atendidas pelo Programa ALI e que possuem como característica mínima para atendimento ter dois anos de abertura e faturamento anual configurado como de uma empresa de pequeno porte. Ambas as empresas possuem um período de atendimento e acompanhamento de 22 meses, sendo analisadas desde outubro de 2015 a julho de 2017, possuindo como análise de estudo três ciclos o R0, R1 e R2.

Para a execução da pesquisa no setor de serviços, foram utilizadas empresas de diferentes segmentos como mostra a tabela abaixo:

Tabela 5- Segmentos do setor de Serviços

Segmento	Quantidade	Percentual
Educação	5	33,3
Transporte	5	33,3
Turismo	2	13,4
Bem estar e saúde	3	20

Fonte: elaborado pelos autores.

Após a seleção das empresas a serem analisadas, buscou-se também junto ao sistema ALI (sistema do Programa ALI) a média global dessas empresas atendidas através do programa, sendo possível verificar as dimensões que mais tendem a inovar antes da entrada do agente na empresa, assim observou-se a média das 13 dimensões sem que houvesse qualquer contribuição do ALI, bem como em quais dimensões as empresas estavam propícias a inovar:

Tabela 6- Escores médios das dimensões do R0 setor de serviço

Dimensões	R0	Dimensões	R0
Oferta	1,6	Processos	1,5
Plataforma	2,3	Organização	1,7
Marca	3,7	Cadeia de fornecimento	1,1
Clientes	1,9	Presença	1,2
Soluções	1,7	Rede	1,7
Relacionamento	2,3	Ambiência inovadora	1,5
Agregação de valor	1,5		

Fonte: elaborado pelos autores

Ao se realizar o levantamento da média global no primeiro radar, percebeu-se que as empresas estão mais propícias a desenvolverem ações na dimensão Marca, que busca estabelecer seu serviço no mercado através da proteção da sua marca e utilização de propagandas associadas a seu serviço, sendo que isso pode ser justificado inicialmente porquê serviço é uma “promessa” do que se vai oferecer, então torna-se mais necessário desenvolver mais essa dimensão. Em seguida percebe-se que há uma média de 2,3 para as dimensões plataforma e relacionamento, sendo que a dimensão plataforma está relacionada a aproveitamento de sistema de produção no mesmo recurso físico e a utilização de mais de uma versão de serviços. Já a dimensão relacionamento está voltada para as amenidades e facilidades encontradas para os clientes, além de informatização na organização para melhor atendê-lo.

5.2.1 COMPARATIVO ENTRE R0 E R2 DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS

Após o diagnóstico das empresas de serviços nas dimensões do R0 inicial nas dimensões de inovação, tomou-se como base para análise deste tópico a comparação de evolução das dimensões nas empresas analisadas, após o acompanhamento do Programa ALI dentro da empresa. Para isso, a análise global das médias será descrita logo abaixo na tabela 7.

Tabela 7- Evolução das empresas do setor de serviços

Dimensões	R0	R2	Diferença R0/R2
Oferta	1,6	2,3	0,7
Plataforma	2,3	3,6	1,3
Marca	3,7	4,1	0,4
Clientes	1,9	2,9	1,0
Soluções	1,7	2,9	1,2
Relacionamento	2,3	4	1,7
Agregação de valor	1,5	2,1	0,6
Processos	1,5	2	0,5
Organização	1,7	2,1	0,4
Cadeia de fornecimento	1,1	1,1	0,0
Presença	1,2	1,4	0,2
Rede	1,7	3,4	1,7
Ambiência inovadora	1,5	2,4	0,9

Fonte: elaborado pelos autores.

Observa-se que houve evoluções nas dimensões que já eram propícias a inovação, como plataforma e relacionamento, mas surgiu a Rede como uma dimensão inovadora.

Ao se analisar a escala de medição de inovação em relação ao sistema de avaliação de Bachmann e Destefanni (2008), sendo 1 para quando a inovação não está presente; 3 para quando a inovação está incipiente e 5 para quando a inovação está presente.

Após a realização do comparativo entre a aplicação do R0 e R2, verificou-se que mesmo a dimensão relacionamento sendo considerada como uma das mais inovadoras no radar 0 com um grau de 2,3, segundo a análise do Radar estava entre uma empresa que a inovação ainda não está presente e a inovação está incipiente. Após a contribuição do agente, notou-se que essa dimensão está atrelada a inovação incipiente, mas encontra-se bem próximo de ser considerada o grau máximo de inovação presente.

A observação de grau da inovação mensurada através da dimensão rede, dar-se-á na mesma proporção, mas que no R0 estava mais próxima da escala de não ter inovação presente, mas após o acompanhamento de 2 ciclos percebe-se a inovação entre incipiente e inovação presente.

E ao buscar a dimensão plataforma, também observou-se que houve a evolução para a nota de inovação incipiente, sendo que a plataforma está diretamente proporcional a utilização de espaço e recursos físicos para novas soluções.

E por fim, nota-se que houve uma instabilidade na dimensão cadeia de fornecimento, sendo que para alcançar pontuação nessa dimensão é necessário que a organização esteja disposta a reduzir os custos com transporte de matéria prima e produtos. Observou-se que os gestores do setor de serviço não estão atentos e preocupados em reduzir o custo de logística, como por exemplo, educação possui custo de transporte com uniformes, livros, apostilas, cadeiras; segmento de bem estar e saúde coletores para exames laboratoriais; turismo em produtos para higienização de ambientes e transportes o custo logístico de entrega de mercadorias.

5.3 DIFERENÇAS E SIMILARIDADES NOS SETORES DE COMÉRCIO E SERVIÇOS

Após a análise detalhada do Radar de Inovação dos diferentes setores, percebeu-se que há similaridades em dimensões que os gestores tendem a inovar e investir mais, das três dimensões mais crescentes de ambos os setores, notou-se que duas dessas são em comum,

tais: Rede e Relacionamento, o que é sabido que em todos os setores e segmentos a gestão da empresa busca atender, reter e conquistar novos clientes além de entender a sua necessidade.

Ao considerar o setor de serviços, notou-se que as empresas tendem a inovar na dimensão plataforma, pela qual justifica-se que para essa ser considerada deve-se obter mais de duas versões de um mesmo serviço e/ou produto para atingir novos consumidores, além de que os espaços físicos e de conhecimento sirvam para a mesma família de produtos, e isso pode ser considerado através da economia de escopo que segundo Pindycke Rubinfeld (1992, p. 222) retrata que “economia de escopo estão presentes quando a produção conjunta de uma única firma é maior que a produção que poderia ser obtida por duas firmas diferentes cada uma produzindo um único produto” e isso tende a ser mais propício no serviço, pois há aproveitamento de espaço para produção de novos serviços.

Ao relacionar o setor de comércio, notou-se ainda que houve evolução na dimensão ambiência inovadora que está diretamente relacionada a fontes externas e internas de conhecimentos, usos de consultorias, aquisição de informações e coleta de informações a fornecedores e até mesmo a clientes.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a análise dos setores de comércio e serviços, verificou-se que há similaridades entre as dimensões que são tendenciosas a inovar como rede e relacionamento, o que justifica que as empresas estão buscando manter uma maior proximidade com os clientes.

Pode-se concluir que há similaridades entre os setores na busca pela inovação, mas que há ainda uma necessidade de novas pesquisas para conclusão de que o cenário econômico tem sido uma das molas propulsoras a realizarem mudanças nos setores e que os mesmos possam buscar melhorias para manter-se no mercado.

Considera-se ainda o fato de na análise no setor de serviços não houve evoluções na dimensão cadeia de fornecimento, o que pode ser atribuído a falta de conscientização aos gestores por realizar redução de custos logísticos em serviços. Já no setor de comércio houve um decréscimo na dimensão oferta, o que pode ter sido ocasionado pela falta de implementação de novos produtos nos últimos 3 anos que é o tempo considerado pelo radar.

O estudo tem como limitação o fato das investigações serem realizadas em setores e segmentos diferentes considerando uma amostra ser limitada, enquanto poderia ser realizada uma análise do universo de todas as empresas atendidas pelo Sebrae Maranhão no Programa ALI. Para sugestões de investigações futuras, sugere-se: realizar análise de um único setor considerando segmentos diferentes; analisar o impacto da gestão empresarial como fator positivo ou negativo para implantação da inovação nas empresas; expandir o tamanho da amostra pesquisada e número de cidades; e por fim adotar métodos quantitativos com medidas estatísticas de correlação entre os segmentos.

REFERÊNCIAS

BACHMANN, D. L.; DESTEFANI, J. H. Metodologia para estimar o grau das inovações nas MPE. Curitiba: SEBRAE, 2008

BESSANT, J; TIDD, J. Inovação e Empreendedorismo. São Paulo: Bookman. 2009.

BRYTO, K. K. C; SOUZA, A. S. de; PAIVA, D. M; GOMES, F. N; MORAES, J. M. de; SILVA, N. T. da. EVOLUÇÃO HISTÓRICA DO COMÉRCIO: PASSADO, PRESENTE E FUTURO DO DIVERSIFICADO COMÉRCIO. Amazônia em Foco, Castanhal, v. 1., n.1, p. 80-98, jul./dez., 2012.

COSTA, W. DE SOUZA. O PERFIL DA INOVAÇÃO DAS MPES DO SETOR DE

HOSPEDAGEM NA ZONA DA MATA PARAIBANA: Uma análise pelo Radar da Inovação. XVII SEMEAD: Seminários de Administração, FEA-USP, SP, outubro, 2014.

COSTA, M. de S. ; OLAVE, M. E. L. Inovação em Micro e Pequenas Empresas: Uma Visão dos Agentes Locais de Inovação do Sebrae em Aracaju-SE. VIII Encontro de Estudos em Empreendedorismo e Gestão de Pequenas Empresas (EGEPE), Goiânia, 24 a 26 de março, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Pesquisa anual do comércio, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Pesquisa anual de serviços, 2014.

MARQUES, K. F. S.; SILUK, J. C. M. A gestão da inovação no varejo do rs: um estudo de caso com os empresários da expoagas 2011. RACE: Revista de Administração, Contabilidade e Economia, v. 10, n. 2, p. 313-336, 2011.

GALLOUJ, F., Rubalcaba, L., Stare, M., & Weber, K. M. .The futures of the service economy in Europe: A foresight analysis. Technological Forecasting and Social Change, 94, 80–96, 2015.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010. 184

LEO, R. M; GAMARRA, J. T. Inovação em serviços: estado da arte e perspectivas futuras. Suma de negócios v. 8, p. 1–10 , 2017

OLIVEIRA, M. R. G. de; CAVALCANTI, A. M; PAIVA JUNIOR, F. G. de; MARQUES, D. B. MENSURANDO A INOVAÇÃO POR MEIO DO GRAU DE INOVAÇÃO SETORIAL E DO CARACTERÍSTICO SETORIAL DE INOVAÇÃO Revista de Administração e Inovação, São Paulo, v. 11, n.1, p. , jan./mar. 2014.

OLIVEIRA, M. R. G. et al. Grau de Inovação Setorial: Uma abordagem a partir do Radar de Inovação. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção,31.. Anais do ENEGEP. Belo Horizonte, UNESP, p. 1-13, 2011.

Organização para Cooperação Econômica e Desenvolvimento. Manual de Oslo: proposta de diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação tecnológica (P. Garchet, Trad.). Brasília, DF: FINEP, 2005

PINDYCK, R. S; RUBINFELD, D.L. Microeconomics. 2ed. EUA, Macmillan, 1992.

SANTOS, A; ZACCARIA, R. B; GRAZIANO, G. O; PITOMBO, T. C. D. T. Estratégia

de Fomento à Cultura de Inovação: Uma Abordagem Sobre o Programa ALI doSebrae/SP. Rev. FSA, Teresina, v.13, n.3, art.3, p. 58-75, mai./jun. 2016

SAWHNEY. M.; WOLCOTT, R.; ARRONIZ, I. The 12 different ways for companies to innovate. MIT Sloan Management Review,Cambridge, v. 47, n. 3, p. 75-81, Spring 2006.

SCHUMPETER, J. A. A teoria do desenvolvimento econômico: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e ciclo econômico. São Paulo: Nova Cultural, 1984.

Capítulo 41

INDICADORES DE DESEMPENHO: ESTUDO NAS MOVELARIAS DE ITACOATIARA-AM

[DOI: 10.37423/200500959](https://doi.org/10.37423/200500959)

João Marcos de Oliveira - jmoprofe@gmail.com

Fabiane Coelho Anchieta Monteiro - fabiane.anchieta.94@gmail.com

Resumo: Buscar melhorar o desempenho dos processos nos mais diversos segmentos industriais é evidente, tanto nas grandes empresas como nas de pequeno porte. Para tanto, utilizar indicadores de desempenho é essencial. Contudo, percebeu-se que na literatura há poucos estudos sobre indicadores de desempenho voltados para a fabricação de móveis, principalmente no Amazonas e na região norte do Brasil. Diante disso, foi desenvolvido o estudo para identificar quais fatores podem interferir na não adoção de indicadores de desempenho pelos empresários do setor moveleiro de Itacoatiara/AM. Foi desenvolvida uma pesquisa exploratória, utilizando como procedimento técnico o estudo de caso. A análise se deu com base na comparação entre os dados obtidos nas literaturas com os coletados nas entrevistas, realizadas com quatro proprietários das movelarias do município. Os resultados obtidos mostraram que as movelarias carecem de metas bem definidas e que os proprietários desconhecem os conceitos de indicadores, mas utilizam intuitivamente os indicadores de custo mesmo com dificuldades na abordagem do método. Também foram identificadas outras dificuldades na adoção dos indicadores, foram elas: deficiência na coleta, armazenagem e tratamento de dados, falta de periodicidade no registro de informações, acúmulo de funções gerenciais e operacionais por parte dos proprietários e não utilização de um sistema de informações para facilitar a alimentação dos dados.

Identificou-se que as empresas estudadas enfrentam tanto problemas internos, ocasionados pela falta de domínio de técnicas gerenciais e de produção, e externos, que se dá pela baixa demanda causada pela concorrência desleal devido ao uso de madeira ilegal.

Apesar da não utilização de indicadores de desempenho, a maioria das empresas considera sua importância para o empreendimento e demonstra interesse em adotá-los.

Palavras Chave: Setor Moveleiro; Indicadores de desempenho; Dados; Metas.

1. INTRODUÇÃO

O número de empresas que atuam no setor moveleiro no Brasil tem aumentado tornando o segmento cada vez mais competitivo. Por isso, é indispensável investir em estratégias de diferenciação, como qualidade dos produtos, prazo de entrega e preço, para obter destaque entre os concorrentes (SEBRAE, 2017).

Para Slack, Chambers e Johnston (2002), a concorrência serve como ponto de comparação, no qual a operação se fundamenta para avaliar seu desempenho, fazendo com que as empresas busquem superar os níveis umas das outras. Neste contexto, é de fundamental importância o desenvolvimento de métodos para medir e avaliar o desempenho das organizações, cujo objetivo é fornecer as informações necessárias para focalizar os melhores processos e permitir comparações entre as empresas (HRONEC, 1994). Já os modelos de medição de desempenho presentes na literatura apresentam seus próprios indicadores, que são desenvolvidos de acordo com o alvo a ser alcançado através da avaliação, fazendo com que as organizações se adaptem ao modelo (NUINTIN; NAKAO, 2010).

Contudo, percebeu-se que na literatura há poucos estudos sobre indicadores de desempenho voltados para a fabricação de móveis. No estado do Amazonas, assim como na região Norte do Brasil, as análises sobre o desempenho das movelarias enfocam nas etapas de extração e beneficiamento das madeiras, com raras exceções como expostas por Nascimento (2015), onde analisou o desempenho das movelarias do município de Parintins/AM e Gama *et al.* (2007), que estudou o índice de desempenho competitivo das empresas de móveis em Belém/PA. Não foram encontrados estudos sobre indicadores de desempenho na fabricação de móveis no município de Itacoatiara/AM. E segundo Lima e Coelho (2017), ao avaliarem o sistema de produção de duas movelarias situadas em Itacoatiara, constataram-se a falta de acompanhamento do desempenho operacional e deficiências no controle da produção, como nos custos, produtividade e rapidez do processo.

Com base no problema exposto, formulou-se a seguinte questão para direcionar os trabalhos: Quais fatores podem interferir na não adoção de indicadores de desempenho pelos empresários do setor moveleiro de Itacoatiara/AM?

Assim, estabeleceu-se como objetivo geral investigar os motivos da não adoção de indicadores de desempenho no setor moveleiro de Itacoatiara/AM.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. CARACTERÍSTICAS DO SETOR MOVELEIRO NO AMAZONAS

No Amazonas, o setor produtivo de madeiras e derivados enfrenta diversas dificuldades para tornar seus produtos competitivos no mercado. Isso ocorre devido a problemas como parque tecnológico defasado, seletividade de espécie, mão-de-obra desqualificada e organização industrial precária (NASCIMENTO, 2015).

O setor moveleiro na região amazônica é incipiente em sua dimensão econômica, quando comparado aos segmentos moveleiros de outras regiões do Brasil, porém a dinâmica de extração, processamento e comercialização apresenta características próprias que devem ser levadas em consideração (SEBRAE MERCADOS, 2016 *apud* LOPES, 2016).

Manaus e Itacoatiara são municípios que apresentam grande quantidade de resíduos por concentrar o maior número de beneficiadoras de madeira. Portanto, a existência e proximidade das fontes de matéria-prima são fatores determinantes para que sejam dirigidos investimentos para instalação de empreendimentos que industrializem artefatos de madeira nestes municípios (NASCIMENTO, 2015).

2.2. CARACTERÍSTICAS DE PRODUÇÃO DO SETOR MOVELEIRO DE ITACOATIARA (AM)

A produção das movelarias do município de Itacoatiara se assemelha porque seus produtos possuem um destino em comum, os consumidores locais de classe média e baixa. Os produtos em geral são móveis de estilo colonial e popular, tendo como matéria-prima predominante o MDF. A madeira maciça e o MDP aparecem como segunda e terceira opção de matéria-prima (BARBOSA, 2017, AMARAL; CAMPOS, 2018).

Em seu trabalho sobre o setor moveleiro de Itacoatiara, Barbosa (2017, p.32) constatou que:

[...] as empresas possuem uma produção muito pequena e não contínua, cujo ritmo é baseado em encomendas. Além disso, empresas irregulares e que não apresentam uma gestão administrativa adequada têm uma rotatividade muito alta e maior facilidade de iniciar e encerrar suas atividades produtivas.

Lima e Coelho (2017) estudaram duas movelarias do município e observaram que a qualidade do processo de produção delas fica comprometida devido à falta de controle do desempenho operacional, afetando, portanto, os custos. Também identificaram ausência

de percepção de melhoria na qualidade da produção, pois falta para o empresário e seus colaboradores conhecimento sobre onde e o que se deve melhorar.

Através de observações feitas em 18 micros e pequenas empresas do setor moveleiro, Santos, Medeiros e Siqueira (2009) verificaram que as movelarias visitadas não fizeram estudo de layout de seus maquinários e do processo produtivo, porque falta conhecimento sobre técnicas de análise e melhoria de arranjo físico de processo e, também, não apresentam preocupação com o fluxo de produção.

Além desses fatores, outro agravante é que poucas movelarias possuem uma estrutura adequada para a segurança do trabalhador, pois há falta de organização dentro do ambiente de trabalho, problemas nas instalações elétricas (iluminação e alimentação das máquinas) e falta de equipamentos de proteção individual e coletivo, contribuindo para o aumento do risco de acidentes e desconforto durante a realização das atividades (GAMA *et al.*, 2017). Outro fato que contribui para o risco de acidentes é a característica de atividade familiar passada de pai para filho, reproduzindo uma tradição de despreocupação e maus hábitos em relação à segurança do trabalho (SANTOS; MEDEIROS; SIQUEIRA, 2009).

2.3. INDICADORES DE DESEMPENHO NAS MOVELARIAS

Os trabalhos relacionados à aplicação ou estudo de indicadores de desempenho no setor moveleiro são raros, portanto, serão apresentados alguns poucos exemplos que auxiliaram no direcionamento da pesquisa.

Ao avaliar o desempenho da atividade moveleira de Parintins (AM), Nascimento (2015) observou que as movelarias tem como seu principal indicador o preço dos produtos, porém não utilizam alguma ferramenta de formação de preço e custos como apoio de comercialização. Isso ocorre devido ao desconhecimento do processo de gestão.

Outro trabalho encontrado na literatura foi o de Gama *et al.* (2007) que empregou a técnica da análise fatorial para construir um índice de desempenho competitivo aplicado às fábricas de móveis de Belém (PA). Os resultados permitiram a extração de seis (6) fatores representativos das dimensões determinantes da competitividade das empresas de móveis, são eles:

- Gestão empresarial - envolvendo o ambiente competitivo interno das empresas;
- Tecnológica - composta por variáveis indicadoras das ações inovadoras de produto, processo e de gestão implantadas nas empresas;

- Crédito - refletindo a dinâmica de acesso em função de fatores relacionados a juros, garantias e adequação a prazos;
- Desempenho - contemplando três variáveis indicadoras do desempenho competitivo das empresas de móveis;
- Integração horizontal - com uma variável indicadora das relações de subcontratação de empresas para o desenvolvimento de peças e de produtos acabados;
- Conexão de mercado - envolvendo variáveis relacionadas ao fornecimento de matéria prima e insumos e à inserção das empresas nos mercados.

Deimling (2014) concluiu que nos polos moveleiros pesquisados por ele não existia um conjunto estruturado de indicadores para avaliar o desempenho destas nos principais processos e, portanto, propôs uma estrutura de indicadores para avaliar o desempenho de cadeias de valor do setor moveleiro do oeste Santa Catarina (RS). Os indicadores se dividiram nos sete (7) grupos a seguir:

- Grupo custo: rentabilidade, custo de desenvolvimento de produtos, retorno sobre ativos, despesas e custo com folha/pessoal;
- Grupo qualidade: especificações técnicas e aferição de equipamentos;
- Grupo confiabilidade: processos de acordo com especificações, produto para o mercado, nível de serviço e pedidos atendidos no prazo;
- Grupo inovatividade: investimentos em P&D e novos processos;
- Grupo flexibilidade: tempo de lançamento de novos produtos, tempo de entrega e volume de produção;
- Grupo integração na cadeia: competências alinhadas entre cliente-fornecedor e colaboração formal entre cliente-fornecedor;
- Grupo base de dados: troca de informações entre o cliente e o fornecedor.

3. METODOLOGIA

Pesquisa exploratória e com o estudo de caso como procedimento técnico. A investigação foi conduzida em quatro etapas: 1) seleção das movelarias, 2) elaboração do formulário de entrevista, 3) realização das entrevistas e 4) análise dos dados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No município de Itacoatiara – AM somente cinco (5) movelarias possuem licença para operar, dados obtidos com a Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMMA). Destas movelarias quatro foram selecionadas, pois um dos proprietários não tinha disponibilidade. Após definição das movelarias que seriam avaliadas, passou-se para a elaboração do formulário (Apêndice B). Para tanto, utilizou-se uma lista de indicadores de desempenho para micro e pequenas empresas sugeridos por Nunes (2008).

Já no desenvolvimento das entrevistas, adotou-se o modo semiestruturado e de modalidade focalizada. Para preservar a identidade das movelarias, as letras A, B, C e D foram adotadas. As entrevistas, realizadas *in loco*, foram gravadas com a permissão dos entrevistados que também assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecimento. Tendo concluídas as entrevistas, uma análise de dados foi feita comparando as respostas dos entrevistados com a bibliografia estudada. Para tanto, se fez necessário o cumprimento das seguintes etapas: 1) Caracterização das empresas, 2) Identificação das metas e mecanismos de divulgação, 3) Indicadores de desempenho utilizados e 4) Dificuldades na adoção de indicadores.

4.1. CARACTERIZAÇÃO DAS EMPRESAS

Por meio da análise dos resultados constatou-se que todas as movelarias se enquadram no porte de microempresa, o que significa que possuem faturamento bruto anual de até R\$ 360 mil de acordo com a metodologia utilizada pelo BNDES. Outro aspecto em comum se dá por todas as movelarias possuírem licença ambiental para operar, o que significa que as madeiras utilizadas como matéria-prima são legalizadas.

As movelarias estão localizadas nos bairros: Jardim Florestal, Santa Luzia e Jauari I. A mais nova empresa tem seis (6) anos de atuação no mercado, enquanto a mais antiga possui trinta (30) anos. Seis (6) funcionários, em média, atuam em cada uma delas, porém em períodos de alta demanda são contratados funcionários temporários.

Quanto ao tipo de produto fabricado e destino final observaram-se duas situações que se diferem:

- A movelaria “A” atende somente aos clientes do município, fornecendo mobiliários domésticos como portas, janelas, guarda-roupas, estantes, armários e cômodas. Os

pedidos são feitos através de encomendas, porém há um ponto de venda pertencente à movelaria com poucos produtos prontos para serem vendidos.

- As outras três movelarias (B, C e D) trabalham com contratos, nos quais fornecem mobílias escolares para a Secretaria de Estado de Educação (SEDUC) através do programa PROMOVE, programa gerenciado pela Agência de Desenvolvimento Sustentável do Amazonas (ADS). O mobiliário escolar fornecido é composto por nove (9) tipos de produtos: armário de doze (12) portas, armário de duas (2) portas, mesa refeitório e bancos, mesa para escritório, mesa e cadeira aluno, mesa e cadeira professor, mesa de reunião, lousa e carteira escolar (ADS, 2015 *apud* LOPES, 2016).

A movelaria “A” se diferencia também pelo fato de funcionar como uma cooperativa, onde os operários são autônomos e se unem em um ponto de trabalho em comum, utilizando os mesmos equipamentos, e no final da produção repassam para o proprietário uma porcentagem de seu lucro.

4.2. IDENTIFICAÇÃO DAS METAS E MECANISMOS DE DIVULGAÇÃO

O Quadro 1 expõe as perguntas e resposta realizadas para identificar metas e mecanismos para divulgá-las.

Quadro 1 - Informações sobre metas

Perguntas	Respostas dos proprietários das empresas			
	A	B	C	D
A empresa possui metas?	Não	Não	Sim	Não
A Empresa divulga essas metas para os seus funcionários?	Não	Sim	Sim	Sim
Que mecanismos são utilizados para divulgação das metas aos colaboradores?	Nenhum	Reuniões	Conversas informais	Conversas informais

Fonte: Autoria própria (2019)

Observa-se que somente o proprietário da empresa “C” afirmou possuir metas. É possível identificar sua opinião através dos seguintes comentários coletados na entrevista:

Nós temos essa meta a alcançar: Melhorar a cada dia a entrega, ser bem mais pontual e trabalhar pra ganhar mais cotas né [...]. A nossa meta, que tinha antes lá atrás, hoje nós temos, alcançamos, que é essa licença de trabalhar com madeiras legalizadas (EMPRESÁRIO C, 2019).

Nota-se que há uma interpretação errônea do conceito de meta, pois se confunde com objetivos. Oliveira (1998) define objetivo como o alvo ou situação que se pretende seguir, enquanto, para o autor, as metas correspondem às etapas, quantificadas e com prazo, para

atender aos objetivos. Portanto a empresa possui objetivos de rapidez, qualidade e confiabilidade, porém não estabeleceu metas para atingi-los.

Os proprietários, das outras empresas, relataram não possuírem metas pelos motivos expostos a seguir:

A gente não tem aquela meta de dizer nós vamos produzir dez camas essa semana, ou esse mês, entendeu? Não, a gente varia conforme o pedido que a pessoa pede [...]. Aí conforme o pedido, a gente vai fabricando em cima daquilo. Porque a gente trabalha assim por encomenda. Quando a gente não tem encomenda a gente faz algumas peças e vai deixando por aqui. Tu entendeu? Então a gente não tem meta assim de cumprir (EMPRESÁRIO A, 2019).

Não, a meta a gente não estipula porque a gente trabalha para o governo, tem mês que eles querem que a gente faça isso aqui até o final do ano, por exemplo, agora esse mês que chegou e daqui pra traz a gente não fez nenhum serviço deles (EMPRESÁRIO B, 2019).

Nós não temos uma meta de produzir, ah esse mês nós temos que produzir “x”. Quando chega a aprovação dos contratos e faz a assinatura, aí depende da demanda né, aí a gente se programa. Esse mês a gente tem que produzir “x”. Esses contratos geralmente são firmados e a produção se dá em torno de quatro à seis meses por ano (EMPRESÁRIO D, 2019).

Mesmo afirmando não possuírem metas, os proprietários fazem afirmações semelhantes ao que foi explicitado pelo proprietário da empresa “C”. Ou seja, também apresentam um conceito errado sobre o que seria meta, porquanto todos confundem com os objetivos, conforme descrito anteriormente. Também há uma interpretação de que o estabelecimento de metas está condicionado somente à demanda. Além disso, percebe-se pela explanação dos comentários que os proprietários consideram como metas somente as etapas para atender os prazos e quantidades dos produtos exigidos.

Quando questionados sobre a divulgação das metas aos colaboradores e mecanismos de divulgação, o proprietário da empresa “A” foi o único que respondeu não ter mecanismos de divulgações das metas, pelo fato de não defini-las. Todos os demais entrevistados afirmaram divulgar suas metas, mesmo afirmando na questão anterior que não possuem, através de reuniões ou conversas informais, como se pode perceber através das falas dos proprietários seguir:

Sim, participam em reunião com a gente (EMPRESÁRIO B, 2019).

A gente fala para eles assim né, eu tenho uma meta de entregar, são, por exemplo, 60 armários, eu chamo eles e vamos conversar, olha nós temos 60 armários para entregar, isso custa tanto e nós temos tantos dias pra entregar (EMPRESÁRIO C, 2019).

Chega lá e conversa. Olha, nós temos essa produção, ela tem que ser entregue em “x” dias né, e aí nós começamos a trabalhar a partir do momento que o material entra no pátio, aí a gente começa a processar e aí eles ficam trabalhando (EMPRESÁRIO D, 2019).

Mesmo apresentando um desentendimento conceitual sobre metas e objetivo, percebe-se um ponto positivo em relação ao que é divulgado pelos proprietários das movelarias, porque para os sistemas de medições se consolidarem, é necessário que todos estejam diretamente envolvidos, pois quando todos compreendem as metas, os esforços se alinham às necessidades (KAPLAN; NORTON, 1997).

4.3 INDICADORES DE DESEMPENHO UTILIZADOS

Como resultado para a pergunta “O que você conhece sobre indicadores de desempenho?”, todos os proprietários responderam que desconhecem o assunto.

Apresentou-se, na questão seguinte, o conceito de indicadores e alguns exemplos. Quando questionados sobre a utilização ou não de algum deles, responderam com exemplos de cálculos de indicadores financeiros, os únicos utilizados. Seguem os relatos feitos pelos proprietários das empresas:

Por exemplo, assim, eu fiz uma mesa dessa, depois de tudo o que eu gastei, o que eu paguei, tirei energia e sobrou um lucro líquido de 25%. No caso se eu vender 1000 reais a sala de janta, 250 reais foi líquido. Tu entendeu? (EMPRESÁRIO A, 2019).

Faz um orçamento em cima do custo de cada material. Faz um levantamento de tudo pra poder obter. Gasto com matéria prima, energia, mão de obra, desperdício. Faz o levantamento, dá o percentual, quantos por cento a mais e pronto (EMPRESÁRIO B, 2019).

Por exemplo, eu vou fazer uma cadeira e gastar 50 reais. Depois eu vou vender ela por 130, então você tinha aí praticamente 70, 60 por cento de lucro, né? (EMPRESÁRIO C, 2019).

Nós calculamos de acordo com o preço do produto, né? Quanto tu vem contratar um armário que custa o metro quadrado, vamos supor, 1000 reais, aí eu tiro 30 por cento, quer dizer, 30 por cento de 1000 reais é 300 reais né. Isso aí é o que sobra, 70 por cento, no caso 700 reais é o valor do material do custo de produção de toda cadeia produtiva que você investe pra confeccionar aquele produto [...]. Vai energia, materiais que se usa, prego, parafuso, cola, lixa, ferramentas, que se usa e desgasta pra confeccionar, material de limpeza e acessórios, no modo geral, né? Que se usa pra compor o móvel (EMPRESÁRIO D, 2019).

Nota-se que, em geral, as movelarias calculam seus custos através dos gastos com matéria-prima, mão-de-obra e energia elétrica. Observa-se nos comentários dos proprietários das

empresas A, C e D, uma similaridade nos cálculos. Esses se assemelham ao do índice de margem líquida unitária, já que se calcula o lucro líquido pela diferença entre a receita total e os custos totais de cada produto e tem-se a margem líquida unitária pela divisão do lucro unitário pela receita unitária e multiplica-se por 100.

Percebe-se então que mesmo desconhecendo os conceitos sobre indicadores, os proprietários utilizam de forma intuitiva e adaptada por eles tais ferramentas para cálculos financeiros.

Quanto aos outros indicadores exemplificados, constatou-se a não utilização. E ao apresentar os exemplos, através de comentários, foi possível observar alguns motivos para a não adoção dos mesmos que serão apresentados no tópico seguinte.

4.4 DIFICULDADES NA ADOÇÃO DE INDICADORES

Por meio das respostas dos proprietários para a pergunta “Dentre os fatores a seguir, quais influenciam na não utilização de indicadores de desempenho nesse estabelecimento?” e com base no que foi observado a partir dos comentários ao longo da entrevista, pôde-se montar o Quadro 2.

Quadro 2 – Influencia da não adoção de indicadores de desempenho

Quais fatores influenciam na não utilização de indicadores de desempenho nos estabelecimento				
Fatores	Empresas			
	A	B	C	D
Falta de conhecimento sobre indicadores de desempenho	x	x	x	x
Informação insuficiente sobre custo e quantidade da matéria-prima utilizada	x			
Metas financeiras não definidas. Ex: lucro pretendido	x	x		
Informação insuficiente sobre o faturamento da empresa				
Informação insuficiente sobre os custos de vendas				
Informação insuficiente sobre as despesas operacionais				
Informação insuficiente sobre valores de depreciação				
Informação insuficiente sobre o capital próprio investido				
Falta de especificações padronizadas para os produtos fabricados				
Informação insuficiente sobre não conformidades nos produtos fabricados e serviços gastos com reparações	x	x	x	x
Falta de controle de estoque	x	x	x	
Informação insuficiente sobre tempo de produção perdido por falha em equipamentos, incluindo tempo gasto com reparações.	x	x	x	x
Informação insuficiente sobre quantidade de falhas em equipamentos	x	x	x	x
Informação insuficiente sobre quantidade de produtos produzidos em determinado período	x	x	x	x

Informação insuficiente sobre perdas por paradas planejadas e não planejadas	x	x	x	x
Informação insuficiente sobre quantidade de unidades vendidas pela empresa				
Informação insuficiente sobre quantidade de unidades vendidas por outras empresas do setor moveleiro	x	x	x	x
Informação insuficiente sobre número de demissões	x	x	x	x
Informação insuficiente sobre datas e números de incidentes ocorridos	x	x	x	x
Falta de controle sobre quantidades de horas não trabalhadas por afastamento devido à ocorrência de incidentes	x	x	x	x
Informação insuficiente sobre número de produtos vendidos sem reclamações do consumidor				
Informação insuficiente sobre quantidade de produtos entregues dentro do prazo				
Falta de um sistema de informações para o armazenamento e interpretação de dados	x	x	x	x

Fonte: Autoria própria (2019)

Após a análise dos itens selecionados como fatores que interferem na não adoção de indicadores, se faz necessário um estudo em profundidade de tais itens. Para tanto, inicialmente é exposta uma definição de desempenho apresentada por Slack, Chambers e Johnston (2002, p.590). Os autores afirmam que desempenho é “o grau em que a produção preenche os cinco objetivos de desempenho em qualquer momento, de modo a satisfazer a seus consumidores”. Portanto, para que se possam adotar os indicadores de desempenho em qualquer organização, é necessário à geração e controle de informações referentes à qualidade, rapidez, confiabilidade, flexibilidade e custo.

Nota-se que apesar das empresas não estabelecerem metas para alcançar a qualidade, há uma preocupação quanto ao atendimento desse objetivo. Pode-se perceber isso pelos relatos a seguir:

A gente tem o padrão da gente, mas quando chega uma pessoa, ele pede maior, ou pede menor, tá entendendo? [...] mas geralmente a gente tem o cuidado pra não sair com defeito, entendeu? (EMPRESÁRIO A, 2019).

É um projeto feito, aprovado por nós e em parceria com o governo. É todo feito um projeto, a mesa tem que ser “x” por “x” [...]. As vezes eles fazem visita [...], para avaliar e vistoriar se tá tudo está ok [...]. Se a gente não tiver qualidade não tem retorno do freguês (EMPRESÁRIO B, 2019).

Em questão de mudança pra melhorar sempre a gente tá fazendo, principalmente nos mobiliários escolares. Sempre a gente tem alguma coisa pra melhorar [...]. A gente tem que ir se adequando naquilo que é necessário para os alunos [...]. Então tem essas coisas que a gente vai melhorando a cada dia, como a tecnologia do trabalho da gente (EMPRESÁRIO C, 2019).

As especificações são feitas de acordo com o cliente, ele faz o pedido e diz: eu quero desse material. Aí a gente vai trabalhar em cima daquele material que ele pede, tipo cor e tamanho. A gente processa de acordo com o pedido do cliente (EMPRESÁRIO D, 2019).

Observa-se que todas as movelarias apresentam algumas informações sobre especificações ou algo sobre padronizadas para os produtos fabricados. Essas especificações são estabelecidas formalmente pelos contratos da ADS ou informalmente pelos clientes através de encomendas e, portanto, há uma necessidade em atender essas exigências. Para isso, existem algumas atividades destinadas a controlar o nível de atendimento das especificações, como, por exemplo, a verificação do tamanho do produto e comparação com o exigido no contrato da ADS. Porém, não são elaborados relatórios a fim de gerar informações quanto às não conformidades dos produtos produzidos e serviços gastos com reparações.

Além da qualidade, outros objetivos que devem ser perseguido pelas empresas são confiabilidade e rapidez. Para o atendimento desses objetivos é fundamental o controle de estoque, pois fornece uma boa visualização de tudo que entra e sai do depósito, evitando a falta de matérias-primas e impedindo o atraso das entregas dos produtos finais. Quando questionados sobre esse controle, os proprietários fizeram as seguintes observações:

A gente vai comprando conforme a necessidade da gente. A gente não tem muito controle no estoque (EMPRESÁRIO A, 2019).

A gente não faz estoque de matéria-prima, o que vai comprando vai usando. Compra conforme a necessidade. Tem um ano que você produz com um tipo de material e outro ano que aquele material tu não vai mais usar, vai usar outro tipo. Aí não pode estocar muito (EMPRESÁRIO B, 2019).

Eu calculo o material que eu vou comprar. Tipo, eu vou fazer 20 armários [...]. Então aquele material ali, como ele entra, ele sai. E não fica material em estoque (EMPRESÁRIO C, 2019).

A qualidade e a confiabilidade de um processo também podem ser comprometidas por equipamentos mal mantidos, pois estes têm maior probabilidade de desempenho abaixo do padrão (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002). Nas movelarias estudadas as instalações têm papel fundamental na produção, porém não recebem as supervisões adequadas por não haver a prática de gestão da manutenção. Dentre as principais abordagens básicas da manutenção (corretiva, preventiva e preditiva), observa-se que a mais utilizada pelas organizações são as corretivas.

Isso daí a gente não tem, porque como o negócio é pequeno e as máquinas a gente já conhece tudo, é difícil. A gente faz sempre manutenção no final de semana, quando é um problema mais grave, né? (EMPRESÁRIO A, 2019).

Também não há um monitoramento dessas ações, através de elaborações de relatórios, a fim de informar o impacto que as correções causam na produção. A falta desses relatórios exemplifica-se pelo comentário a seguir:

A gente não anota, mas é desperdício, queira ou não queira (EMPRESÁRIO B, 2019).

Outro fator importante a ser considerado é a falta de informações sobre quantidade de produtos produzidos em determinado período e perdas de produção sofridas por paradas planejadas ou não-planejadas. Sobre isso, um proprietário faz o seguinte comentário:

Eu não posso te passar esse dado preciso [...]. Eu não posso te dizer, nós produzimos em 20 dias 100 carteiras escolares e agora nós temos 150, tá caminhando pra 30 dias (EMPRESÁRIO C, 2019).

Um exemplo de parada não-planejada acontece quando há falta de energia, o que é muito comum no município de Itacoatiara. Porém, não se sabe o quanto é perdido em decorrência disso. Sem essas informações não é possível identificar a capacidade de produção dessas movelarias e, portanto, não se pode concluir se estão tirando o máximo de proveito de todos os recursos disponíveis, que são os equipamentos e funcionários.

Observa-se também que as empresas estudadas não possuem informações sobre outras movelarias do município, como, por exemplo, a quantidade de vendas. Esse fator implica na não realização do *benchmarking*, que é um procedimento fundamental para as organizações, pois permite a avaliação do desempenho da empresa em relação aos padrões atingidos por outras empresas (HRONEC, 1994). Portanto, acredita-se que a não realização do *benchmarking* interfere diretamente na competitividade dessas empresas.

A satisfação dos funcionários também é importante para a qualidade da produção. Percebe-se que não há uma técnica utilizada pelas organizações para medir o crescimento e nível de satisfação dos funcionários nas movelarias. Também há falta de registro de contratações e demissões dos funcionários, impossibilitando medir a rotatividade dos mesmos. Para essa falta, os proprietários das movelarias apresentaram os seguintes motivos:

Os nossos colaboradores aqui, eles trabalham por produção. Eles fazem a carga horária deles. A gente não tem assim, pessoas com carteira assinada. Os colaboradores é serviço prestado, entendeu? (EMPRESÁRIO A, 2019).

Eu não tenho usado muito esse método, porque assim [...]. O nosso trabalho é assim: a gente pega uma produção e contrata, acabou a

gente para [...]. Eu não tenho assim para te dizer, uma frequência de janeiro a janeiro (EMPRESÁRIO C, 2019).

Outro fator importante referente à qualidade e confiabilidade do processo é a segurança no trabalho e que conforme observado por Santos, Medeiros e Siqueira (2009) e Lima e Coelho (2017), não vem sendo uma realidade nas movelarias de Itacoatiara. Apesar desta constatação, de acordo com os proprietários das movelarias, raramente há ocorrência de incidentes, como se pode observar pelos seguintes comentários:

Isso aí a gente não tem, graças a Deus (EMPRESÁRIO B, 2019).

Eu tenho o cuidado necessário, até as nossas máquinas, que a gente trabalha, eu procuro fazer tudo com gabarito, pra justamente a mão e pé de funcionário ficar longe [...]. E limpeza, né? Fazer a limpeza no local de trabalho pra que a gente evite o máximo de acidente, né? (EMPRESÁRIO C, 2019).

Essa parte aí ninguém entra no mérito, porque é muito remota a possibilidade de acidente. Porque nós trabalhamos dentro de um padrão que os profissionais já são bem antigos e eles já sabem operar bem as máquinas, eles são recomendados pra usar os equipamentos de segurança. Então dificilmente tem acidente (EMPRESÁRIO D, 2019).

Porém, para comprovar a mudança desse cenário as empresas não apresentam informações referentes ao número de não conformidades detectadas no ambiente de trabalho, assim como acidentes que já ocorreram, com registros de data, gravidade e horas não trabalhadas devido aos afastamentos.

Nota-se que para as movelarias a confiabilidade é um fator fundamental para manter-se competitiva, por isso há uma preocupação em atender os prazos e entregar os produtos de acordo com as exigências do cliente. Apesar dos entrevistados afirmarem que atendem a esses requisitos, não utilizam indicadores que comprovam isso. No entanto, há informações quanto à quantidade de pedidos que foram entregues dentro do prazo e número de produtos vendidos sem reclamações do consumidor, o que serviria para o cálculo de alguns indicadores. Porém a falta de conhecimento sobre estes mecanismos impossibilita aos proprietários realizarem os cálculos dos mesmos.

A geração de relatórios de todas as informações coletadas não é uma tarefa simples. Os sistemas de informações facilitam esse gerenciamento de dados transformando-os em informações, o que possibilita o cálculo de indicadores. Nota-se, portanto, que nenhuma das empresas pesquisadas dispõe desse recurso, tornado este mais um fator influente na não adoção dos indicadores.

Para transformar os dados existentes em informações que servirão de base para a adoção dos indicadores de desempenho, é necessária a integração das várias etapas, como a coleta, o armazenamento e o tratamento de dados (SINK; TUTTLE, 1993 *apud* MOREIRA, 2002).

Percebe-se que as movelarias estudadas possuem falhas nessas diversas etapas.

As organizações de pequeno porte distinguem-se pelo fato de que enquanto nas grandes empresas cada profissional desempenha funções específicas, nas empresas menores as pessoas podem ter que executar diferentes trabalhos de acordo com as necessidades (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002). Nota-se que essa dificuldade apresenta-se na maioria das movelarias estudadas pela não separação das funções gerenciais das operacionais. Os proprietários dessas organizações estão envolvidos tanto nas atividades de gestão como nas de produção, trabalhando integralmente na fabricação dos móveis.

Percebe-se essa situação pelas seguintes falas:

A gente é o próprio gerente, tu tá entendendo? [...] a gente trabalha aqui na logística, trabalha com parte da administração [...]. Então, muitas vezes ele se torna um negócio meio complicado, porque é muita coisa só pra uma pessoa (EMPRESÁRIO A, 2019).

Eu sou o dono só de registro, mas vou para o trabalho junto com eles [...]. Se tu chegar aí tu não vai definir quem é patrão, quem é empregado (EMPRESÁRIO C, 2019).

Em decorrência disso, pode haver falta de tempo hábil para gerar e controlar as informações necessárias para a adoção dos indicadores, visto que só os proprietários desempenham funções administrativas nos estabelecimentos.

Em relação ao ambiente em que as empresas estão inseridas, percebe-se que há dificuldades quanto à demanda, o que gera uma falta de perspectiva de crescimento pelas empresas, como foi relatado a seguir:

[...] a gente não tem condições de firmar uma produção maior. Tu tá entendendo? A não ser que o camarada tivesse um recurso maior pra ele fazer um investimento. Mas pra poder ter uma produção, aí seria viável. Mas no momento, do jeito que está não tem como ser viável. Não adianta querer investir, ter uma produção alavancada [...] a gente não tem pra quem escoar a produção. Porque hoje se você tem uma coisa e você não tem pra quem vender, não tem como produzir (EMPRESÁRIO A, 2019).

Em outra fala, aponta-se mais uma dificuldade externa enfrentada pelos moveleiros de Itacoatiara:

Hoje o nosso município, ele tá parado, tá estacionado [...]. Nós somos mais caros? Somos, porque nós pagamos uma legalidade, [...] até porque a nossa madeira é mais cara do que a que eles compram

na porta da casa [...]. Se todos entrarem no nível da legalidade, aí vai melhorar pra todos [...]. Porque hoje nós temos uma concorrência desleal (EMPRESÁRIO C, 2019).

Essa dificuldade é referente à concorrência desleal, pois a matéria-prima legalizada é mais cara que a não legalizada, tornando assim o produto final mais caro. Em decorrência da ilegalidade de outras movelarias, a demanda diminui, pois os clientes preferem comprar onde o preço é menor.

4.5 PERCEPÇÃO SOBRE A IMPORTÂNCIA DA UTILIZAÇÃO DE INDICADORES DE DESEMPENHO

Percebe-se que a maioria dos proprietários das movelarias estudadas considera importante a utilização dos indicadores no próprio estabelecimento e no setor moveleiro. Isso pode ser observado nas falas expostas a seguir:

Porque se não tiver meta você não vai chegar a lugar nenhum (EMPRESÁRIO B, 2019).

Porque se a gente não procurar definir aquilo que, aonde a gente quer chegar, num tem, num vale a pena, né? (EMPRESÁRIO C, 2019).

É importante pra gente ter um controle. Saber como está funcionando, se tá dando resultado ou não (EMPRESÁRIO D, 2019).

A empresa “A” não considera importante o uso dos indicadores no seu estabelecimento por não trabalhar com grandes demandas, como é o caso das movelarias que trabalham com contrato da ADS. Também não demonstrou interesse na implementação dos indicadores pelo mesmo motivo: não é viável por haver pouca demanda. Confirma-se isso pela fala a seguir:

[...] se a gente trabalhasse assim em escala de produção, aí tinha que ter realmente uma pessoa que ficasse ali em cima pra definir as metas que tinha que cumprir (EMPRESÁRIO A, 2019).

Percebeu-se o interesse das outras movelarias em implementar os indicadores, principalmente os de produtividade. Para tanto, eles afirmam que gostariam da ajuda da Universidade Federal do Amazonas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A busca por um melhor desempenho nos processos de fabricação é um critério que precisa ser procurado incansavelmente pelas organizações. Uma vez que a competitividade das

empresas vem aumentando a cada ano, torna necessário adotar índices que diagnosticam o andamento da empresa quanto aos objetivos de desempenho: qualidade, rapidez, flexibilidade, custo e confiabilidade.

A proposta desse estudo foi investigar a não adoção dos indicadores de desempenho utilizados pelos empresários do setor moveleiro de Itacoatiara/AM e identificar os fatores que influenciam tal decisão. Para tanto, tomou-se como base para obtenção de dados a técnica de entrevista, que foi feita com os proprietários de quatro movelarias que possuem registro de funcionamento do município de Itacoatiara-AM.

Todas as movelarias estudadas desconhecem o conceito de indicadores de desempenho, porém notou-se a utilização empírica do indicador margem líquida unitária, apesar das dificuldades de abordagem do método.

Percebeu-se como dificuldades na adoção de indicadores a deficiência na coleta, armazenagem e tratamento dos dados relacionados ao grau de atingimento dos objetivos de desempenho. Pode-se apresentar como exemplos a não elaboração de relatórios com informações referentes à: não conformidade de produtos fabricados e gastos com reparações, quantidade de materiais armazenados e tempo que permanecem em estoque, especificações de manutenções realizadas, capacidade de produção, quantidade de vendas das movelarias do município, nível de satisfação dos funcionários, quantidade e data de demissões, número de não conformidades detectadas no ambiente de trabalho e acidentes que já ocorreram, em termos de quantidade, data, gravidade e horas não trabalhadas devido a afastamentos.

Outro problema é identificado pela falta de tempo hábil para coletar as informações necessárias, que pode ser devido ao acúmulo de funções dos proprietários responsáveis tanto pelas atividades de gestão, quanto operacionais, o que também influencia na ausência de periodicidade na obtenção de dados. Nesse sentido, verifica-se também a falta de um sistema de informações para gerir os dados coletados transformando-os em informações necessárias aos cálculos dos índices.

A falta de conhecimento sobre indicadores torna-se também uma dificuldade, pois mesmo que algumas empresas possuam informações indispensáveis para a adoção dos índices, não se sabe quais são necessários e como devem ser calculados.

Outro problema se dá pela ausência de metas de curto e longo prazo, que sirvam de parâmetros para que as empresas, neste setor, venham a se desenvolver e sobreviver frente à concorrência.

Portanto, percebe-se que as empresas estudadas enfrentam tanto problemas internos, devido à falta de domínio de técnicas gerenciais e de produção, como externos, que se dá pela baixa demanda causada pela concorrência desleal provocada por moveleiros que utilizam madeira ilegal.

Apesar de não utilizar indicadores de desempenho, a maioria das movelarias considera sua importância para o empreendimento e demonstra interesse em adotá-los.

Como o trabalho não apresenta um ponto final, sugere-se algumas opções para trabalhos futuros, dentre elas apresenta-se a utilização do controle estatístico do processo para variáveis e atributos, com seus indicadores de capacidade do processo (CP e CPK) e índices de *performance* (PP, e PPK) a fim de manter o processo sob controle e com o objetivo de atender as especificações de qualidade exigidas nos contratos, feitos com os clientes das movelarias.

Outra sugestão é o desenvolvimento de um sistema de informações simplificado para o tratamento de dados. Esse sistema deve calcular os índices e apresentar relatórios para o acompanhamento periódico do desempenho da empresa.

Sugere-se, ainda, o emprego de um planejamento estratégico com apelo ambiental para alavancar as vendas frente a outras empresas que possuem preços de produtos mais baratos, por utilizar matéria-prima não legalizada.

Portanto, o estudo das dificuldades na adoção de indicadores de desempenho no setor moveleiro de Itacoatiara, possibilitou a identificação de um ponto de partida para apresentar melhorias e implementar os indicadores, a fim de corrigir as deficiências gerenciais, promovendo o crescimento competitivo nesse segmento e favorecendo a economia e desenvolvimento local.

REFERÊNCIAS

AMARAL, Sandra de Oliveira; CAMPOS, Daniel Ferreira. O mercado de móveis no município de Itacoatiara – AM: caracterização da oferta. Anais da Semana de Engenharia Florestal CESIT/UEA, 2018. Disponível

em:<<http://repositorioinstitucional.uea.edu.br/bitstream/riuea/1496/1/O%20mercado%20de%20m%C3%B3veis%20no%20munic%C3%ADpio%20de%20Itacoatiara%2C%20Amazonas%20-%20Caracteriza%C3%A7%C3%A3o%20da%20oferta.pdf>>. Acesso em: 5 abr. 2019.

BARBOSA, Andressa Vitoria Xavier. Percepção dos empresários do setor moveleiro sobre o licenciamento ambiental no Município de Itacoatiara (AM). Monografia (Engenharia Florestal) – Universidade Estadual do Amazonas, Itacoatiara, 2017. Disponível em:<<http://repositorioinstitucional.uea.edu.br/bitstream/riuea/870/1/Percep%C3%A7%C3>

3%A3o%20dos%20empres%C3%A1rios%20do%20setor%20moveleiro%20sobre%20o%20li
cenciamento%20ambiental%20no%20munic%C3%ADpio%20de%20Itacoatiara.pdf>.

Acesso em: 18 abr. 2019.

BNDES: O BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO. Porte de empresa. Disponível em:
<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/guia/porte-de-empresa>.

Acesso em: 23 abr. 2019.

COSTA, Dayana Bastos. Diretrizes para concepção, implementação e uso de sistemas de indicadores de desempenho para empresas da construção civil. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003. Disponível

em:<<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/3457/000388633.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 28 ago. 2018.

DEIMLING, Moacir Francisco. Proposta de uma estrutura de indicadores para avaliar o desempenho de cadeia de valor: o caso do setor moveleiro do Oeste de Santa Catarina. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014. Disponível em:<<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/96332/000919368.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 3 abr. 2019.

GAMA, Adriano da Mata et al. Análise dos fatores de risco de acidente no trabalho: um estudo de caso em uma movelaria do município de Itacoatiara – Amazonas. XXXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção: ENEGEP/ ABEPRO, 2017. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_241_399_32154.pdf>. Acesso em: 16 out. 2018.

GAMA, Zilda Joaquina Cohen et al. Índice de Desempenho Competitivo das Empresas de Móveis da Região Metropolitana de Belém. Revista de Economia e Agronegócio, Belém, v. 5, n. 1, p. 127-160, fev./2007. Disponível

em: <http://www.ciflorestas.com.br/arquivos/doc_indice_belem._16921.pdf>. Acesso em: 30 abr. 2019.

HRONEC, Steven M.. SINAIS VITAIS: usando medidas de desempenho da qualidade, tempo e custo para traçar a rota para o futuro de sua empresa. São Paulo: Makron Books, 1994.

KAPLAN, Robert S.; NORTON, David P. A estratégia em Ação: BALANCED SCORECARD. 1. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

LIMA, Alafan Jeferson da Costa; COELHO, Moises Israel Belchior de Andrade. Avaliação do sistema de produção em duas movelarias localizadas na cidade de Itacoatiara/AM. XXXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção: ENEGEP/ ABEPRO, 2017. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_238_383_31640.pdf>. Acesso em: 29 abr. 2019.

LOPES, Kamille Vieira. Sustentabilidade do sistema das cadeias de valor de madeira e móveis de Parintins/AM. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2016. Disponível

em:<https://tede.ufam.edu.br/bitstream/tede/6339/5/Disserta%C3%A7%C3%A3o_Kamille%20Vieira.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2019.

MEDEIROS, Adriano Gomes; SIQUEIRA, Antônio Marcos de Oliveira. Alguns aspectos do perfil das movelarias no município de Itacoatiara, AM. I Seminário de pós-graduação em Gestão Ambiental e I Semana de Engenharia Florestal Itacoatiara – AM, 2009. Disponível em:<https://files.comunidades.net/marcusviny123/2009__cd_resumos_congresso__I_Semana_de_Engenharia_Florestal.pdf>. Acesso em: 29 abr. 2019.

MOREIRA, Eduardo. Proposta de uma sistemática para o alinhamento das ações operacionais aos objetivos estratégicos, em uma gestão orientada por indicadores de desempenho. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

Disponível

em:<<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/83052/184667.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 20 out. 2018.

NASCIMENTO, Sérgio Vieira do. Análise do desempenho das movelarias do município de Parintins. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Faculdade de Tecnologia da Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2015.

Disponível

em:<<https://tede.ufam.edu.br/bitstream/tede/4854/2/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20-%20S%C3%A9rgio%20Vieira%20do%20Nascimento.pdf>>. Acesso em: 29 abr. 2019.

NUINTIN, Adriano Antonio; NAKAO, Sílvio Hiroshi. A definição de indicadores do desempenho e da qualidade para o processo de produção: estudo de casos do processo de produção do café. Revista Contemporânea de Contabilidade, Florianópolis, v. 7, n. 14, p. 51-74, dez./2010. Disponível

em:<https://www.researchgate.net/publication/277260516_A_definicao_de_indicadores_do_desempenho_e_da_qualidade_para_o_processo_de_producao_estudo_de_casos_do_processo_de_producao_do_cafe/download>. Acesso em: 26 out. 2018.

NUNES, ArcenildoValderes da Silva. Indicadores de desempenho para as micro e pequenas empresas: uma pesquisa com as mpe's associadas a MICROEMPA de Caxias do Sul/RS. Dissertação (Mestrado em Administração)–Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2008.

Disponível

em:<<https://repositorio.uces.br/xmlui/bitstream/handle/11338/326/Dissertacao%20Arcenildo%20V%20da%20S%20Nunes.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 3 mai. 2019.

OLIVEIRA, Djalma de Pinho Rebouças de. Planejamento estratégico: conceitos, metodologia e práticas. 12. ed. São Paulo: Atlas, 1998.

SANTOS, Gina da Costa; MEDEIROS, Adriano Gomes; SIQUEIRA, Antônio Marcos de Oliveira. Estudo das condições de trabalho no polo moveleiro de Itacoatiara-AM. I Seminário de pós-graduação em Gestão Ambiental e I Semana de Engenharia Florestal Itacoatiara – AM, 2009. Disponível

em:<https://files.comunidades.net/marcusviny123/2009__cd_resumos_congresso__I_Semana_de_Engenharia_Florestal.pdf>. Acesso em: 29 abr. 2019.

SEBRAE. Estudo de Mercado - Comércio e Serviço: Madeira e Móveis Planejados. Bahia: SEBRAE, 2017. Disponível

em:<<https://m.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/BA/Anexos/Madeira%20e%20M%C3%B3veis%20planejados.pdf>>. Acesso em: 3 abr. 2019.

SEMMA (Secretaria Municipal de Meio Ambiente). Empresas no ramo indústria do mobiliário com registros de funcionamento no município de Itacoatiara/AM – zonas urbana e rural. Dados não publicados, 2019.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JONHSTON, Robert. Administração da Produção. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

APÊNDICE A - Formulário de Entrevista

- 1) Nome da empresa: _____
- 2) Endereço: _____
- 3) Nome do respondente: _____
- 4) Idade: _____
- 5) Nível de escolaridade: _____
- 6) Cargo: _____

- 7) Setor da empresa:
() Indústria () Comércio () Serviços () Outros: _____

- 8) Quais os tipos de produtos fabricados e qual o destino final?

- 9) Qual a área de atuação?
() Municipal () Estadual/ regional () Interestadual/Nacional () Internacional

- 10) De acordo com a receita, qual o porte da empresa? Qual o faturamento bruto anual da empresa? (metodologia utilizada pelo BNDES)
() Micro: Menor ou igual a R\$ 360 mil
() Pequena: Maior que R\$ 360 mil e menor ou igual a R\$ 4,8 milhões
() Média: Maior que R\$ 4,8 milhões e menor ou igual a R\$ 300 milhões
() Grande: Maior que R\$ 300 milhões

- 11) Há quanto tempo estão no mercado?

- 12) Quantos colaboradores/ funcionários a empresa possui?

- 13) “Metas são resultados de desempenho desejado para o futuro; elas operacionalizam a estratégia da empresa” A empresa possui metas? Quais?

14) A Empresa divulga seus resultados alcançados para os seus funcionários?

() Não () Parcialmente () Sim, para todos os funcionários

15) Que mecanismos são utilizados para divulgação das metas aos colaboradores?

16) O que você conhece sobre indicadores de desempenho?

17) “Indicadores de desempenho são ferramentas utilizadas para a organização monitorar determinados processos (geralmente os denominados críticos) quanto ao alcance de uma meta ou padrão mínimo de desempenho estabelecido.” Alguns exemplos de indicadores são:

- Flexibilidade e confiabilidade

- a) **Percentual de entregas no prazo:** Mostra quantos pedidos foram entregues dentro do prazo estipulado.
- b) **Taxa de atendimento do pedido:**Mostra o quanto as especificações do pedido do cliente são atendidas.

- Segurança no trabalho

- c) **Frequência de incidentes:**Representa a mensuração do número de ocorrência de incidentes.
- d) **Taxa de gravidade de incidentes:** Representa o quão severos são os incidentes.
- e) **Intervalo de tempo sem incidentes:**Representa o intervalo de tempo em dias, no qual não se tem registros de incidentes.

- Aprendizado e crescimento

- f) **Índice de satisfação dos funcionários:** Avalia o contentamento dos colaboradores com seu local de trabalho e suas principais atividades.
- g) **Taxa de turnover (rotatividade):**Mede a taxa de saída dos funcionários na empresa.
- h) **Produtividade dos funcionários:**Compara o que foi produzido com o que foi exigido de recursos (funcionários).

- Clientes e mercados

- i) **Participação de mercado:** Percentual de vendas totais do setor de atuação.

- Capacidade

- j) **Grau de disponibilidade:** Indica, em forma percentual, quanto uma unidade produtiva está disponível.

Não Sim. Quais?

19) Dentre os fatores a seguir, quais influenciam na não utilização de indicadores de desempenho nesse estabelecimento?

- Falta de conhecimento sobre indicadores de desempenho
- Informação insuficiente sobre custo e quantidade da matéria-prima utilizada
- Metas financeiras não definidas. Ex: lucro pretendido
- Informação insuficiente sobre o faturamento da empresa
- Informação insuficiente sobre os custos de vendas
- Informação insuficiente sobre os despesas operacionais
- Informação insuficiente sobre valores de depreciação
- Informação insuficiente sobre o capital próprio investido
- Falta de especificações padronizadas para os produtos fabricados
- Informação insuficiente sobre não conformidades nos produtos fabricados e serviços gastos com reparações
- Falta de controle de estoque
- Informação insuficiente sobre tempo de produção perdido por falha em equipamentos, incluindo tempo gasto com reparações
- Informação insuficiente sobre quantidade de falhas em equipamentos
- Informação insuficiente sobre quantidade de produtos produzidos em determinado período
- Informação insuficiente sobre perdas por paradas planejadas e não planejadas
- Informação insuficiente sobre quantidade de unidades vendidas pela empresa
- Informação insuficiente sobre quantidade de unidades vendidas por outras empresas do setor moveleiro
- Informação insuficiente sobre número de demissões
- Informação insuficiente sobre datas e números de incidentes ocorridos
- Falta de controle sobre quantidades de horas não trabalhadas por afastamento devido a ocorrência de incidentes
- Informação insuficiente sobre número de produtos vendidos sem reclamações do consumidor
- Informação insuficiente sobre quantidade de produtos entregues dentro do prazo
- Falta de um sistema de informações para o armazenamento e interpretação de dados
- Outros. Quais?

20) Você considera importante o uso de indicadores de desempenho nesse estabelecimento?

Sim Não Parcialmente Não sabe

Por quê?

21) Você considera importante o uso de indicadores de desempenho no setor moveleiro?

Sim Não Parcialmente Não sabe

Por quê?

22) Você teria interesse em implementar algum indicador de desempenho nesse empreendimento?

Sim Não

Quais?

Gostaria do auxílio da Universidade Federal do Amazonas para essa implementação?

Sim Não

Capítulo 42

A PREVISÃO DE DEMANDA SOBRE O NÚMERO DE EMPLACAMENTOS DE AUTOMÓVEIS E COMERCIAIS LEVES

[DOI: 10.37423/200501016](https://doi.org/10.37423/200501016)

RODRIGO MARTINS DE PAULA - rodrigomartins260494@gmail.com

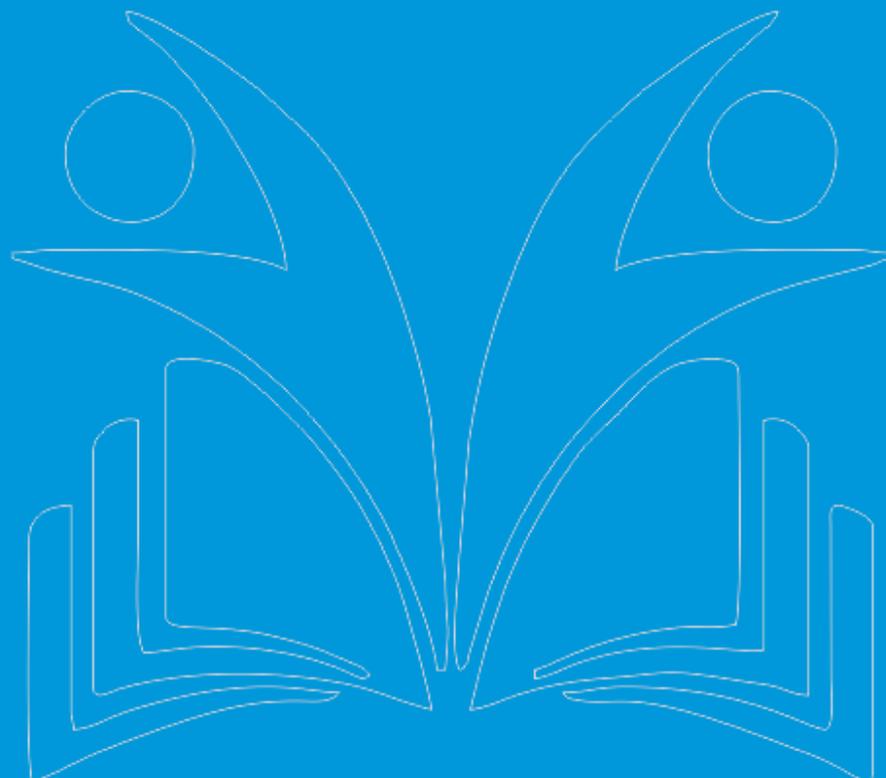
SARA PEREIRA SILVA - sara_pereira@windowslive.com

FREDERICO CELESTINO BARBOSA - celestinobarbosa@gmail.com

GLEICE DE ABREU FERREIRA - gleice.abferreira@gmail.com

JOSÉ WILKER DOS SANTOS LOURENÇO - wilker-95@hotmail.com

THAYNE CRISTINA CARDOSO SANTOS - thaayne@hotmail.com



1. INTRODUÇÃO

De acordo com Pellegrini e Fogliatto (2001), a previsão de demanda também conhecida como forecasting, visa projetar o futuro, mas para realizar uma previsão de demanda é preciso conhecer os aspectos que podem influenciar na demanda, alguns dos aspectos influenciadores são: as campanhas promocionais e a sazonalidade. Para elaborar esse tipo de previsão pode-se utilizar de metodologia quantitativa que se desenvolve através da coleta de dados e históricos da empresa ou utilizar-se de metodologias qualitativas que são classificadas como análises de especialistas. Com a previsão de demanda é possível realizar o planejamento e gerenciamento dos setores: financeiro, recursos humanos, vendas e de toda linha de produção de maneira eficaz, evitando o excesso de estoque e a falta do mesmo.

Existem as previsões de médio, curto e longo prazo, cada tipo de previsão terá uma finalidade diferente de acordo com os departamentos da empresa, por exemplo, no departamento de finanças, normalmente as previsões que se encontram são de longo e médios prazos, comumente expressa em reais, todavia as previsões de longo prazo determinam o retorno sobre as aquisições em ativos, já as de médio prazo permitem projetar o fluxo de caixa (WANKE, JULIANELLI; 2011p. 10).

Considerando a grande variedade de modelos matemáticos utilizados para se calcular a previsão de demanda, notou-se a necessidade de se identificar o melhor método de forecasting para se obter resultados mais precisos na venda de carros populares. Contudo o objetivo geral deste projeto é aplicar alguns métodos de análises de previsão de demanda no setor automobilístico e para atender esse objetivo foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos: I) Realizar um levantamento sobre as melhores técnicas de previsão de demanda, para prever as vendas do setores automobilísticos do país no seguimento de carros populares; II) Caracterizar algumas metodologias de previsão de demanda; III) Efetuar o cálculo de erro e MAD e realizar comparações entre os resultados obtidos.

A realização deste trabalho justifica-se pela importância do planejamento e controle de produção em empresas do âmbito automobilísticos, visto que esse é um grande ramo industrial brasileiro, segundo Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores ANFAVEA (2017) a indústria automobilística no Brasil foi e é responsável por motivar o desenvolvimento do país, gerando serviços e atuando na mobilidade de pessoas e cargas e

provocando aumentos de renda. De acordo com Santos (2014), a previsão de demanda é a melhor ferramenta para se obter informações futuras com uma maior precisão e uma maior segurança na tomada de decisões, a fim de alcançar um melhor desempenho, apresentar vantagens competitivas na sua utilização e obter um melhor abastecimento de toda a cadeia produtiva, diminuindo os custos e aumentando a satisfação dos clientes.

2. REFERÊNCIAL TEÓRICO

O presente capítulo apresenta a fundamentação teórica, partindo da conceituação e da importância da aplicação correta de uma previsão de demanda, o mercado automobilístico brasileiro e passando por uma breve apresentação sobre as metodologias existentes desta ferramenta.

2.1 PREVISÃO DE DEMANDA

Segundo Wanke e Julianelli (2011, p.1), a previsão de demanda visa obter informações futuras, ou seja, prever o futuro e com o desenvolvimento de computadores e diversas tecnologias houve o surgimento de diferentes técnicas de realizar a forecasting, estas previsões possuem uma grande influência e importância em diversos departamentos da empresa, estes como: marketing, vendas, logística, produção, compras e finanças. Ainda segundo os autores acima, quando se fala em relação a previsão de demanda não difere se a empresa é atacadista, varejista, fabricante ou prestadora de serviço, de pequeno, médio ou grande porte, estatais, nacionais ou multinacionais, todas necessitam de informações futuras para realizar o planejamento de recursos de produção, distribuição e aquisição de insumos ou serviços.

2.2 A IMPORTÂNCIA DA METODOLOGIA CORRETA ACERCA DA PREVISÃO DE DEMANDA

Segundo Leite (2016), o forecasting é de suma relevância para a gestão de estoques, pois aplicando o mesmo é possível executar um planejamento bem estruturado para a realização de compras e conseqüentemente reduz-se a quantidade de estoques tanto no setor de suprimentos como na linha de produção. Lemos (2015) refere-se a previsão de demanda como a um elemento chave para a tomada de decisões gerenciais, sendo possível por meio da mesma a realização de ações para tomadas de decisões tanto a curto, médio e longo prazo.

Ainda sobre Lemos (2015) é preciso ressaltar a grande importância da escolha do método de previsão a ser utilizado, pois para cada característica de mercado e amostra temporal existe um tipo de previsão correta a ser utilizada, aumentando-se assim as precisões dos resultados. A obtenção métodos precisos gera uma maior lucratividade e um aumento de competitividade no mercado para a empresa que o utiliza, já a utilização de um método errôneo para a previsão, pode acarretar em um aumento de espaço físico e custos operacionais, a uma comunicação menos efetiva entre as áreas da empresa, atrasos de entregas e insatisfação de clientes.

2.3 MERCADO AUTOMOBILÍSTICO BRASILEIRO

Segundo Coelho (2009) a previsão de demanda no setor automobilístico é essencial para auxiliar na tomada de decisões de gestão e de planejamento estratégico, pois com ela é possível obter informações para que a organização consiga controlar a quantidade de bens ou serviços que irá produzir, estocar e expedir, de modo a atender a demanda estabelecida pelo consumidor. É importante ressaltar que as previsões a longo prazo são mais suscetíveis a interferência de fatores externos.

De acordo com o Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos-DIEESEEN (2015) posterior a segunda guerra mundial as empresas automobilísticas que se instalavam no Brasil e visavam a montagem de veículos através de importação de peças e componentes, logo após a guerra este cenário começou a se modificar e em 1960, sessenta mil veículos foram produzidos no Brasil, conseqüentemente o país passou a ser considerado um polo automotivo da América Latina. A indústria automotiva brasileira em 2002 se encontrava na 11ª posição no ranking mundial de produção de veículos e em 2015 a mesma já se encontrava em 7ª posição no ranking mundial de venda de veículos automotivos.

2.4 AS TÉCNICAS DE PREVISÃO DE DEMANDA.

Segundo Pellegrini e Fogliatto (2001), a implantação dos métodos de previsão de demanda requer conhecimento em 4 (quatro) áreas: (i) identificação e definição dos problemas a serem tratados no forecasting, (ii) aplicação dos métodos de forecasting, (iii) procedimentos para seleção do método apropriado a situações específicas e (iv) suporte organizacional para adaptar e usar os métodos de forecasting requeridos. A aplicabilidade do forecasting depende de 3 (três) condições: disponibilidade de informações históricas,

possibilidade da transformação dessas informações históricas em dados numéricos e suposição de repetição de padrão de dados passados em eventos futuros.

Santos, Marques Júnior e Bernardo (2015) citam os vários métodos de previsão de demanda e como devem ser efetuadas suas aplicações. Cita primeiramente o método qualitativo, que é baseado em aspectos que se tem grande dificuldade em quantificar, ou seja fatores como opiniões e experiências. Dentre os métodos qualitativos estão “Jogo das representações”, “Pesquisa de intenções” e “Delphi”, as mesmas possuem em comum o simples fato de todas determinarem uma previsão de acordo com opiniões e interações entre um grupo definido de pessoas.

O método quantitativo é baseado em dados coletados, basicamente pelo que ocorreu em um período anterior para prever o que terá tendência em ocorrer em um período posterior. Dentre os métodos quantitativos estão “Regressão linear e correlação”, “Média móvel”, “Box-Jenkins”, “Redes neurais” e “Rede neuro-Fuzzy”, dentre eles os mais utilizados são os dois primeiros e consistem em utilizar dados de um período anterior para prever uma demanda futura, sendo que o método de correlação linear tenta traçar uma linha reta e aproximar a demanda do ideal que está alinhada. O autor também cita o levantamento e análise de dados, que consiste em pesquisar dados de um certo assunto em um período específico e analisa-los de acordo com o fim desejado (SANTOS, MARQUES JÚNIOR E BERNARDO,2015).

A seguir verifica-se os principais métodos quantitativos, que se aplicam melhor para forecasting em empresas automobilísticas. Segundo Lin e Amaral Júnior (2000), os métodos quantitativos são divididos em dois grupos: séries temporais e métodos causais.

Dentre os métodos principais de séries temporais estão: (i) suavização exponencial, que consiste a ideia de que os dados para realização da previsão de demanda vão se tornando mais irrelevantes com o aumento de sua idade; (ii) média móvel ponderada, que consiste em realizar a média aritméticas das demandas anteriores; (iii) média móvel, que consiste na média dos N dados mais recente, dados estes fornecidos em N anos ou N meses, com isso deve-se levar em consideração que caso o período N adotado seja muito curto não revelará uma real previsão e caso contrário trará distorções que levarão ao erro (LIN E AMARAL JÚNIOR, 2000).

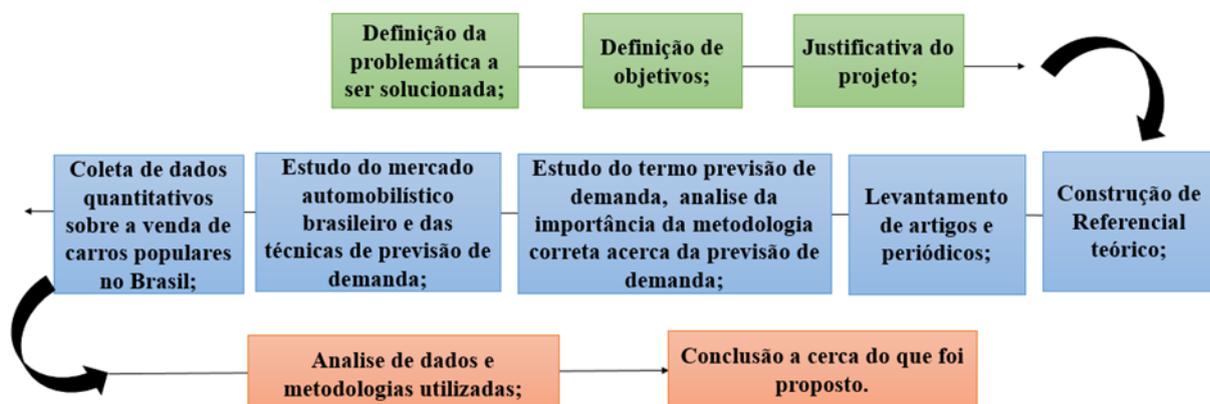
Dentre os principais métodos causais estão: (i) correlação e regressão, em que a análise de regressão é mais utilizada para o desenvolvimento da previsão em relação à demanda, onde a mesma por ser simples ou múltipla. A correlação pode ser linear ou não linear; (ii) modelos econométricos, em que consiste na utilização de variáveis endógenas e exógenas presentes para a previsão, fazendo com que o resultado seja mais preciso (LIN E AMARAL JÚNIOR, 2000).

3. MÉTODO

O projeto realizado possui caráter descritivo e explicativo de abordagem direta, isto respectivamente por descrever e explorar ao mesmo tempo características da previsão de demanda, os seus métodos de aplicabilidade e as peculiaridades do mercado automobilístico Brasileiro. Quanto a natureza das análises dos resultados, está classificada como comparativa e para realiza-la se executará a seguinte sequência: I) levantar dados quantitativos sobre a venda de algumas marcas de carros populares nos anos de 2015 e 2016; II) realizar cálculos de previsão de demanda utilizando algumas técnicas específicas; III) comparar as previsões de demandas calculadas com a demanda real dos produtos.

Para a realização deste artigo inicialmente efetuou-se análises de dados bibliográficos em artigos, livros e sites como: Previsão de Vendas: Processos organizacionais e métodos quantitativos e qualitativos (WANKE, JULIANELLI; 2011); Manual de Metodologia da Ulbra 2° ed 2014; Passos para implantação do sistema de previsão de demanda: Técnicas e estudo de caso (PELLEGRINI, FOGLIATTO; 2001); Aplicação de métodos de previsão de demanda de um produto em uma indústria de alimentos do Paraná (SANTOS; 2014), entre outros artigos de suma importância. O resumo do método de trabalho se encontra no Quadro 1, logo abaixo:

Quadro 1 – Método de trabalho.



Fonte: Autores, 2017.

3.1 COLETA DE DADOS

Devido à grande gama de marcas e modelos vendidos no país, decidiu-se realizar a coleta de dados sobre os emplacamentos de automóveis e comerciais leves de 2014 a 2019.

Tabela 1 – Dados sobre Emplacamentos de automóveis e comerciais leves de 2014 a 2019.

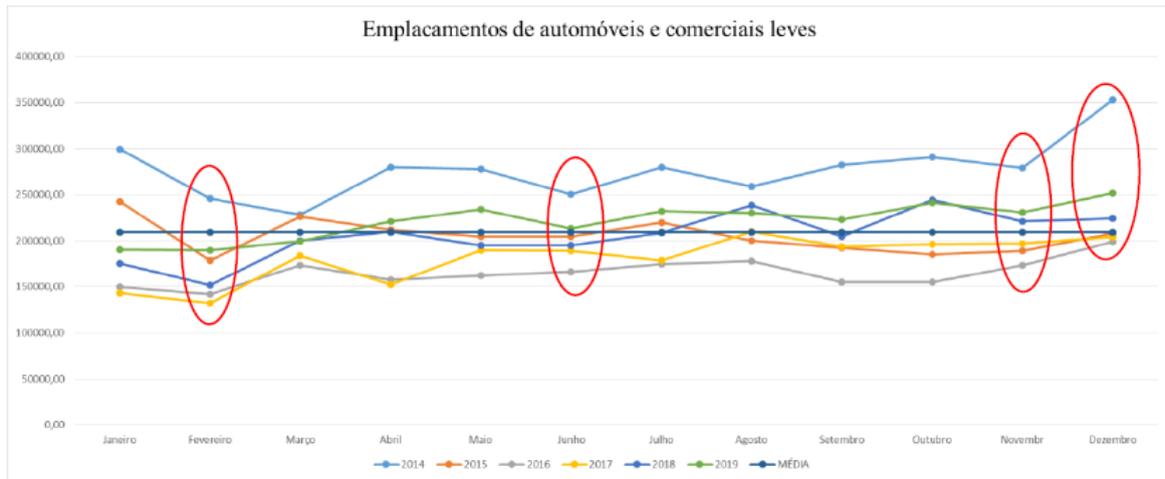
Emplacamentos de automóveis e comerciais leves						
Périodo	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Janeiro	299189,00	242913,00	149657,00	143439,00	175448,00	190613,00
Fevereiro	245666,00	178395,00	142048,00	132280,00	151635,00	189812,00
Março	228517,00	226088,00	173218,00	183701,00	199867,00	199540,00
Abril	279541,00	211721,00	157591,00	152263,00	209961,00	221185,00
Mai	277608,00	204827,00	162223,00	189960,00	194913,00	234066,00
Junho	250416,00	204703,00	166481,00	189089,00	194950,00	213336,00
Julho	279502,00	219490,00	174867,00	178646,00	208402,00	232013,00
Agosto	259161,00	199904,00	178060,00	209736,00	238511,00	230499,00
Setembro	282254,00	192602,00	154913,00	193447,00	204503,00	223048,00
Outubro	291051,00	185260,00	154827,00	196517,00	244394,00	241087,00
Novembr	279476,00	189327,00	173562,00	196909,00	220927,00	230701,00
Dezembro	353246,00	208184,00	199055,00	204276,00	224557,00	251795,00

Fonte: Autoo, 2020.

Logo após o levantamento de dados, realizou-se a geração de gráficos, onde a partir do mesmo foi possível verificar se as vendas destes carros possuem alguma sazonalidade ou tendência e definir qual o método mais adequado para se realizar a previsão de demanda. Calculou-se as previsões de demanda através dos métodos de média simples, média aritmética e média exponencial simples, com os dados da demanda e da previsão de demanda fez-se o cálculo do erro e o do MAD.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

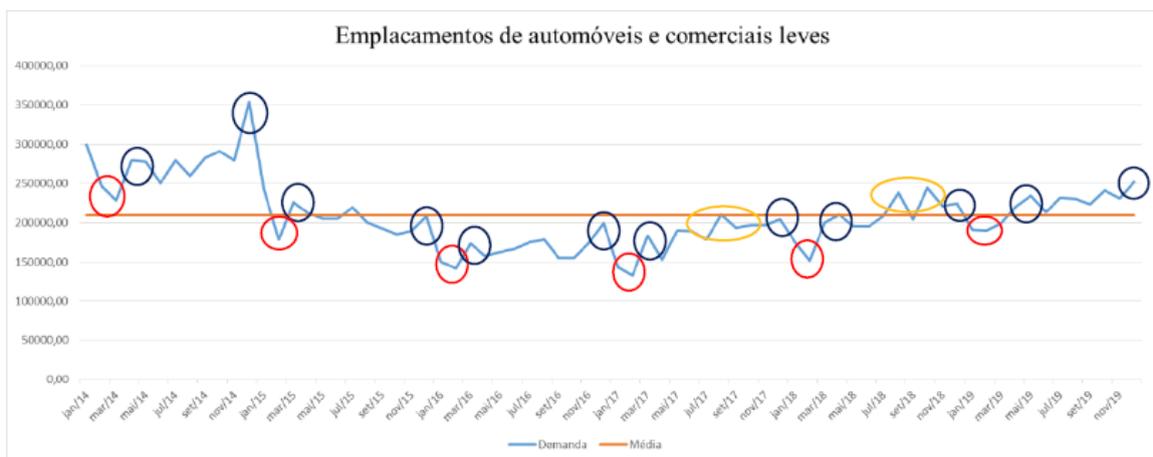
Gráfico 1 - Emplacamentos de automóveis e comerciais leves de 2014 a 2019.



Fonte: Autores.

Partindo-se das análises qualitativas realizadas através do gráfico acima, realizou-se a verificação de sazonalidade e tendência no mesmo, foi possível concluir que a partir de junho o número de emplacamentos de automóveis e comerciais leves possui uma tendência crescente e que os picos mais altos dessas vendas se dá a partir do mês de março até maio e no mês de dezembro. Verifica-se também que a maior venda foi realizada no ano de 2014 mais especificamente no mês de dezembro e o ano de 2019 foi o que mais se aproximou dessa antiga realidade.

Gráfico 2 - Emplacamentos de automóveis e comerciais leves de 2014 a 2019, linha constante.



Fonte: Autores

No gráfico 2 com os dados de 2014 a 2019 observa-se aspectos de sazonalidade no número de emplacamentos, é possível acompanhar que de janeiro a fevereiro se tem o número mais baixo de emplacamentos, quando comparado aos outros meses do ano e no mês de dezembro se tem uma venda crescente em todos os anos, sendo que esse número de emplacamento vem se comportando de maneira comum de acordo com os dados.

Segundo Wiltgen (2014) existe uma explicação teórica para que dezembro seja o mês com mais emplacamentos de carros, isto ocorre porque é o mês em que as concessionárias concedem descontos para os modelos fabricados naquele ano, mesmo que sejam modelos zero quilômetro do ano que vem. Com o intuito de liquidar os estoques para dar espaço aos modelos que serão fabricados no ano seguinte. Em janeiro os números de vendas caem devido as despesas de início de ano, como por exemplo o IPTU, IPVA e a compra de materiais escolares (SODRÉ; 2017).

Outrora no ano de 2017 o emplacamento em agosto ultrapassou o mês de dezembro e em 2018 agosto e outubro também ultrapassaram as vendas de dezembro, portanto, se torna necessário verificar quais aspectos externos podem estar influenciando essas alterações visto que segundo Martinelli e Cataldi (2017) que carga tributária, o nível de juros, o alto custo tecnológico no Brasil, o volume de produção de veículos no país e a lei da oferta e procura são alguns dos fatores que influenciam diretamente nas vendas. De acordo com Alarico Assumpção Júnior (2018), presidente da Fenabreve, o aumento de vendas em 2017 se “deve à queda da inflação e dos juros, e à retomada da confiança em virtude do recuo da inadimplência” e “temos a expectativa de que tem que blindar a economia da parte política, a economia tem ido bem e de maneira sustentável...”.

4.1 CALCULOS DE ERRO E MAD.

Foi realizado a previsão de demanda para 2016, utilizando a metodologia de média móvel simples, média móvel ponderada e média exponencial móvel. Para realizar-se os cálculos de média móvel observou-se que quando maior o número de períodos (n) maior o erro da previsão e devido a isto o melhor n encontrado foi de 3 meses. Já para se calcular a média móvel ponderada os melhores pesos encontrados foi o de 1,2, 1,4 e 1,7 isso utilizando o mesmo período de 3 meses e por fim no cálculo de média exponencial móvel, o alfa mais eficaz encontrado de através da utilização do solver foi o de 0,47.

Tabela 2 – Previsão de demanda, erro e MAD.

Período	Quantidade	Demanda	Média móvel simples	Erro	Média móvel ponderada	Erro	Alfa	Média móvel exponencial	Erro
jan/14	1	299189,00	-	-	-	-	0,47	299189,00	0,00
fev/14	2	245666,00	-	-	-	-	-	299189,00	-53523,00
mar/14	3	228517,00	-	-	-	-	-	274084,35	-45567,35
abr/14	4	279541,00	257790,67	21750,33	253822,814	25718,19	-	252711,26	26829,74
mai/14	5	277608,00	251241,33	26366,67	253475,0465	24132,95	-	265295,59	12312,41
jun/14	6	250416,00	261888,67	-11472,67	264537,5349	-14121,53	-	271070,65	-20654,65
jul/14	7	279502,00	269188,33	10313,67	267397,1163	12104,88	-	261382,71	18119,29
ago/14	8	259161,00	269175,33	-10014,33	269503,5814	-10342,58	-	269881,46	-10720,46
set/14	9	282254,00	263026,33	19227,67	263343,186	18910,81	-	264853,09	17400,91
out/14	10	291051,00	273639,00	17412,00	273967,3488	17083,65	-	273014,88	18036,12
nov/14	11	279476,00	277488,67	1987,33	279287,3256	188,67	-	281474,62	-1998,62
dez/14	12	353246,00	284260,33	68985,67	284019,8605	69226,14	-	280537,18	72708,82
jan/15	13	242913,00	307924,33	-65011,33	311871,1163	-68958,12	-	314640,82	-71727,82
fev/15	14	178395,00	291878,33	-113483,33	289039	-110644,00	-	280997,31	-102602,31
mar/15	15	226088,00	258184,67	-32096,67	248196,4884	-22108,49	-	232872,31	-6784,31
abr/15	16	211721,00	215798,67	-4077,67	215255,3953	-3534,40	-	229690,17	-17969,17
mai/15	17	204827,00	205401,33	-574,33	207098,3488	-2271,35	-	221261,84	-16434,84
jun/15	18	204703,00	214212,00	-9509,00	213004,8605	-8301,86	-	213553,17	-8850,17
jul/15	19	219490,00	207083,67	12406,33	206701,8837	12788,12	-	209402,05	10087,95
ago/15	20	199904,00	209673,33	-9769,33	210583,6279	-10679,63	-	214133,74	-14229,74
set/15	21	192602,00	208032,33	-15430,33	207620,093	-15018,09	-	207459,37	-14857,37
out/15	22	185260,00	203998,67	-18738,67	202483,0233	-17223,02	-	200490,61	-15230,61
nov/15	23	189327,00	192588,67	-3261,67	191737,1163	-2410,12	-	193346,78	-4019,78
dez/15	24	208184,00	189063,00	19121,00	188916,814	19267,19	-	191461,33	16722,67
jan/16	25	149657,00	194257,00	-44600,00	195647,1163	-45990,12	-	199305,00	-49648,00
fev/16	26	142048,00	182389,33	-40341,33	179783	-37735,00	-	176017,90	-33969,90
mar/16	27	173218,00	166629,67	6588,33	162981,907	10236,09	-	160084,52	13133,48
abr/16	28	157591,00	154974,33	2616,67	156494,4651	1096,53	-	166244,70	-8653,70
mai/16	29	162223,00	157619,00	4604,00	158341,2791	3881,72	-	162185,73	37,27
jun/16	30	166481,00	164344,00	2137,00	163783,2791	2697,72	-	162203,21	4277,79
jul/16	31	174867,00	162098,33	12768,67	162613,7442	12253,26	-	164209,68	10657,32
ago/16	32	178060,00	167857,00	10203,00	168608,1163	9451,88	-	169208,43	8851,57
set/16	33	154913,00	173136,00	-18223,00	173789,0698	-18876,07	-	173360,21	-18447,21
out/16	34	154827,00	169280,00	-14453,00	168017,7907	-13190,79	-	164707,66	-9880,66
nov/16	35	173562,00	162600,00	10962,00	161338,6279	12223,37	-	160073,19	13488,81
dez/16	36	199055,00	161100,67	37954,33	162257,8605	36797,14	-	166400,04	32654,96
jan/17	37	143439,00	175814,67	-32375,67	178412,2558	-34973,26	-	181716,65	-38277,65
fev/17	38	132280,00	172018,67	-39738,67	169952,9535	-37672,95	-	163762,75	-31482,75
mar/17	39	183701,00	158258,00	25443,00	154548,0465	29152,95	-	148995,95	34705,05
abr/17	40	152263,00	153140,00	-877,00	155723,3721	-3460,37	-	165274,15	-13011,15
mai/17	41	189960,00	156081,33	33878,67	156921,9767	33038,02	-	159171,35	30788,65
jun/17	42	189089,00	175308,00	13781,00	175939,8605	13149,14	-	173612,58	15476,42
jul/17	43	178646,00	177104,00	1542,00	179095,5581	-449,56	-	180871,70	-2225,70
ago/17	44	209736,00	185898,33	23837,67	185203,4419	24532,56	-	179827,75	29908,25
set/17	45	193447,00	192490,33	956,67	193851,7209	-404,72	-	193856,04	-409,04
out/17	46	196517,00	193943,00	2574,00	194619,8837	1897,12	-	193664,18	2852,82
nov/17	47	196909,00	199900,00	-2991,00	199206,4884	-2297,49	-	195002,28	1906,72
dez/17	48	204276,00	195624,33	8651,67	195815,2326	8460,77	-	195896,62	8379,38
jan/18	49	175448,00	199234,00	-23786,00	199712,1395	-24264,14	-	199826,92	-24378,92
fev/18	50	151635,00	192211,00	-40576,00	190822,9767	-39187,98	-	188392,13	-36757,13
mar/18	51	199867,00	177119,67	22747,33	174078,5814	25788,42	-	171151,42	28715,58
abr/18	52	209961,00	175650,00	34311,00	177348,9535	32612,05	-	184620,29	25340,71
mai/18	53	194913,00	187154,33	7758,67	190397,5581	4515,44	-	196506,20	-1593,20
jun/18	54	194950,00	201580,33	-6630,33	201194,8605	-6244,86	-	195758,92	-808,92
jul/18	55	208402,00	199941,33	8460,67	199127,0698	9274,93	-	195379,50	13022,50
ago/18	56	238511,00	199421,67	39089,33	200257,907	38253,09	-	201487,63	37023,37
set/18	57	204503,00	213954,33	-9451,33	216551,5116	-12048,51	-	218853,22	-14350,22
out/18	58	244394,00	217138,67	27255,33	216663,4651	27730,53	-	212122,33	32271,67
nov/18	59	220927,00	229136,00	-8209,00	229764,4651	-8837,47	-	227259,17	-6332,17
dez/18	60	224557,00	223274,67	1282,33	223983,9767	573,02	-	224289,10	267,90
jan/19	61	190613,00	229959,33	-39346,33	228911,0465	-38298,05	-	224414,76	-33801,76
fev/19	62	189812,00	212032,33	-22220,33	210124,2558	-20312,26	-	208560,24	-18748,24
mar/19	63	199540,00	201660,67	-2120,67	199769,0698	-229,07	-	199766,49	-226,49
abr/19	64	221185,00	193321,67	27863,33	193881,4884	27303,51	-	199660,26	21524,74
mai/19	65	234066,00	203512,33	30553,67	205382,5349	28683,47	-	209756,31	24309,69
jun/19	66	213336,00	218263,67	-4927,67	220237,0233	-6901,02	-	221158,63	-7822,63
jul/19	67	232013,00	222862,33	9150,67	222775,7209	9737,28	-	217489,47	14523,53
ago/19	68	230499,00	226471,67	4027,33	226505,0465	3993,95	-	224301,65	6197,35
set/19	69	223048,00	225282,67	-2234,67	226202,2558	-3154,26	-	227208,48	-4160,48
out/19	70	241087,00	228520,00	12567,00	227975,7674	13111,23	-	225257,03	15829,97
nov/19	71	230701,00	231544,67	-843,67	232259,0465	-1558,05	-	232681,98	-1980,98
dez/19	72	251795,00	231612,00	20183,00	231946,7674	19848,23	EMQ=	231752,82	20042,18
			MAD	-87,91	MAD	-28,77	716399546,12	MAD	-1718,49

Fonte: Autores, 2020

CONCLUSÃO

Neste trabalho realizou-se a aplicação de previsão de demanda por média, com o intuito de se obter o melhor MAD e definir quais das metodologias utilizadas é a melhor para esse setor. Conclui-se que a melhor metodologia encontrada para realizar a previsão de demanda de veículos automotivos, foi a de média móvel ponderada, isso por possuir o menor MAD dentre as três metodologias em questão. A metodologia com o pior MAD foi a de média móvel exponencial.

Ressalta-se que apesar da metodologia da média móvel ponderada ser a melhor metodologia encontrada neste caso, pode-se existir metodologias mais eficazes não abordadas nesse trabalho.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ANFAVEA. 2017. A ANFAVEA. Disponível em :<<http://www.anfavea.com.br/a-anfavea.html>>. Acesso em 16. Maio. 2020.

CASTILHO, A. P.; BORGES, N. R. M. e PEREIRA, V. T. Manual de metodologia científica do ILES/ULBRA Itumbiara/GO, 2017. 3. Ed. Itumbiara. Disponível em <<http://www.ulbra.br/upload/986eb63036cdfc35003049362f114dd7.pdf>>. Acesso em 30 de setembro de 2019.

COELHO, Leandro. 2009. Controle de estoques: logística e previsão de demanda. Disponível em: <<http://www.logisticadescomplicada.com/controle-de-estoques-logistica-e-previsao-de-demanda/>>. Acesso em 02.abr.2017.

DIEESE. 2015. Desenvolvimento e estrutura da indústria automotiva no Brasil. Nota Técnica Número 152. Disponível

em: <<https://www.dieese.org.br/notatecnica/2015/notaTec152IndustriaAutomotiva.pdf>>. Acesso em 26. Maio. 2019.

JÚNIOR, Alarico Assumpção. Vendas de veículos novos cresceu 9% em 2017. Entrevista concedida a Denise Barbosa. Vendas de veículos novos cresceu 9% em 2017, Globo News, Janeiro, 2018. Disponível em: <<https://g1.globo.com/globonews/jornal-globonews/video/venda-de-veiculos-cresceu-9-em-2017-diz-levantamento-6399054.ghtml>>. Acesso em 21 de março de 2020.

LEITE, Marcos. 2016. Qual a importância da previsão de demanda para a gestão de estoque? Disponível em :< <http://www.artsoftistemas.com.br/blog/importancia-da-previsao-de-demanda-para-a-gestao-de-estoque>>. Acesso em 29. Maio. 2019.

LEMOS, Fernando. 2015. A importância da Previsão de Demanda no processo de tomada de decisão. Disponível em: <<http://www.crea-sc.org.br/portal/index.php?cmd=artigos-detalle&id=3370#.WS4mqGjyVIU>>. Acesso em 25. Maio. 2019.

LIN, Tamy Ymei e AMARAL JUNIOR, José Bento Carlos. Estudo de modelos de previsão de demanda. 2000. Disponível

em <http://gvpesquisa.fgv.br/sites/gvpesquisa.fgv.br/files/publicacoes/estudo_de_modelos_de_previsao_de_demanda.pdf> Acesso em 30 de maio de 2020.

MARTINELLI, Dora; CATALDI, Alberto. 2017. CONHEÇA OS PRINCIPAIS FATORES QUE INFLUENCIAM NOS PREÇOS DOS CARROS NO BRASIL. Disponível em: <<https://revistaautoesporte.globo.com/Noticias/noticia/2017/02/conheca-os-principais-fatores-que-influenciam-nos-precos-dos-carros-no-brasil.html>>. Acesso em 22 de maio de 2020.

PELLEGRINI, Fernando R. e FOGLIATTO, Flávio S. 2001. Passos para implantação do sistema de previsão de demanda: Técnicas e estudo de caso. Revista PRODUÇÃO, v. 11 n. 1, novembro de 2001. Disponível em < <http://www.scielo.br/pdf/prod/v11n1/v11n1a04>>. Acesso em 10 de março de 2019.

QUATRO RODAS. Top 50 mais vendidos, 2017. Disponível

em <<http://quatorrodas.abril.com.br/top-50-2015/>>. Acesso em 30 de setembro de 2019.

SANTOS, G. Q. V.; JUNIOR, J. A. M. e BERNARDO, Y. N. S. Previsão de demanda: revisão bibliográfica e análise acadêmica atual In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 35, 2015, Fortaleza. Disponível

em < http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_206_221_27520.pdf>. Acesso em 30 de setembro de 2020.

SANTOS, Sara. 2014. Aplicação de métodos de previsão de demanda de um produto em uma indústria de alimentos do Paraná. Disponível em:

<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4401/1/MD_COENP_TCC_2014_2_16.pdf>. Acesso em 28. Maio. 2019.

SODRÉ, E. Vendas de carros caem em janeiro, que registra o pior resultado em 11 anos, 2017. Disponível em <<http://www1.folha.uol.com.br/sobretudo/rodas/2017/02/1854916-vendas-de-carros-caem-em-janeiro-que-registra-o-pior-resultado-em-11-anos.shtml>>. Acesso em 30 de setembro de 2019.

WANKE, Peter; JULIANELLI, Leonardo. 2011. Previsão de Vendas: Processos organizacionais e métodos quantitativos e qualitativos. 2° ed. São Paulo: Atlas 2011.

WILTGEN, Julia. Vale a pena comprar um carro novo neste fim de ano, 2014. Disponível em <<https://exame.abril.com.br/seu-dinheiro/vale-a-pena-comprar-um-carro-novo-neste-fim-de-ano/>>. Acesso em 30 de setembro de 2019.

Capítulo 43

AVALIAÇÃO DE RISCOS NA IMPLANTAÇÃO E MANUTENÇÃO DE REDES DE TELEFONIA: UM ESTUDO DE CASO APLICADO EM UMA EMPRESA DO CENTRO OESTE

[DOI: 10.37423/200501021](https://doi.org/10.37423/200501021)

Claudiane Nascimento DUARTE - claudianeduarte123@gmail.com

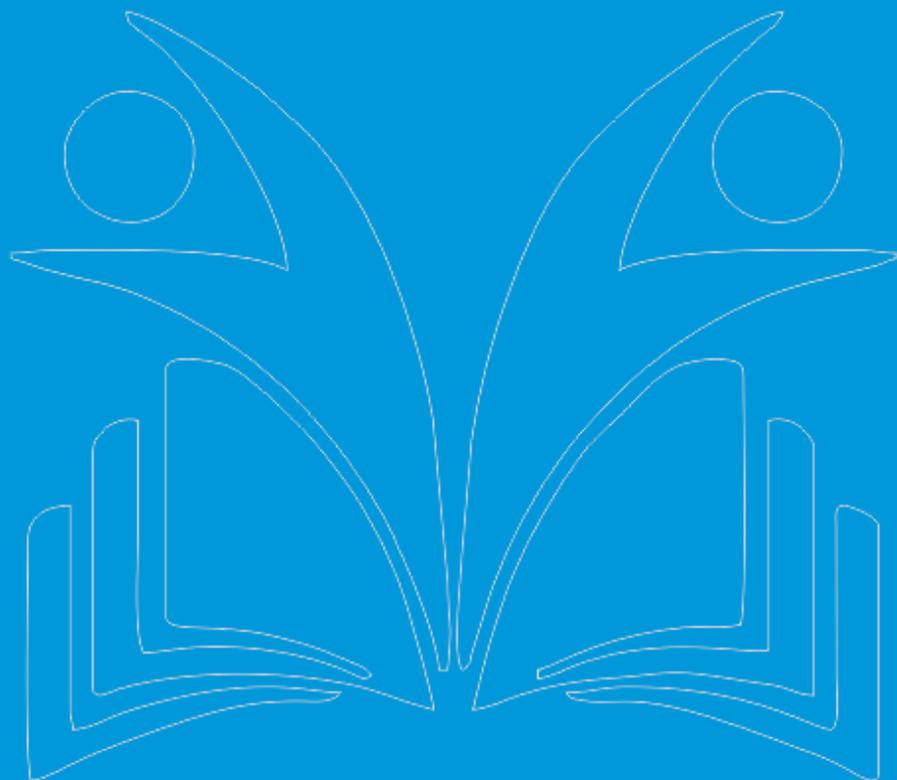
Sara Pereira SILVA - sara_pereira@windowslive.com

Juslander Ferreira ADRIANO - Juslander05@hotmail.com

Jussander Ferreira ADRIANO - jussander.ferreira@rede.ulbra.br

Mario Lopes de SOUZA - mariolopsouza@hotmail.com

Victor Hugo BERGAMO - victorhbergamo@hotmail.com



1. INTRODUÇÃO

As ofertas de voz e dados por parte das empresas de telecomunicações no Brasil apresentaram significativo aumento na última década. Segundo Febratel (2015) são 275 milhões de celulares, 225 milhões de acessos em banda larga, 44 milhões de telefones fixos, 19 milhões de TV por assinatura e ainda é capaz de gerar 500 mil empregos por todo o país. Em parte, isso se deve ao fato da população se tornar cada vez mais dependente desse tipo de comunicação, presente em dispositivos como laptops e, principalmente, smartphones.

A indústria e comércios são também setores que se tornaram altamente dependentes desse tipo de comunicação, pois armazenam e alimentam suas bases de dados conforme a disponibilidade da internet. É uma dependência que impulsiona ainda mais o crescimento e aprimoramento das empresas de telecomunicações que cada vez oferecendo mais sofisticação, praticidade e eficiência.

Dessa forma, há o conseqüente aumento na demanda pela infraestrutura necessária as redes de telecomunicações. Além de ser um trabalho altamente especializado, que requer conhecimentos avançados em tecnologias de redes de voz e dados, a instalação de infraestrutura requer também o trabalho em torres de telefonia, o que representa riscos ao trabalhador. Assim, o acompanhamento das normas de segurança faz-se necessário.

Ao exercer a função de instalação de torres de telecomunicação, o empregado se expõe a diversos riscos, sendo que um deles é o risco de queda. Conforme noticiado na revista Exame (2016), o trabalho em altura é responsável por cerca de 40% dos acidentes fatais. Por essa razão, os acidentes de trabalho nesta função constituem fator de preocupação para as empresas. Bernsdorf et al (2017), relata que alguns exemplos que são causados pela falta de treinamento adequado, isenção do uso de Equipamento de Proteção Individual (EPI), além da falta de exames médicos e psicológicos dos empregados.

Para que haja uma melhor efetividade na execução do trabalho em altura, foi criada a Norma Regulamentadora 35 (NR-35). Esta norma é dedicada ao estabelecimento de requisitos mínimos necessários ao trabalho em altura e envolve planejamento, organização e execução, tudo isso com o objetivo de garantir condições de saúde e segurança aos trabalhadores em altura envolvidos direta ou indiretamente com essa atividade (AMAZONAS, 2012).

No entanto, é possível presumir que as normas reguladoras relativas à segurança no trabalho nem sempre sejam cumpridas, hipótese corroborada pelo fato de que o índice de mortes registradas no ano de 2018 foi de 653 segundo estatísticas da Revista Cipa (2018). A intenção de toda empresa quando coloca seus colaboradores em campo é de que eles voltem com perfeita saúde para suas casas e para isso devem certificar de que todas as normas estão sendo rigorosamente cumpridas. Neste contexto, a seguinte indagação pode ser feita: estariam as empresas de telecomunicações localizadas na mesorregião do centro-oeste Goiano aplicando adequadamente a Norma Reguladora 35?

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo principal avaliar a aplicação da Norma Regulamentadora-35 por meio da análise das condições de trabalho em uma empresa de telecomunicações localizada na mesorregião do centro-oeste Goiano. Para tanto, os seguintes objetivos específicos deverão ser alcançados:

- Simular uma avaliação do cumprimento de regularidade da NR-35 em uma execução das atividades de trabalho em altura através de um check list visando sugerir adequações para a atividade.
- Descrever e analisar as condições de segurança no ambiente de trabalho, abordando os pontos relevantes para o atual estudo nas atividades que envolvem o trabalho em torres de telefonias, seus riscos envolvidos, as condições impeditivas, probabilidade de acidentes, perante as normas regulamentadoras de segurança
- Analisar se as recomendações das Medidas de Proteção Contra Quedas de Altura estão sendo praticadas.

Dessa maneira, será aplicado um check list em uma execução das atividades de trabalho em altura com o intuito de sugerir adequações para a atividade e relatar as recomendações das medidas de proteção contra acidentes

A escolha do tema do trabalho justifica-se pelo aumento significativo da população e avanços da tecnologia, que segundo Mendes (2013), levou a adaptar-se conforme a demanda do maior número de pessoas para um pequeno espaço territorial. Assim, foi elevada a demanda por trabalho em altura, tornando-se mais propício os acidentes por queda.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Acidentes envolvendo quedas de trabalhadores é uma das principais causas de acidentes de trabalho (EXAME, 2016). Os riscos ao se realizar um trabalho em altura envolvem inúmeros fatores em diferentes ramos de atividades em inúmeras tarefas.

Visando assegurar requisitos mínimos e as medidas de segurança de proteção para o trabalho em altura, a NR-35 considera como trabalho em altura toda atividade executada acima de 2 metros do nível inferior (SBRUZZI, 2002).

Mesmo com a norma em vigor desde 2013 conforme portaria SIT n.º 313, a quantidade de acidentes provenientes de trabalho em altura ainda é considerável. As consequências de tais situações vão desde leves ferimentos à óbito. A garantia da integridade dos colaboradores deveria ser a principal preocupação das empresas, pois podem resultar em prejuízos decorrentes de afastamentos do posto de trabalho a indenizações por danos e processos criminais em caso de falecimento, por exemplo.

A seguir será apresentada uma breve explicação a respeito de empresas de telecomunicação e serão analisadas as atividades normalmente realizadas por trabalhadores em torres de telefonia mostrando os riscos oferecidos. Também será abordado formas de se prevenir acidentes e quais são as diretrizes da NR-35.

2.1. EMPRESAS DE TELECOMUNICAÇÕES

Nos últimos tempos o aumento provedores de telecomunicações no Brasil, vem tendo um aumento significativo, pois a população se torna cada vez mais dependente deste meio de comunicação. O rápido crescimento desta rede do mercado de telecomunicações começou há pouco, no final da década de 80. O aumento do mercado de provedores de Internet no Brasil cresce ano a ano de forma acelerada.

O número de acessos à Internet de 2007 a 2018 no Brasil cresceu aproximadamente 276% com crescimento anual médio de 12,8% quase no mesmo ritmo do restante do mundo, de 13% (ANATEL, 2018). De acordo com ANATEL (2019), o uso de celulares soma 228,4 milhões aparelhos, 35,7 milhões de telefones fixos e 16,7 milhões de acessos de TV por assinatura. Com o crescimento acentuando nos acessos, proporcionalmente é preciso investir para atender essa demanda cada vez maior.

A transmissão da comunicação é efetuada por antenas e é emitida para outros repetidores dando continuação ao sinal. Porém, para que o sistema não seja interrompido Rothier (2017) cita que é necessário que esse sistema fique em considerável altura em relação ao solo. Para esta função utilizam-se as torres de telecomunicações. No entanto, as torres de telecomunicação que são utilizadas no Brasil apresentam características que dificultam o trabalho dos colaboradores.

Embora a segurança no trabalho seja primordial para inúmeras empresas segundo Marques (2014) ainda existem algumas organizações que trabalham no improviso colocando em risco a saúde e segurança do colaborador que executa sua função.

Uma política que deve ser adota por essas organizações é a de fornecer os Equipamentos de Proteção Individual (EPI) e cobrar a obrigatoriedade do uso e, além disso, fornecer os treinamentos adequados para execução da função. Um colaborador que preza pela sua própria segurança, além de proteger-se a si mesmo, protege também os companheiros.

Existem três tipos principais de estruturas de telecomunicação no Brasil, a Figura 1 representa as torres autoportantes, que podem chegar até 120 metros de altura; a Figura 2 representa as torres esteiadas, que são produzidas em aço ou liga leve, fixada com cabos no solo e podem chegar até 200 metros de altura e; por fim, a Figura 3 representa os postes, que são comuns no perímetro urbano e tem altura máxima de 60 metros (ROTHIER, 2017).

Nas torres representadas nas Figuras 1 e 2, após as instalações das mesmas, os trabalhos que são realizados normalmente são inspeções das condições da estrutura da torre e seus anexos como as antenas e quando necessário reparo em suas estruturas. Para isso são utilizados os EPIs, que serão detalhados no decorrer do trabalho.

No caso dos postes, além dos EPIs normalmente se usam escadas ou plataformas elevatórias para acesso ao local onde será realizado o trabalho. Além dos riscos de se trabalhar em altura, existe também o risco inerente ao equipamento utilizado para acesso ao local. Os trabalhos realizados podem variar desde manutenções preventivas e corretivas à instalação de novas linhas de telecomunicação através de cabos.



Figura 6 – Torre autoportante
Fonte: Schwertz (2019)



Figura 7 - Torre estaiada
Fonte: encurtador.com.br/ILMNS



Figura 8 – Poste
Fonte: encurtador.com.br/ajPZ0

2.2. NORMA REGULAMENTADORA-35

Como já discutido, é considerado trabalho em altura toda atividade que for executada acima de 2 metros do piso, onde exista o risco de queda, que pode ter consequências graves ou até mesmo fatais.

Em primeiro lugar, é fundamental observar quais são as atividades a serem cumpridas e como estão as condições do ambiente de trabalho, como a possibilidade de exposição a ventanias, chuvas, eventualidade de hipotermia. É recomendado o uso de barreiras para impedir a exposição, vestimentas adequadas, EPIs, EPCs¹ de acordo com o grau de cada operação.

A NR-35 determina quais são os requisitos mínimos e as medidas de proteção para executar o trabalho em altura, compreendendo a organização, o planejamento e sua e a garantia da saúde e segurança dos trabalhadores que estejam envolvidos de forma direta ou indireta com esta atividade.

No que tange às responsabilidades, cabe ao empregador garantir a implementação das medidas de proteção, assegurar a realização da Análise de Risco (AR), desenvolver procedimentos operacionais, assegurar a realização da avaliação previa das condições no local do trabalho em altura, garantir aos trabalhadores informações atualizadas sobre os riscos e medidas de controle, garantir que a realização dos trabalhos só se inicie após a

adoção das medidas de proteção, assegurar a organização e arquivamento da documentação, estabelecer uma sistemática de autorizações para realização dos trabalhos e assegurar a suspensão do serviço quando identificado uma condição de perigo (BRASIL, 2012).

Cabe ao trabalhador cumprir as disposições legais e procedimentos expedidos pelo empregador, colaborar com o empregador na implementação das disposições da norma, interromper suas atividades exercendo direito de recusa sempre que se sentir em risco grave e eminente para sua integridade física e zelar pela segurança e saúde das outras pessoas que possam ser afetadas por suas ações (BRASIL, 2012).

A maioria das eventualidades de acidente de trabalho em altura é decorrente do não atendimento de normas de saúde e segurança do trabalho, em especial a NR-35. Segundo consta na NR35, aqueles empregados que não acatarem a legislação trabalhista estarão sujeitos a multas que irão variar de acordo com o tipo de infração. A prevenção é fundamental nos ambientes de trabalho, e a NR-35 também trata desse assunto.

Entre as medidas previstas na norma regulamentadora citada acima, em resumo, estão as seguintes (BRASIL, 2012):

- I - Executar a Análise de Risco antes que a atividade tenha início;
- II - Proporcionar a realização de prévia avaliação das condições do local de trabalho para implementar e planejar as ações e medidas de segurança aplicáveis não contempladas no procedimento operacional e na análise de risco;
- III - Capacitar os trabalhadores por meio de treinamento periódico prático e teórico com carga mínima de 8 horas;
- IV - Interromper o trabalho caso ofereça condição de risco não prevista;
- V - Conceder equipe para respostas em caso de emergências para trabalho em altura com os recursos exigidos;
- VI - Avaliar o estado de saúde dos trabalhadores que exercem atividades em altura;
- VII – Fornecer e realizar inspeções nos equipamentos de Proteção Individual;
- VIII – Disponibilizar equipe para respostas em caso de emergência.

2.3. RISCOS E PERIGOS ASSOCIADOS A TORRES DE TELECOMUNICAÇÃO

Mesmo com a atual situação de crise econômica, que afetou diretamente as empresas no ramo de telecomunicação, ainda merece destaque, pois são essas empresas que mantêm o país conectado. Esse setor perceptivelmente envolve muita manutenção, mão de obra, onde os canteiros de obra possuem grandes riscos de acidente de trabalho, como: riscos físicos; biológicos, radiológicos, ergonômicos e de acidentes em altura.

A segurança do trabalho segundo, Albuquerque (2012), pode ser definida como a junção de medidas de proteção das quais são adotadas com intuito reduzir os riscos de acidentes de trabalho, doenças ocupacionais, protegendo a integridade e a capacidade de desempenho do trabalhador executante da atividade.

Se tratando de segurança no trabalho é importante pontuar a diferença entre risco e perigo, que é o conjunto dos fatores que podem provocar um acidente e o pode ser considerado a probabilidade de uma ocorrência do perigo multiplicada pela severidade daquele perigo. Estes dois conceitos são ilustrados na Figura 2. Já o dano é a consequência do perigo seja nas máquinas ou no homem (FIRETTI et al, 2013).

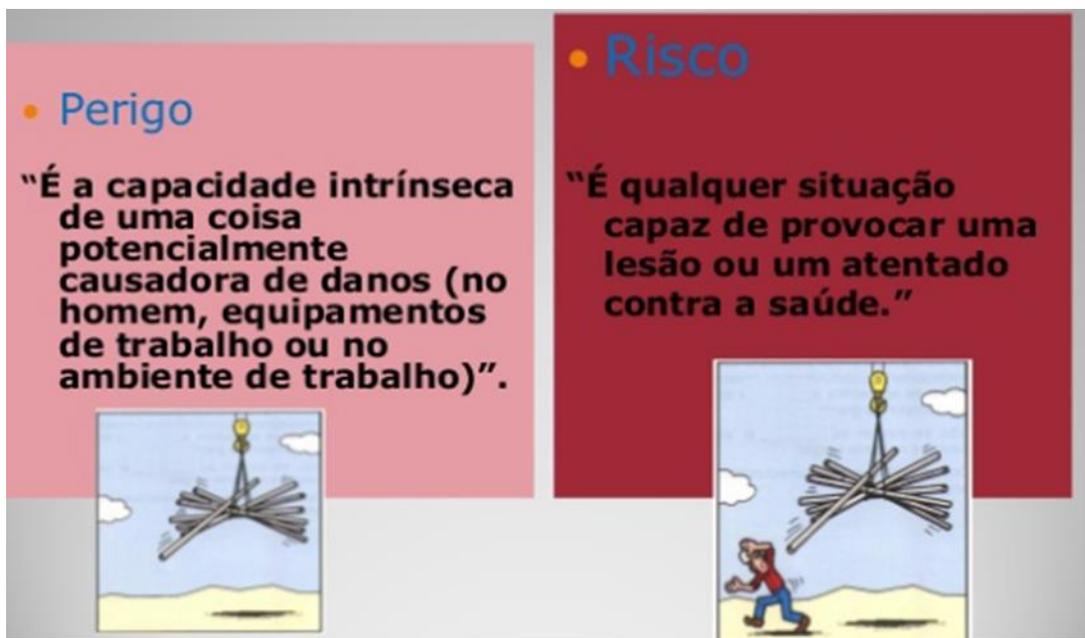


Figura 4 - Ilustração de Risco X Perigo

Fonte: Andrade (2013)

Os acidentes de trabalho provocados por quedas em altura segundo a Revista Proteção (2016) estão relacionados principalmente falta de capacitação dos trabalhadores

envolvidos na atividade, de proteções coletivas e procedimentos eficientes que minimizem os riscos envolvidos.

Para Moreira e Oliveira (2012), a segurança do trabalho visa eliminar ou reduzir as condições perigosas que contribuem para acidentes e doenças do trabalho, mas a área de telecomunicação nova e em constante transformação.

Para a segurança dos profissionais que realizam trabalhos em altura é importante que a empresa tenha uma preocupação e precaução redobrada nas atividades. Portanto, torna-se indispensável à aplicação da NR-35, tanto para a segurança da empresa, quanto à do profissional que atua na execução do trabalho. Nas partes técnicas do projeto de torres as medidas preventivas de segurança ficam restritas ao trabalhador que instala ou ao que realiza a manutenção nas antenas.

Outro ponto fundamental em qualquer análise de prevenção e investigação de acidentes de trabalho em altura é entender o que é considerado acidente de trabalho. A seguir estão algumas considerações encontradas na literatura e em órgãos governamentais sobre o que são considerados acidentes de trabalho.

2.3.1. O QUE É CONSIDERADO ACIDENTE DE TRABALHO

Os serviços de manutenção e instalação de torres de comunicação apresentam um grande risco de queda. Além do risco iminente é importante ressaltar que o resgate de um colaborador em atividades em torres de telecomunicação é dificultoso para os socorristas.

O conceito de acidente de trabalho de acordo com o artigo 19 da lei 8.213, de julho de 1991 é (TST, 2001, on-line):

Aquele que ocorre pelo exercício do trabalho a serviço da empresa ou pelo exercício do trabalho dos segurados especiais, provocando, direta ou indiretamente, lesão corporal, doença ou perturbação funcional que cause a morte, ou a perda ou redução, permanente ou temporária, da capacidade para o trabalho.

A incidência do acidente do trabalho ocorre em três hipóteses: quando ocorrer lesão corporal, quando ocorrer perturbação funcional ou quando ocorrer doença.

No que concerne a doenças, podem ocorrer em dois tipos: doença profissional, que é desencadeada pelo exercício do trabalho em determinada atividade e; doença do trabalho, que é desencadeada em função de condições especiais em que o trabalho é realizado e com ele se relacione diretamente e constante (BRASIL, 2016).

Como é inviável supor todas as hipóteses de doenças do trabalho, o artigo 21 da Lei nº 8.213/91 equipara ainda a acidente de trabalho:

I - O acidente ligado ao trabalho que, embora não tenha sido a causa única, haja contribuído diretamente para a morte do segurado, para redução ou perda da sua capacidade para o trabalho, ou produzido lesão que exija atenção médica para a sua recuperação;

II - O acidente sofrido pelo segurado no local e no horário do trabalho, em consequência de:

a) ato de agressão, sabotagem ou terrorismo praticado por terceiro ou companheiro de trabalho;

b) ofensa física intencional, inclusive de terceiro, por motivo de disputa relacionada ao trabalho;

c) ato de imprudência, de negligência ou de imperícia de terceiro ou de companheiro de trabalho;

d) ato de pessoa privada do uso da razão;

e) desabamento, inundação, incêndio e outros casos fortuitos ou decorrentes de força maior.

III - A doença proveniente de contaminação acidental do empregado no exercício de sua atividade;

IV - O acidente sofrido pelo segurado ainda que fora do local e horário de trabalho:

a) na execução de ordem ou na realização de serviço sob a autoridade da empresa;

b) na prestação espontânea de qualquer serviço à empresa para lhe evitar prejuízo ou proporcionar proveito;

c) em viagem a serviço da empresa, inclusive para estudo quando financiada por esta dentro de seus planos para melhor capacitação da mão-de-obra, independentemente do meio de locomoção utilizado, inclusive veículo de propriedade do segurado;

d) no percurso da residência para o local de trabalho ou deste para aquela, qualquer que seja o meio de locomoção, inclusive veículo de propriedade do segurado.

Mesmo em horários de refeição ou descanso, no local do trabalho o trabalhador é considerado no exercício do trabalho. Esses acidentes não causam repercussão apenas jurídica, nos acidentes menos graves que resultam em afastamento inferior a quinze dias, o

trabalhador deixa de contar com a mão de obra decorrente do acidente além de arcar com os custos econômicos relacionados ao empregado.

2.3.2. EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL

Segundo Roque (2011) as principais causas das quedas de altura são: perda de equilíbrio, passo em falso, escorregão, falta de proteção como guarda-corpo, falta do uso do cinto de segurança, falta de condição física e psicológica.

Como uma das formas de se minimizar os riscos ou amenizar os efeitos em caso de acidentes, diversas normas nacionais e internacionais tornam obrigatório o uso de vários dos EPIs apresentados a seguir. Em se tratando da NR-35, todos os equipamentos são estipulados como indispensáveis para realização de trabalhos em altura.

Na Figura 5 está a representação do Talabarte Simples, que basicamente é uma extensão do cinto constituído por uma fita e um ponto de ancoragem, o ideal é que essa ancoragem seja feita antes do trabalhador se expor a uma situação de perigo e a remova apenas quando estiver livre da mesma.

Mas nem sempre apenas um ponto de ancoragem seja o suficiente, o uso de Talabarte em Y (Figura 6) é obrigatório em trabalhos em andaimes devido ao alto risco de quedas durante a mobilidade na execução da tarefa. Com dois pontos de ancoramento garante maior segurança na execução do trabalho, pois sempre estará com pelo menos um ancoramento.

O Talabarte Ajustável, representado pela Figura 7, é na verdade um complemento para os talabartes simples ou em Y em situações em que o trabalhador precisa utilizar suas duas mãos para realização do trabalho. Depois de apoiar as duas pernas de forma segura, o talabarte ajustável se tornara o terceiro ponto de apoio para que a tarefa seja executada.

O trava-quedas atua em conjunto com os talabartes e o cinto de segurança em casos de necessidade de movimentação intensa. Trata-se do mesmo mecanismo dos cintos de segurança dos automóveis, que, em caso de movimento brusco o mecanismo irá travar.



Figura 9 - Talabartes simples
Fonte: encurtador.com.br/airs0



Figura 10 - Talabarte Y
Fonte: encurtador.com.br/rwEL5



Figura 11 - Talabarte ajustável (de posicionamento)
Fonte: encurtador.com.br/lsCU2



Figura 12 - Trava-quedas
Fonte: encurtador.com.br/zBFPT

O cinto de segurança tipo paraquedista (Figura 9) é o ponto de fixação dos talabartes e trava-quedas, contando com várias cintas que ficarão a cargo de segurar de forma distribuída o peso do trabalhador. O capacete com jugular (Figura 10) é necessário para proteger a cabeça do trabalhador contra queda de objetos superior a sua posição. A utilização da presilha jugular é necessária para garantir que o capacete irá permanecer no local correto.

As botinas de segurança (Figura 11) protegem os pés dos trabalhadores contra possíveis quedas de ferramentas durante a execução da tarefa. E com objetivo de proteger os olhos contra partículas nocivas, os óculos de segurança (Figura 12) são necessários também para evitar o excesso de claridade e proteção contra os raios solares.



Figura 13 - Cinto de segurança tipo paraquedista
Fonte: encurtador.com.br/bluE8



Figura 14 - Capacete com jugular
Fonte: encurtador.com.br/apsR7



Figura 15 - Botinas de Segurança
Fonte: encurtador.com.br/czB29



Figura 16 - Óculos de proteção
Fonte: encurtador.com.br/jE067

A responsabilidade de proteger as mãos contra produtos químicos e ferimentos provocados por agentes externos é incumbida às luvas. Existem diversos modelos de luvas com diversas aplicabilidades possíveis. Cabe ao responsável pela segurança analisar qual é a mais adequada de acordo com cada tarefa a ser executada.



Figura 13 - Luvas de segurança

Fonte: encurtador.com.br/cegVX

2.4 MÉTODOS DE PREVENÇÃO DE RISCO

A Gestão de Riscos tem assumido essencial participação em diferentes meios, especialmente porque é através desta que têm surgido instruções para redução e dos impactos causados pela perda dos seus bens, sejam materiais ou imateriais (BARBOZA, 2011).

O objetivo de uma gestão de riscos eficiente é prevenir acidentes de trabalho, que, conforme visto anteriormente, em resumo pode ser caracterizado como tudo aquilo que prejudicar a integridade do trabalhador, seja física, funcional ou psicológica.

A identificação dos riscos nos locais que serão executados os trabalhos e de suas causas e origens, constitui uma etapa fundamental. No entanto, a gestão de riscos vai muito além, trata-se da estimativa dos riscos que os perigos representam, elaboração e aplicação de medidas de proteção e/ou prevenção de riscos e sua avaliação de eficácia (MATOS, 2012).

A seguir serão detalhados três métodos de prevenção de risco. A escolha destes foi baseada em pesquisas de trabalhos semelhantes, clareza no método empregado e facilidade na aplicabilidade e utilização.

2.4.1 ANÁLISE DOS RISCOS (AR)

De acordo com a NR-35, antes de todo trabalho em altura deve ser realizado um procedimento de análise de risco, capaz de identificar potenciais acidentes e propor medidas para corrigi-los.

De acordo com Marques (2014, p. 52) “análise de risco é um método sistemático de exame e avaliação de todas as etapas e elementos de um determinado trabalho para desenvolver e racionalizar toda a sequência de operações”.

Ao se avaliar os riscos existentes nas operações de manutenção de torres de telecomunicações, é importante considerar todas as etapas do trabalho, identificando os riscos e propondo ações para minimizá-los. Nessa avaliação, devem ser considerados também as condições dos EPIs e o estado físico e mental do trabalhador que realizará a atividade.

Por exemplo, caso o trabalhador tenha desempenhado durante o dia tarefas em que foi exigido esforço físico intenso ou exaustão mental, a probabilidade de durante a execução do trabalho em altura ele não estar totalmente focado na tarefa existe, e isso pode resultar também em acidente.

Uma matriz de análise de risco possível de ser usada é baseada na norma americana MIL-STD-882E, adaptada e publicada no trabalho de Marques (2014), onde os riscos são classificados de acordo com o seu nível de significância que é obtido através da equação abaixo.

$$NS=G \times P \times R$$

Onde G é a estimativa de gravidade das consequências resultantes de um possível acidente, que pode ser obtido através da Tabela 1. A variável P representa a probabilidade de ocorrência do acidente, de acordo com a Tabela 2. E a variável R é resultante da repetitividade com que o trabalhador é exposto ao risco, de acordo com a Tabela 3 (MARQUES, 2014).

O resultado da equação NS pode ser comparado com a Tabela 4 onde é possível identificar o nível de significância do risco analisado. Tratando-se de uma análise subjetiva em que as variáveis G, P e R dependem do ponto de vista do responsável pela avaliação do risco em questão, é importante que essa tarefa seja realizada por um profissional competente e

treinado para tal, preferencialmente não ligado diretamente a questões como indicadores de desempenho do departamento responsável pela execução das tarefas.

A avaliação eficiente pode sofrer interferência negativa caso o responsável pela análise seja um trabalhador familiarizado com a atividade e, por estar acostumado com determinada situação, pode não dar a devida gravidade para algum risco encontrado.

Tabela 1 - Matriz de Gravidade

CATEGORIA	GRAVIDADE	CARACTERÍSTICAS
1	Desprezível	Não resulta em danos ou resulta em danos insignificantes a equipamentos, propriedades e meio ambiente; Não ocorrem lesões ou mortes de trabalhadores nem de terceiros (incluindo a comunidade).
2	Marginal	Danos leves a equipamentos, propriedades ou meio ambiente, sendo, porém controláveis e de baixo custo de reparo; Lesões leves em trabalhadores ou terceiros (incluindo a comunidade).
3	Crítica	Danos severos a equipamentos, propriedades ou meio ambiente, permitindo proceder à parada ordenada do sistema; Lesões de gravidade moderada em trabalhadores ou terceiros (incluindo a comunidade); Exige ações corretivas imediatas para evitar seu desdobramento catastrófico.
4	Catastrófica	Danos irreparáveis a equipamentos, propriedades ou meio ambiente, levando à parada desordenada do sistema, implicando em reparação impossível ou lenta e de altíssimo custo; Provoca mortes ou lesões graves em trabalhadores ou terceiros (incluindo a comunidade).

Fonte: Marques (2014).

Tabela 2 - Matriz de Probabilidade

CATEGORIA	PROBABILIDADE	CARACTERÍSTICAS
1	Rara	Ocorrência não esperada atendendo às práticas instituídas e ao histórico de acidentes dos últimos 5 anos no setor de telecomunicações
2	Improvável	Remota com baixa probabilidade de ocorrência atendendo às práticas instituídas e ao histórico de acidentes dos últimos 5 anos no setor de telecomunicações
3	Possível	Pode ocorrer atendendo às práticas instituídas e ao histórico de acidentes dos últimos 5 anos no setor de telecomunicações.
4	Provável	Provável atendendo às práticas instituídas e ao histórico de acidentes dos últimos 5 anos no setor de telecomunicações.
5	Certa	Muito provável atendendo às práticas instituídas e ao histórico de acidentes dos últimos 5 anos no setor de telecomunicações.

Fonte: Pinto (2005).

Tabela 3 - Matriz de Repetitividade

CATEGORIA	REPETITIVIDADE	CARACTERÍSTICAS
3	Alta	Tarefa executada pelo menos uma vez em cada jornada diária de trabalho.
2	Média	Tarefa executada pelo menos uma vez em cada jornada semanal de trabalho.
1	Baixa	Tarefa executada ocasionalmente (com frequência inferior a uma vez por semana).

Fonte: Pinto (2005).

Tabela 4 - Níveis de Significância

NÍVEL	CRITÉRIO	RESULTADO
3	MUITO SIGNIFICATIVO (MS)	> 15
2	SIGNIFICATIVO (S)	10 - 15
1	ACEITÁVEL (A)	< 10

Fonte: Pinto (2005).

2.4.2. MÉTODO DE WILLIAM T. FINE

O método de William T. Fine (WTF), publicado em 1971, é um método muito utilizado para a identificação de perigos, avaliação, priorização e controle de riscos associados às

atividades. Seu objetivo é determinar uma tolerância dos riscos identificados em uma realidade específica (FINE, 1971 apud SECO, 2015).

Esse método possibilita estimar os riscos reconhecidos no local de trabalho seguindo três fatores: Fator Consequência (Fc), Fator Exposição (Fe) e Fator Probabilidade (Fp), aplicados a uma matriz pela qual corresponde essas três variáveis em função de seis níveis de resultados possíveis (SECO, 2015).

O Fator Probabilidade (Fp) corresponde a possibilidade de acontecimentos de um acidente decorrente de uma situação de risco, o Fator Exposição (Fe) se dá pela frequência com que o trabalhador fica exposto a determinado risco e o Fator Consequência (Fc) é definido como o dano provável resultado da exposição ao perigo (SECO, 2015).

O método WTF é utilizado, principalmente, para analisar a magnitude dos riscos e verificar a viabilidade das medidas de implementação. Dessa forma poderão ser tomadas decisões tais como, se a execução da tarefa poderá seguir adiante ou se será necessário ainda mais medidas de minimização de riscos (BATALHA, 2012).

Nos quadros 1, 2 e 3 são apresentadas as escalas que ponderam cada um dos fatores desse método. Mas, sempre que necessário pode-se utilizar valores diferentes dos estabelecidos quando a situação em questão não se encaixe em nenhum dos níveis propostos (SECO, 2015).

Quadro 3 - Fator Consequência (Fc)

Fator	Classificação	Descrição	Valor
Consequência Resultado mais provável em caso de ocorrência de acidente de trabalho	Catastrófica	Acidente com muitas vítimas mortais	100
	Morte	Acidente com possibilidade de mais de 1 morto	20
	Morte	Acidente mortal	25
	Lesões graves	Incapacidade permanente / Amputação	15
	Lesões com baixa	Incapacidade temporária	5
	Pequenos ferimentos	Lesões ligeiras (contusões, golpes, entre outros)	1

Fonte: Adaptado de Fine (1971) *apud* Seco (2015).

Quadro 4 - Fator Exposição (Fe)

Fator	Classificação	Descrição	Valor
Frequência com que o trabalhador está exposto ao risco	Contínua	Trabalho diário superior a 6 horas	10
	Frequente	Trabalho diário entre 4 a 6 horas	6
	Ocasional	Trabalho diário entre 2 a 4 horas	5
	Irregular	Trabalho diário entre 1 e 2 horas	4
	Rara	Excecionalmente, mas com frequência m	1
	Pouco provável	Normalmente não e executado	0,5

Fonte: Adaptado de Fine (1971) *apud* Seco (2015).

Quadro 5 - Fator Probabilidade (Fp)

Fator	Classificação	Descrição	Valor
Probabilidade da presença de fatores de risco que provoquem danos	Muito provável	Acidente com resultado mais provável e esperado se a situação de risco ocorrer	10
	Possível	É muito possível que ocorra. Probabilidade de 50%	6
	Raro	Acidente com incidência rara. Probabilidade de 10%	3
	Repetição improvável	Já aconteceu mas com incidência remotamente possível. Probabilidade de 1%	4
	Nunca aconteceu	Acidente com incidência extremamente remota	0,5
	Praticamente impossível	Nunca aconteceu em muitos anos de exposição	0,1

Fonte: Adaptado de Fine (1971) *apud* Seco (2015).

A Magnitude do Risco (R), ou Grau de Perigosidade, é calculada através da multiplicação das três variáveis, seguindo a equação abaixo (FINE, 1971 *apud* SECO, 2015):

$$R = Fc \times Fe \times Fp$$

A escala do método WTF varia entre 0,05 (situação ótima) e 10.000 (situação péssima), onde o resultado está subdividido em cinco categorias que classificarão o risco associado. Ver quadro a seguir.

Quadro 6 - Índice de Risco

Índice de Risco	Classificação	Ação Requerida	Valor
Maior ou igual a 400	Crítico	Suspender a atividade até correção dos riscos	5
Entre 200 e 399	Elevado	Implementar medidas para correção imediata dos riscos	4
Entre 70 e 199	Moderado	Corrigir os riscos	3
Entre 20 e 69	Baixo	Pode-se reduzir os riscos através de medidas administrativas	2
Menor que 20	Muito baixo	Não requer intervenção	1

Fonte: Adaptado de Seco (2015).

O parâmetro Justificação das Medidas a Implementar (J) utiliza a relação de custo-benefício transcrita pela equação a seguir sendo que: *fc* representa o Fator Custo (previsão de custo da intervenção) e *gc* representa o Grau de Correção (o nível que se espera reduzir frente a Magnitude do Risco com a implementação das medidas) (FINE, 1971 *apud* SECO, 2015):

$$J = \frac{R}{fc \times gc}$$

A determinação das variáveis *fc* e *gc* são realizadas baseado nos quadros 5 e 6, disponíveis a seguir.

Quadro 7 - Fator Custo (Fc)

Fator Custo	
10	Maior que 11.321
6	Entre 5.659 e 11.320
4	Entre 3.054 e 5.658
3	Entre 1.514 e 3.053
2	Entre 676 e 1.513
1	Entre 340 e 675
0,5	Menor que 339

Fonte: Adaptado de Seco (2015).

Quadro 8 - Grau de Correção

Grau de Correção	
1	Risco completamente eliminado
2	Risco reduzido em 75%
3	Risco reduzido entre 50 e 74%
4	Risco reduzido entre 25 e 49%
5	Ligeiro efeito sobre o risco

Fonte: Adaptado de Seco (2015).

Depois de calculado o fator J, a interpretação de seu resultado baseia-se nos índices representados no quadro abaixo.

Quadro 9 - Índice de Justificação (J)

Índice de Justificação (J)	Grau de Atuação
Maior ou igual a 20	Suspender de imediato a atividade perigosa
Entre 10 e 19	Corrigir de imediato
Menor ou igual a 9	Corrigir urgentemente

Fonte: Adaptado de Seco (2015).

As medidas de mitigação de riscos devem ser implementadas, preferencialmente, atuando no nível coletivo (isolado o risco e criando mecanismos de proteção como barreiras) e apenas depois partir para a utilização de EPCs e EPIs para os riscos que não forem possíveis de se minimizar ou extinguir (BATALHA, 2012).

1.1.1 FMEA

O método de Análise de Modo e Efeitos da Falha (FMEA – *Failure Mode and Effects Analysis*) surgiu decorrente de um procedimento militar norte-americano em 1949. Esse procedimento tinha como objetivo encontrar falhas e seus efeitos em sistemas e equipamentos. Mais tarde, na década de 60, esse modelo foi aplicado também na indústria aeroespacial sendo inserido num procedimento focado nos testes e melhoramento de programas espaciais (SANTOS, 2008; CRUZ, 2009).

Santos (2008) explica que a ferramenta pode ser descrita como uma junção de atividades sistemáticas com objetivo de reconhecer e avaliar falhas em potencial no produto ou processo, sugerir ações que podem reduzir ou eliminar o potencial de falha e, documentar o processo de análise.

A gama de aplicações dessa ferramenta vem se amplificando cada vez mais, utilização em indústrias automotivas, farmacêuticas e até mesmo hospitalar podem ser facilmente encontradas. No setor de automóveis, a aplicação do FMEA ocorre em toda cadeia produtiva durante o desenvolvimento de novos produtos e alterações de engenharia, objetivando inovar os processos, reduzir custos e prevenir falhas (CRUZ, 2009).

A metodologia *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) segue os princípios da gestão da qualidade total e é um processo que visa identificar e minimizar os riscos de um produto ou serviço com a possibilidade de predição de possíveis falhas. Dessa forma, a ferramenta deve ser utilizada “antes do evento” e não “após o fato” (SANTOS, 2011).

Soares (2015), em seu trabalho, relata diversas aplicações do FMEA tais como na medicina, áreas das energias, engenharia civil e alimentício. No entanto, de acordo com o autor, não existe consenso quanto aos vários tipos de FMEA e que sua caracterização depende do objetivo de estudo, mas é possível definir dois tipos como os principais: FMEA de produto e FMEA de processo.

A primeira ação quanto a implementação é a definição do responsável pelo projeto e a equipe de trabalho que, de preferência, sejam pessoas com experiência no processo que será analisado. O FMEA de processo parte da elaboração de um fluxograma que vai permitir melhor visualização de riscos associados a cada operação (CRUZ, 2009).

A implementação do FMEA inicia-se, de fato, seguindo os 22 passos propostos por Moura (2000) através do preenchimento do formulário conforme apresentado na Figura 14. O preenchimento deverá ser realizado pela equipe responsável e permitirá identificar, controlar e eliminar os erros e falhas no processo.

Sistema			Número		(1)	
Subsistema			Página			
Componente	(2)		Responsável pelo Projeto		(3)	
Produto	(5)		Data Chave		(6)	
Equipa	(8)		Data FMEA (Início)		(7) (Revisão)	

Item/ Função	Modo de Falha Potencial	Efeito (s) Potencial (is) da Falha	Classif. de severidade (13)	Causa (s) e Mecanismo (s) Potencial (is) da Falha	Ocorrência	Controlos atuais do projeto	Detectabilidade (17)	NPR (18)	Ações recomendadas	Responsável e prazo	Resultado das ações (22)			
											Ações tomadas	Severidade	Ocorrência	Detectabilidade
(9)	(10)	(11)	(12)	(14)		(16)			(19)	(20)				

Figura 17 - Exemplo de estrutura de preenchimento do FMEA

Fonte: Cruz (2009).

No item 1 da figura, deve-se inserir um número para cada formulário capaz de prover um controle de rastreabilidade. Os itens 3, 4, 6, 7 e 8 são relacionados às características fundamentais da avaliação como datas, responsáveis, equipe e empresas envolvidas. Os itens 2 e 5 são relacionados ao processo objeto de estudo.

No item 9 (“Item/Função”) é recomendado a utilização de técnicas qualitativas como *brainstorming*, conhecido como chuva de idéias, esse método ajuda com a identificação de todos os processos e o objetivo de cada um deles separadamente. Podendo ser dividido em blocos por processos e subprocessos a fim de identificar cada possível falha separadamente (SANTOS, 2011).

No item 10 deve-se definir o potencial de falha do processo mesmo que possa nunca ocorrer. Por isso, é importante consultar históricos de acontecimentos e relatos em atividades semelhantes na mesma empresa ou em outras (SOARES, 2015).

No item 11 são preenchido os efeitos resultantes das falhas identificadas, por exemplo, interrupção da transmissão de dados e quaisquer outras características que não estiverem funcionando corretamente. Uma forma de se preencher esse campo é através de análises históricas de falhas. Os efeitos de falhas típicas podem ser operação intermitente, operação prejudicada, inoperância, operação defeituosa etc. (MOURA, 2000).

A severidade (S), preenchida no item 12, corresponde a avaliação dos impactos negativos provenientes das falhas em potencial. Sendo aplicada somente ao efeito e nesse índice (S) deve-se utilizar uma escala de 1 a 10 de acordo com o Quadro 8 (MOURA, 2000).

O campo 13 não tem seu preenchimento obrigatório e pode ser usado para classificar quaisquer características em especial que necessitem de controles adicionais. Exemplos de classificações são: crítica, chave, maior e significativa).

Quadro 10 - Índice de Gravidade

Efeito	Critério: Severidade do Efeito	Índice de Severidade
Perigoso sem aviso prévio	Índice de severidade muito alto quando o modo de falha potencial afeta a segurança na operação do veículo e/ou envolve não conformidade com a legislação governamental sem aviso prévio	10
Perigoso com aviso prévio	Índice de severidade muito alto quando o modo de falha potencial afeta a segurança na operação do veículo e/ou envolve não conformidade com a legislação governamental com aviso prévio	9
Muito alto	Veículo/item inoperável, com perda das funções primárias.	8
Alto	Veículo/item operável, mas com nível de desempenho reduzido. Cliente insatisfeito.	7
Moderado	Veículo/item operável, mas com item(s) de Conforto/conveniência inoperável (is). Cliente sente desconforto.	6
Baixo	Veículo/item operável, mas com item(s) de Conforto/conveniência operável (is) com nível de desempenho reduzido. Cliente sente alguma insatisfação.	5
Muito baixo	Itens: Forma e Acabamento/Chiado e Barulho não conforme. Defeito notado pela maioria dos clientes.	4
Menor	Itens: Forma e Acabamento/Chiado e Barulho não conforme. Defeito notado pela média dos clientes.	3

Muito menor	Itens: Forma e Acabamento/Chiado e Barulho não conforme. Defeito notado por clientes acurados.	2
Nenhum	Sem efeito	1

Fonte: Moura (2000).

O item 14, causas e mecanismos potenciais de falhas, é a causa que deu origem ao modo de falha. Para determinar as causas, a equipe do projeto pode, por exemplo, utilizar o diagrama de causa e efeito para ajudar na percepção das origens das causas das respectivas falhas (CRUZ, 2009).

A ocorrência (O) é determinada pela probabilidade dessa falha acontecer. Para esse efeito existe o quadro 9 a seguir como referência. A utilização de bases históricas e estudos estáticos são de grande importância nessa etapa, no entanto, algumas situações merecem atenção como em casos de novos processos, mudança no procedimento, mudança de equipamentos etc.

Quadro 11 - Ocorrência de Falha

Probabilidade de falha	Taxas de falha possíveis	Índice de Ocorrência
Muito alta: Falha quase inevitável	≥ 1 em 2	10
	1 em 3	9
Alta: Falhas frequentes	1 em 8	8
	1 em 20	7
Moderada: falhas ocasionais	1 em 80	6
	1 em 400	5
Baixa: Poucas falhas	1 em 2.000	4
	1 em 15.000	3
Remota: Falha é improvável	1 em 150.000	2
	≤ 1 em 1.500.000	1

Fonte: Moura (2000).

O item 16 consiste na identificação de medidas existentes que possam prevenir ou minimizar a ocorrência da falha. Moura (2000) sugere que as medidas de prevenção devem ter como objetivo a redução do índice de ocorrência (O) e que as medidas possibilitem a detecção das causas e modos das falhas como forma de prevenir o impacto dos seus efeitos no processo.

A detecção da causa (D) consiste no preenchimento do campo baseado no Quadro 10, que por sua vez, avalia o quão eficaz são as medidas de controle na identificação das falhas em potencial (SOARES, 2015).

Quadro 12 - Índice de Detecção

Detecção	Critério (Probabilidade de Detecção pelo Controle de Projeto/Processo)	Índice de Detecção
Quase impossível	Não existe controle disponível para detectar o modo de falha.	10
Muito remota	Probabilidade muito remota de que o controle atual irá detectar o modo de falha.	9
Remota	Probabilidade remota de que o controle atual irá detectar o modo de falha.	8
Muito baixa	Probabilidade muito baixa de que o controle atual irá detectar o modo de falha.	7
Baixa	Probabilidade baixa de que o controle atual irá detectar o modo de falha.	6
Moderada	Probabilidade moderada de que o controle de projeto irá detectar um casual mecanismo potencial e subsequente modo de falha.	5
Moderadamente alta	Probabilidade moderadamente alta de que o controle atual irá detectar o modo de falha.	4
Alta	Probabilidade alta de que o controle atual irá detectar o modo de falha.	3
Muito alta	Probabilidade muito alta de que o controle irá detectar o modo de falha.	2
Quase certamente	Controle atual quase certamente irá detectar o modo de falha. A confiança nos controles de detecção é conhecida em processos similares.	1

Fonte: Moura (2000).

O item 18 corresponde ao número prioritário de risco (NPR), que é definido pelo produto dos índices severidade (S), ocorrência (O) e detecção (D). Conforme equação abaixo.

$$NPR=(S)\times(O)\times(D)$$

O índice NPR deve ser utilizado para priorizar as deficiências do processo sendo utilizado, por exemplo, no Diagrama de Pareto. O NPR pode variar entre 1 e 1000 e quanto maior o NPR, maior deve ser o esforço em minimizar os riscos inerentes ao processo. Mas de modo geral, deve ser dada atenção especial quando a severidade é alta independente do resultado NPR (MOURA, 2000).

Após a avaliação e classificação dos modos de falhas e do resultado expressado através da

equação NPR, no item 19 deve ser descrito as medidas que serão implementadas para redução dos índices. Na literatura não há um nível NPR definido como intolerável para medir a criticidade do modo de falhas de um processo, no entanto, de forma consensual valores acima de 100 sejam considerados como prioridade e a partir de 150 como pontos para avaliação mais crítica dos fatores (SANTOS, 2011).

E por fim, o item 20 corresponde ao preenchimento do responsável e prazo de implementação, o item 21 deve ser preenchido após a implementação das correções com uma breve descrição e data de implementação e, no item 22 estima-se novamente um índice NPR que nesse ponto deve ser inferior ao índice obtido inicialmente (SOARES, 2015).

2.5 TRABALHOS RELACIONADOS

A relevância do tema pode ser observada em diversos trabalhos científicos publicados recentemente. Amante e Silva (2017), em seu trabalho denominado como “Trabalho em Altura na Construção Civil: Benefícios e Dificuldades de Implantação das NR 18 e 35 na Grande Florianópolis/Sc” menciona a importância da NR-35, reforçando seus benefícios na construção civil. Foi realizada uma pesquisa em quatro construtoras da região da Grande Florianópolis. Com o intuito de analisar os riscos oferecidos, verificando se as normas de segurança estão sendo seguidas corretamente e descrever as recomendações da NR-35.

Quanto aos procedimentos metodológicos, a pesquisa se caracteriza como um estudo de caso foi utilizado o método de pesquisa de cunho qualitativo, com questões abertas que foram aplicados ao profissional (Técnico de Segurança do Trabalho ou Engenheiro de Segurança do Trabalho) que compõe o SESMT das empresas. Os resultados foram obtidos através de perguntas, seguidos de orientação, através de questionários e check list, onde foram propostas diversas medidas de proteção.

Valpecovski (2014), em seu trabalho, analisa as atividades realizadas por trabalhadores de telecomunicações voltados para a região de Curitiba. Tem como objetivo propor medidas para melhorar a segurança no trabalho de implantação e de manutenção de redes de fibra óptica na cidade de Curitiba/PR, verificando e avaliando os riscos inerentes à atividade. O método adotado para a pesquisa foi a revisão bibliográfica com pesquisa das normas de segurança.

Os resultados foram obtidos através de estudos, onde, foram colocados aspectos legais

como a aplicação de multas contratuais nos casos em que as empresas não estiverem atendendo as NR's que abrangem o trabalho em questão. Também foi identificada a falta de equipamentos e maquinários, como plataformas elevatórias, por exemplo. Essas são ações que promoverão o conforto e a segurança aos trabalhadores.

No trabalho intitulado “Análise da Segurança no Trabalho em Torres de Telefonia: Uma Abordagem Resiliente”, Marques (2014) respalda a importância do uso dos EPIs e o quanto a utilização deles reduz o índice de acidentes em trabalhos realizados em altura. A dissertação foi fundamentada em pesquisa bibliográfica (livros, revistas e sites), coleta de dados através de entrevistas em campo e análise crítica das atividades desenvolvidas no segmento em referência. Tendo como proposta de estudo, um questionário para entrevistas com os trabalhadores em campo com o intuito de apresentar elementos suficientes, para amenizar os riscos de acidentes no trabalho em altura.

Este trabalho está organizado em seis capítulos. Além da Introdução (Capítulo 1); há também o Referencial Teórico (Capítulo 2), onde está a fundamentação teórica para o desenvolvimento do trabalho; Metodologia (Capítulo 3), descrevendo o procedimento que foi utilizado para seu desenvolvimento; Estudo de Caso (Capítulo 4), onde está descrito o fluxo de trabalho da empresa, da realização dos trabalhos em altura e os riscos que foram observados nesse processo; Resultados e Discussões (Capítulo 5), estão as propostas de minimização dos riscos identificados; Conclusão (Capítulo 6), sugestões de continuidade e comentários finais sobre o trabalho e por fim, as Referências utilizadas no trabalho e Apêndices cotendo os materiais de controle sugerido para apoio na administração dos riscos.

3. METODOLOGIA

A abordagem da pesquisa se caracteriza como qualitativa, pois conforme Gerhardt e Silveira (2009) este tipo de pesquisa busca explicar de forma textual o porquê das coisas acontecerem e não necessitam de quantificar e nem provar os fatos. Ainda segundo os autores esta pesquisa tem como características abordar o que objetivou o fenômeno acontecer, a hierarquia da descrição, compreensão, explicação e precisão ao relacionar os fatos. Além disso, uma pesquisa qualitativa busca de resultados os mais confiáveis possíveis.

Quanto à natureza, esta pesquisa se caracteriza como aplicada, pois conforme Gil (2007) gera conhecimentos para ser aplicados de forma prática visando à solução de problemas específicos.

A pesquisa também se caracteriza como exploratória, pois segundo Gil (2007) necessita de levantamento bibliográfico, entrevista com executantes de uma determinada função da qual é analisada e análise de outros exemplos que agregam na compreensão da pesquisa.

O procedimento utilizado para execução da pesquisa foi o de estudo de caso, pois segundo Fonseca (2002, p.33):

Procura compreender como é o mundo do ponto de vista dos participantes, ou uma perspectiva pragmática, que visa simplesmente apresentar uma perspectiva global, tanto quanto possível completa e coerente, do objeto de estudo do ponto de vista do investigador.

Inicialmente para execução da pesquisa foi analisada a operação dos colaboradores que trabalham na manutenção e comissionamento das torres de telecomunicação com um estudo de campo feito pela própria autora. A partir desta análise foi possível identificar que por executarem trabalho em alturas acima de 2 metros são necessárias adequações dos postos de trabalho e cumprimento da norma regulamentadora – 35.

A problemática da pesquisa parte pela isenção do uso dos EPI's e não adequação do posto de trabalho quando estes são realizados em altura. Com intuito de ter um melhor embasamento da pesquisa, a autora aplicou um questionário visando coletar e aumentar a assertividade das informações possibilitando que a tomada de decisão para mitigação dos perigos fosse a mais assertiva possível.

A coleta de dados conforme supracitado, foi feita a partir do estudo de caso feito pela própria autora do trabalho que acompanhou a execução das atividades durante um dia. Em uma empresa de telecomunicação situada no Centro-Oeste. Posterior à análise de campo e a aplicação do questionário, a autora elaborou um check list com intuito de juntar as informações do questionário e elevar as chances de padronizar o posto de trabalho eliminando riscos e automaticamente garantindo a saúde e segurança do colaborador.

4. ESTUDO DE CASO

4.1 SOBRE A EMPRESA

A empresa objeto de estudo foi fundada a mais de nove anos na cidade de Itumbiara-GO com o objetivo de fornecer serviços de transmissão de internet banda larga, fibra ótica e via rádio com qualidade e economia.

O investimento em inovação tecnológica e abrangência de mercado faz parte da estratégia principal da empresa que atualmente, já atende dezenas de regiões e municípios goianos e mineiros, dentre as quais: Acreúna, Araporã, Bom Jesus de Goiás, Castelândia, Centralina, Edealina, Edéia, Goiatuba, Gouvelândia, Ituiutaba, Joviânia, Limeira do Oeste, Maurilândia, Morrinhos, Panamá, Porteirão, Quirinópolis, Rio Verde, Santa Helena de Goiás, Santa Vitória, São Simão e varias outras.

Atualmente a empresa conta com mais de 14 filiais e emprega aproximadamente 70 funcionários, colaborando ativamente na economia regional e com parcela significativa da transmissão de Internet nas regiões do interior do estado de Goiás.

4.2 FLUXO DO TRABALHO

A execução dos trabalhos dependerá do propósito ao qual houve a necessidade. De modo simplificado, e por política de sigilo de informação da empresa, o fluxo operacional é seguido baseado no exemplo representado na Figura 15, que é uma simplificação do fluxo operacional real.

A necessidade de se realizar trabalhos em altura pode surgir a partir de duas frentes: reclamações por parte de clientes ou planejamento estratégico da empresa. Quando há reclamações de clientes, sejam pessoas físicas ou jurídicas, o primeiro contato é através do suporte técnico por telefonema. Levantamentos realizados apontam que aproximadamente 68% das ligações podem ser resolvidos através dessa modalidade de atendimento.

No entanto, caso o problema não tenha sido resolvido, é agendada a visita técnica que em primeiro momento irá avaliar o problema e, caso for possível, resolver no local. Mas caso for constatado problemas maiores, por exemplo, cabos rompidos, equipamentos queimados, necessidade de realinhamento das antenas, reparos elétricos e etc., é gerado

uma Ordem de Serviço (OS) que será encaminhada para os responsáveis pela manutenção que posteriormente munido dos equipamentos necessários irá atender a OS.

E a segunda frente onde resulta na necessidade de operações em altura é através do planejamento estratégico da empresa. Nesse ponto é realizada a programação de manutenção preditiva e preventiva das antenas da empresa de acordo com recomendações dos fabricantes, descritivos das manutenções anteriores e dados históricos inerentes a falhas dos equipamentos. Ou senão, partindo do plano de expansão de cobertura de transmissão onde resulta na necessidade de se instalar novas antenas.

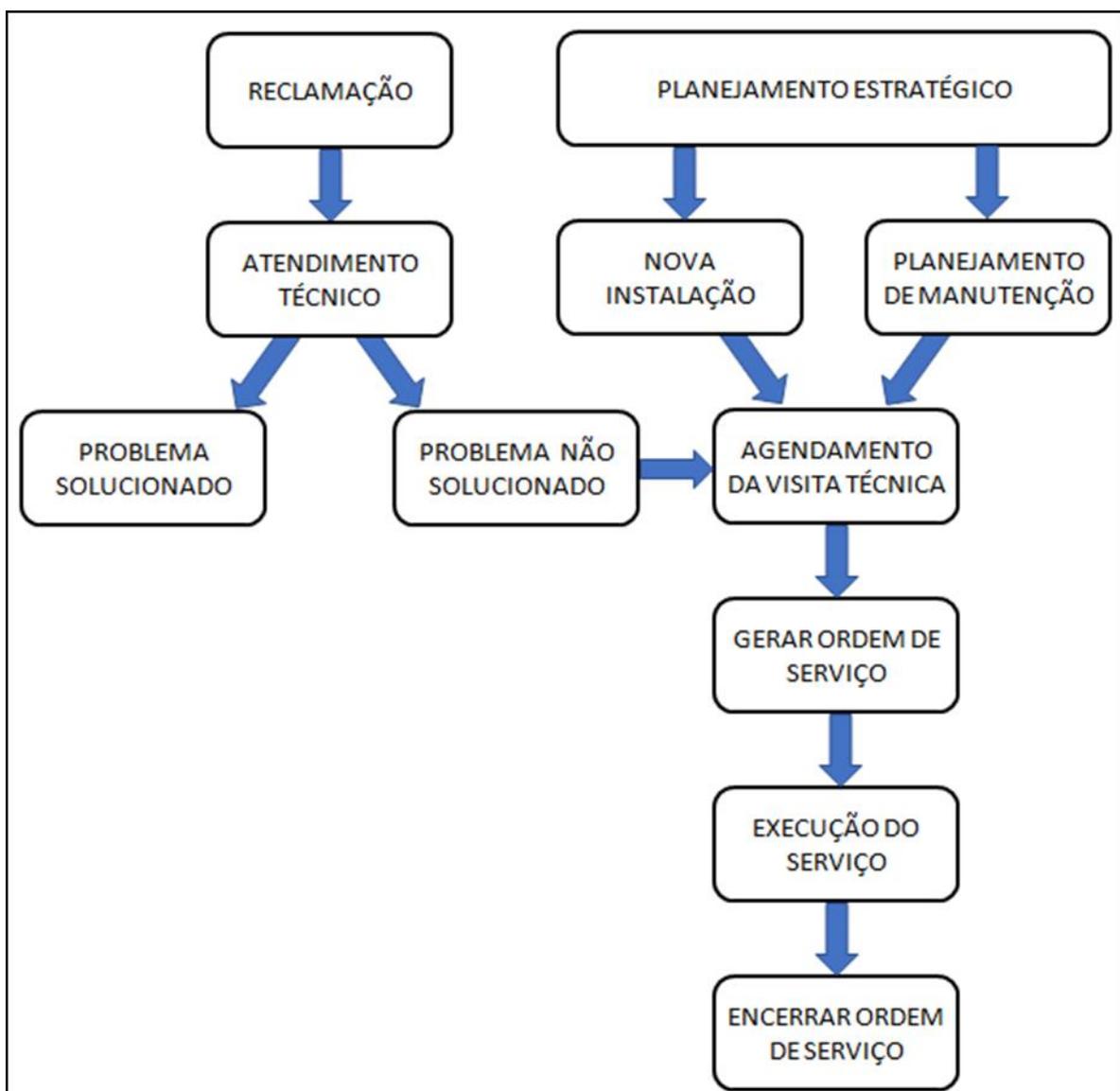


Figura 15 - Fluxograma Operacional

Fonte: elaboração própria.

De qualquer forma, sempre resultará no ponto em comum: agendamento da visita, abertura das OSs, execução do serviço e encerramento das OSs. Para constatação dos riscos

envolvidos, houve o acompanhamento da instalação de uma antena, manutenção de outra antena e manutenção no banco de cargas do sistema, visto que as antenas são alimentadas por um sistema de baterias. Nas próximas duas páginas estão registros fotográficos das visitas mencionadas e logo em seguida alguns comentários a respeito.



Figura 18 - Fundação torre.
Fonte: elaboração própria.



Figura 19 - Soldas na fundação.
Fonte: elaboração própria.



Figura 20 - Operação com guindaste.
Fonte: elaboração própria.



Figura 21 - Torre instalada.
Fonte: elaboração própria.



Figura 22 - Local de acesso.
Fonte: elaboração própria.



Figura 23 - Simulação de trabalho.
Fonte: elaboração própria.

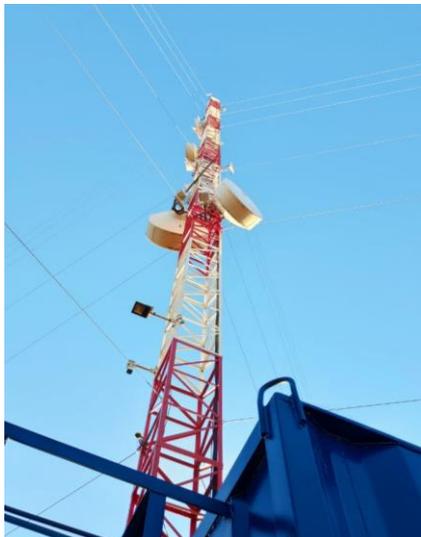


Figura 24 - Exemplo de torre.
Fonte: elaboração própria.



Figura 25 - Banco de cargas.
Fonte: elaboração própria.

No caso de novas instalações, processo representado pelas Figuras de 16 a 19, primeiramente a empresa deve estar atenta às exigências legais. Abordar questões sobre legislação não é o objetivo deste trabalho, no entanto, de forma simplificada, sempre que houver necessidade de construção ou modificações deve haver um projeto técnico acompanhado da ART² devidamente assinada pelo engenheiro responsável.

As torres não podem obstruir ou prejudicar o fluxo de veículos ou pedestres, contrariar parâmetros urbanísticos e paisagísticos aprovados para a área, pôr em risco a segurança de terceiros e de edificações vizinhas (BRASIL, 2015).

Devem seguir as normas de engenharia relacionadas ao processo de construção, por exemplo, a NBR 6123/89 (forças devido ao vento em edificações), NBR 8.800/08 (projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios) e NBR 6122/10 (projeto e execução de fundações).

Nesse processo os principais riscos identificados foram: queimaduras devido à alta temperatura dos gases e do ferro no processo de soldagem, rompimento das cintas utilizadas no processo de içamento da estrutura da torre onde pode resultar em esmagamento, falha humana no manuseio dos equipamentos como cerras, alicates etc., choque elétrico e doenças provenientes das condições insalubres.

No processo de manutenção das antenas, o operador chega ao local onde será realizado o trabalho em altura utilizando a escada da torre conforme se pode ver na Figura 20. A Figura 21 exemplifica um processo de manutenção, demonstrando a altura em que se pode chegar permitindo avaliar os riscos envolvidos. Torres esteiadas, exemplo Figura 22, representam risco ainda maior decorrente da quantidade de cabos ao redor de sua estrutura e a quantidade de antenas e repetidores instalados também podem elevar o risco devido à complexidade de se operar nesse ambiente.

As antenas são alimentadas pelo sistema de distribuição elétrico e/ou por bancos de cargas, exemplo Figura 23. Assim como nas torres, os locais onde são armazenadas as baterias e conversores recebem manutenções periódicas para garantir que a transmissão não sofra nenhuma interrupção mesmo em caso de queda de energia da rede de distribuição.

Os trabalhos são realizados em duplas sendo que um operador fica no solo dando apoio enquanto o outro realiza o trabalho em altura. Os trabalhos que são realizados durante as manutenções, normalmente, são alinhamentos das antenas, trocas de rádio, equipamentos elétricos diversos, manutenção nos conversores e fontes, nos cabos de transmissão de dados e de eletricidade entre outros. É importante ressaltar que ambos operadores devem estar utilizando ao menos um tipo de talabarte e todos os outros EPIs apresentados no tópico 2.3.2.

Foi possível identificar diversos riscos na execução das atividades, dividindo-os em dois grupos temos: riscos ambientais e riscos de exercício. Os riscos de exercício são riscos diretamente ligados à operação da atividade, o que se está fazendo e o modo como se está fazendo, estes riscos estão sob controle direto do operador e da empresa. Os riscos ambientais são aqueles relacionados ao clima e meio ambiente não sendo possível qualquer ação por parte da empresa, por exemplo, chuva, ventos fortes, ataques de animais, descargas atmosféricas etc.

Identificando o que foi classificado como riscos de exercício, durante o acompanhamento foi possível identificar os seguintes riscos: impacto por queda de ferramentas do operador em altura contra o operador auxiliar abaixo dele; risco de quedas decorrentes de falhas de EPIs (talabarte, cinturão e trava-quedas); falha humana como o não cumprimento das exigências de segurança; risco falha estrutural na torre, por exemplo, degrau que pode enferrujar com o tempo e se soltar causando queda; e risco de choque elétrico.

No que foi agrupado como riscos ambientais, foram identificados: risco de choque por descarga atmosférica; risco de queda decorrente ventos fortes; risco proveniente de animais (animas peçonhentos, aves e insetos); radiação ionizante e não ionizante; chuva e céu nublado ou sol muito forte que pode prejudicar a visibilidade e elevar os riscos da operação.

Como dito anteriormente, por conta da altura em que o trabalho é realizado, qualquer acidente envolvendo os riscos citados ou não identificados pode resultar em acidente fatal. Mesmo em casos de acidentes que não haja queda, o acesso dos socorristas ao local é bastante complexo o que agrava ainda mais os riscos da profissão.

Portanto, qualquer forma de se minimizar ou eliminar os riscos são muito relevantes e podem preservar vidas.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como forma de se minimizar os riscos classificados como ambientais, pode-se consultar a previsão meteorológica antes de qualquer operação, avaliando as possibilidades de chuvas, ventos fortes ou descargas atmosféricas. Fica recomendado também a delimitação de horários para não execução das atividades para entre às 10:00 as 16:00 ,pois nesses horários a emissão de raios UVB é mais intensa e isso pode aumentar também os riscos de desenvolvimento de câncer de pele nos operadores.

Uma forma de se minimizar os riscos inerentes a ataques de animais é a utilização de binóculos para avaliação do local onde será realizado o trabalho buscando identificar possíveis presenças de ninhos ou animais.

Com relação aos riscos de exercício, fica recomendado ao operador auxiliar em solo ficar a uma distância mínima de 4 metros do eixo vertical em relação ao operador em altura para caso alguma ferramenta cair não o atingir. Para evitar falhas de EPIs decorrente de desgastes, realizar inspeções visuais antes de qualquer operação e seguir as exigências sobre EPIs descritas na NR-16.

Com relação a possíveis falhas decorrentes de falha humana, antes de qualquer operação em altura fica é muito importante que o PCMSO³ e PPRA⁴ sejam acompanhados e atualizados sempre que houver mudança significativa no processo ou ambiente. Exames e treinamentos devem ser feitos periodicamente e a carga física e emocional do trabalhador devem sempre ser consideradas antes da realização do trabalho.

A utilização de binóculos além de avaliar a presença de animais no local pode ser utilizada para identificar falhas aparentes nas torres como rachaduras, ferrugem em estado avançado, partes pontiagudas e outras situações que apresentam risco para o empregado.

Relacionado aos riscos de choque elétrico na manutenção dos sistemas de alimentação das torres, antes de qualquer atividade deve-se conferir se existe corrente elétrica no sistema e onde há disjuntor ligado ao sistema onde se está trabalhando, deve-se identificar e se possível implantar travas para impedir que o sistema seja energizado acidentalmente.

No que se refere à segurança dos empregados, redundância de métodos e controles colaboram para minimizar ainda mais os riscos envolvidos. Além das sugestões anteriores, foram elaborados três itens de controle para tentar minimizar os riscos do processo.

Representado pela figura 24, está uma proposta de checklist com procedimentos que devem ser realizados antes de qualquer atividade em altura. Vale ressaltar que este modelo proposto trata-se de uma primeira versão e que sempre que necessário este deve ser melhorado e acrescentado, caso necessário, mais itens que podem prevenir acidentes.

No caso de identificação de riscos que inicialmente não haviam sido previstos, representado pela figura 25 e 26, está uma proposta de formulário que utiliza o método WTF de avaliação de riscos. A metodologia sugere que riscos cujo índice supere 70 devam ser corrigidos, no entanto esse valor deve seguir de acordo com o julgamento da empresa.

De qualquer forma, simulando uma situação onde foram identificados dois riscos que não haviam sido previstos, caso sejam no mesmo processo a somatória dos mesmos chegam próximos a 400, o que é definido como crítico e sugere a suspensão da atividade até a correção. Mas caso sejam em processos distintos, o risco 1 é classificado como muito baixo onde não requer intervenção, e nesse processo a atividade poderia continuar mas na atividade responsável pelo risco 2 deve ser avaliada se deve ser interrompida ou não.

E por fim, representado pelas figuras 27 e 28, está a representação do formulário de análise de modo e efeito de falhas em potencial (FMEA). Este controle deve ser utilizado, de preferência em grupo, cujo objetivo é prever falhar e elaborar medidas para minimiza-las. Por exemplo, durante uma rodada de brainstorming os operadores descrevem possíveis riscos enquanto a equipe de segurança do trabalho elabora medidas de prevenção e minimização.

Figura 24 – Check List: Avaliação preliminar de equipamentos e ambiente

CHECK LIST - AVALIAÇÃO PRELIMINAR DE EQUIPAMENTOS E AMBIENTE				
CHECK Nº: _____		DATA: ____/____/____		DESCRIÇÃO ATIVIDADE: _____
PÁGINAS: DE _____		Nº O.S.: _____		
RESPONSÁVEL: _____		EQUIPE: _____		
Item	Grupo de Conferência	Check	Item de Conferência	Conformidade / Anotação
1	Todos os EPIs foram inspecionados previamente e estão adequados para uso ?	Sim () Não ()	Talabarte	Sim () - Não () - N/A ()
			Cinto de segurança	Sim () - Não () - N/A ()
			Capacete	Sim () - Não () - N/A ()
			Botina de segurança	Sim () - Não () - N/A ()
			Oculos de proteção	Sim () - Não () - N/A ()
			Luas	Sim () - Não () - N/A ()
2	Os treinamentos e exames periodicos estão dentro do prazo de validade estabelecido ?	Sim () Não ()	Data do último treinamento:	____/____/____
			Realização do ultimo exame periódico:	____/____/____
3	A previsão meteorológica foi consultada ?	Sim () Não ()	Previsão de chuva?	Sim () - Não ()
			Previsão de ventos fortes?	Sim () - Não ()
			Previsão de descargas atmosféricas?	Sim () - Não ()
4	O local onde será realizado o trabalho foi inspecionado ?	Sim () Não ()	Há presença de animais?	Sim () - Não ()
			O local está mochado?	Sim () - Não ()
			Existe rachaduras ou defeitos aparentes na estrutura?	Sim () - Não ()
5	Classificação da intensidade da luminosidade	Muito forte () - Forte () - Neutro () - Fraca () - Muito Fraca ()		

Observação: _____

Declaro que todas as informações foram avaliadas antes do preenchimento e declaro-me responsável por possíveis acidentes em decorrência de negligência de avaliação dos riscos descritos acima.

Declaro estar ciente do formulário de avaliação de riscos WTF como obrigatório em qualquer trabalho em altura em conformidade das exigências da NR-35.

_____	Nome completo	_____	Assinatura
_____	Nome completo	_____	Assinatura
_____	Nome completo	_____	Assinatura
_____	Nome completo	_____	Assinatura

Fonte: Autores, 201

Figura 25 – Formulário método WTF de avaliação de riscos: Identificação de riscos no ato da execução (FRENTE)

MÉTODO WTF DE AVALIAÇÃO DE RISCOS - IDENTIFICAÇÃO DE RISCOS NO ATO DA EXECUÇÃO					
WTF Nº: _____		DATA: ____ / ____ / ____		DESCRIÇÃO ATIVIDADE: _____	
PÁGINAS: ____ DE ____		Nº O.S. _____		CONCLUSÃO: É possível assumir os riscos () A execução da atividade deve ser abortada ()	
RESPONSÁVEL: _____		EQUIPE: _____			
Número do Risco	RISCO IDENTIFICADO	Fator Consequência (Fc)	Fator Exposição (Fe)	Fator Probabilidade (Fp)	Magnitude do Risco (R) $R = Fc \times Fe \times Fp$
1	EXEMPLO: Existe uma demanda onde será preciso realizar a troca de um equipamento de difícil acesso. Existe ponto de fixação do talabarte mas em caso de escorregão provavelmente haverá impacto em outras partes da estrutura. O trabalho irá durar ± 2 horas.	1	3	4	12
2	EXEMPLO: Precisa efetuar a troca de um equipamento mas não é possível determinar se a rede elétrica está desligada. Corre risco de choque elétrico ao finalizar a troca do equipamento. O trabalho irá durar aproximadamente 3 horas.	25	5	3	375
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					

Fonte: Adaptado de Alves (2013).

Figura 26 – Formulário método WTF de avaliação de riscos: Identificação de riscos no ato da execução (VERSO)

Fator Consequência		
Classificação	Descrição	Valor
Catastrófica	Acidente com muitas vítimas mortais	100
Morte	Acidente com possibilidade de mais de 1 morto	20
Morte	Acidente mortal	25
Lesões graves	Incapacidade permanente/ Amputação	15
Lesões com baixa	Incapacidade temporária	5
Pequenos ferimentos	Lesões ligeiras (contusões, golpes entre	1

Fator Exposição		
Classificação	Descrição	Valor
Contínua	Trabalho diário superior a 6 horas	10
Frequente	Trabalho diário entre 4 a 6 horas	6
Ocasional	Trabalho diário entre 2 a 4 horas	5
Irregular	Trabalho diário entre 1 e 2 horas	4
Rara	Excepcionalmente, mas com frequência moderada	1
Pouco provável	Normalmente não é executado	0,5

Fator Probabilidade		
Classificação	Descrição	Valor
Muito provável	Acidente com resultado mais provável e esperado se a situação de risco ocorrer	10
Possível	É muito possível que ocorra. Probabilidade de 50%.	6
Raro	Acidente com incidência rara. Probabilidade de 10%.	3
Repetição improvável	Já aconteceu mas com incidência remota.. Probabilidade de 1%.	4
Nunca aconteceu	Acidente com incidência extremamente remota.	0,5
Praticamente impossível	Nunca aconteceu em muitos anos de exposição.	0,1

Índice de Risco	Classificação	Ação Requerida	Valor
Maior ou igual a 400	Crítico	Suspender a atividade até correção dos riscos	5
Entre 200 e 399	Elevado	Implementar medidas para correção imediata dos riscos	4
Entre 70 e 199	Moderado	Corrigir os riscos	3
Entre 20 e 69	Baixo	Pode-se reduzir os riscos através de medidas administrativas	2
Menor que 20	Muito baixo	Não requer intervenção	1

Figura 28 – FORMULÁRIO FMEA (VERSO)

Efeito	Índice de Severidade	Probabilidade de Falha	Taxas de falha possíveis	Ocorrência	Deteção	Critério	Índice de Deteção
Perigoso sem aviso prévio	10	Muito Alta: Falhas Persistentes	100 por mil peças	10	Quase impossível	Certeza absoluta de não deteção.	10
Perigoso com aviso prévio	9		50 por mil peças	9	Muito remota	Controles provavelmente não irão deteclar.	9
Muito alto	8	Alta: Falhas frequentes	20 por mil peças	8	Remota	Controles têm pouca chance de deteção.	8
Alto	7		10 por mil peças	7	Muito Baixa	Controles têm pouca chance de deteção.	7
Moderado	6	Moderada: Falhas ocasionais	5 por mil peças	6	Baixa	Controles podem deteclar.	6
Baixo	5		2 por mil peças	5	Moderada	Controles podem deteclar.	5
Muito baixo	4		1 por mil peças	4	Moderadamente alta	Controles têm boas chances para deteclar.	4
Menor	3	Baixa: Relativamente poucas falhas	0,5 por mil peças	3	Alta	Controles têm boas chances para deteclar.	3
Muito menor	2		0,1 por mil peças	2	Muito alta	Controles quase certamente deteclarão.	2
Nenhum	1	Remota: Falha é improvável	0,01 por mil peças	1	Quase certamente	Controles certamente deteclarão.	1

Fonte: Adaptado de McDermott et. al. (2009)

6. CONCLUSÃO

No que se refere à segurança em trabalhos em altura qualquer medida que, de forma efetiva, minimize os riscos de acidente e seus efeitos são válidos. Um simples preenchimento de checklist pode lembrar o operador de realizar um procedimento que, por conta da rotina.

A realização de trabalhos em altura está sujeita a inúmeros riscos, os quais podem resultar em acidentes fatais. É fato que a implementação de medidas e controles podem resultar em desconforto por parte dos operadores, a final, é algo novo. No entanto, o trabalho de conscientização é fundamental e a insistência pode determinar o sucesso do programa.

Esforço este que pode ser visto como válido, pois vidas podem ser salvas pelo simples preenchimento de um papel. Além disso, esse processo de conscientização e a utilização de métodos de análise de falhas em potencial podem resultar também na evolução da percepção de riscos nos próprios operadores quanto a eles mesmos, porque estes que estão sob risco de vida ao realizar suas funções diariamente.

Este trabalho, além de tudo, foi capaz de ampliar a visão dos colaboradores e participantes do processo de elaboração do mesmo quanto à importância da segurança do trabalho na realização de suas funções. A gestão da empresa, de forma geral, se mostrou satisfeita com os resultados e diz-se propensa a aprofundar no assunto e provavelmente adotar os métodos propostos.

Assim sendo, pode-se dizer que os objetivos estabelecidos foram atendidos com sucesso. Sugere-se a trabalhos futuros o estudo para melhorar os formulários propostos, a verificação se (ainda) são eficazes e/ou se existem outras metodologias mais eficientes.

REFERENCIAS

ALBUQUERQUE, D. O que é Segurança do Trabalho?. 2012. Disponível em: <<https://certificacaoiso.com.br/e-seguranca-trabalho/>>. Acesso em: maio de 2019.

ALVES, Luís. 2013. Identificação e Avaliação de Riscos – Carpintaria Francisco Lopes & Filhos, Lda. Disponível

em:<<https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/5354/4/Trabalho%20Final%20-%20Lu%C3%ADs%20Alves.pdf>>. Acesso em 24 de outubro de 2019.

AMANTE, B.; SILVA, J. G. Trabalho em Altura na Construção Civil: Benefícios e Dificuldades de Implantação das NR 18 e 35 na Grande Florianópolis/Sc. Trabalho de Conclusão de Curso

(Bacharelado) - Universidade do Sul de Santa Catarina, Santa Catarina, 2017.

AMAZONAS, Marcos. O EPI e seus sistemas dentro da nova NR 35 Trabalho em altura. Jundiá, 2012. Disponível em: < encurtador.com.br/gloYZ >. Acesso: 10 out. 2019.

ANATEL. Panorama setorial de telecomunicações: junho/2019. Brasília, DF, 2019.

ANATEL. Relatório de acompanhamento do setor de telecomunicações. Brasília, DF, 2018.

BARBOZA, K. D. M. Gestão de Riscos para Acervos Museológicos. Dissertação (Pós-graduação em Artes da Escola de Belas Artes) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

BATALHA, A. Identificação de Perigos e Avaliação de Riscos. Projeto Individual (Pós-Graduação em Segurança e Higiene no Trabalho) - Escola Superior de Tecnologia de Setúbal, Setúbal, 2012.

BERNSDORF, W. M; ERBS, A.; CATAI, R. E.; HARA, M. M. Avaliação de Conformidade da NR-6 e NR-35 em Áreas de Vivência na Construção Civil. XXXVII ENEGEP, Joinville: 2017. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_ST_P_241_399_33415.pdf>. Acesso em: maio de 2019.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Cartilha trabalho em altura. Brasília, DF, 2018. Disponível em: <<https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Cartilhas/Cartilha-trabalho-em-alturas-baixa.pdf>>. Acesso em: 01 out. 2019.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Previdência Social. Doença ocupacional. Brasília, DF, 2016. Disponível em: <encurtador.com.br/ruBH8>. Acesso em: 04 out. 2019.

BRASIL. Portaria 313/2012 de 27 de março de 2012. NR-35 Trabalho Em Altura. Brasília, 2012. Disponível em: <encurtador.com.br/amDM7>. Acesso em: 11 out. 2019.

CRUZ, S. P. S. Implementação de uma FMEA no caso de uma luminária. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial) - Universidade de Aveiro, Aveiro, 2009.

EXAME. Ministério do Trabalho estima que 40% dos acidentes ocorreram por quedas. 2016. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/negocios/dino/ministerio-do-trabalho-estima-que-40-dos-acidentes-ocorreram-por-quedas-shtml/>>. Acesso em: maio de 2019.

FEBRATEL. Federação Brasileira de Telecomunicações. Telecomunicações do Brasil Evento Mobilização Empresarial: Pis Cofins Simplificação ou Aumento?. Curitiba, PR, 2015.

FIRETTI, V. L.; CATAI, R. E.; GREGORI, A. M. M. H.; GREGORI, J. M. M. H. Sistemática de gerenciamento de risco ocupacional de atividade de instalação de calhas em telhados - estudo de caso. IX Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 2013, Rio de Janeiro. Disponível em: <encurtador.com.br/btUX3>. Acesso em: 10 out. 2019.

FONSECA, J. J. S. Metodologia da pesquisa científica. Fortaleza: UEC, 2002.

GERHARDT, T. E; SILVEIRA, D. T. Métodos de pesquisa. Curso de Graduação Tecnológica – Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS. – Porto Alegre: Editora UFRGS, 2009.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

MARQUES, H. C. Análise da Segurança no Trabalho em Torres de Telefonia: Uma Abordagem Resiliente. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

MATOS, C. F. T. De. Análise e Avaliação de Riscos para Acidentes de Trabalho e Doenças Profissionais numa Indústria Transformadora de Polímeros. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química e Bioquímica) - Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2012.

MCDERMOTT, R. E.; MIKULAK, R. J.; BEAUREGARD, M. R. (2009); The basics of FMEA. 2nd. New York, NY: Productivity Press, Taylor & Francis Group.

MENDES, M. R. A. Prevenção de Acidentes nos Trabalhos em Altura. Trabalho Final de Curso (Bacharelado) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013.

MOREIRA, H. L; OLIVEIRA, M. A. R. Adequação em Torre de Telefonia Pode Gerar Mais Segurança. REVISTA PROTEÇÃO, 2012. Disponível em: <http://www.protecao.com.br/noticias/leia_na_edicao_do_mes/adequacao_em_torre_de_telefonia_pode_gerar_mais_seguranca/A5yJA5y5>. Acesso em: abril de 2019.

MOURA, C. Análise de Modo e Efeitos de Falha Potencial (FMEA): manual de referência SAE J-1739. ASQC, 2000.

PINTO, A. Sistemas de gestão da segurança e saúde no trabalho. Lisboa: Silabo, 2005.

REVISTA CIPA. Estatísticas. Disponível em: <<http://revistacipa.com.br/estatisticas/>>. Acesso em: maio de 2019.

ROQUE, A. R. Prevenção de Acidentes nos Trabalhos em Altura. 2011. Disponível em: <<http://www.saudeetrabalho.com.br/download/trab-alturaalex.pdf>>. Acesso em: maio de 2019.

ROTHIER, R. G. da F. Análise e dimensionamento de uma torre de aço de telecomunicações. Projeto de Graduação (Bacharelado) - Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

SANTOS, A. C. dos. Análise dos modos de falhas no desenvolvimento de novos produtos de SVA: uma abordagem para a indústria de telecomunicações. Dissertação (Mestrado em Marketing) – Universidade de Coimbra, Coimbra, 2011.

SANTOS, C. D. P. Proposta de implementação de uma FMEA no forno de vapor TEKA. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial) - Universidade de Aveiro, Aveiro, 2008.

SBRUZZI, D. Trabalho em Altura: NR-35. CREA-SC, Florianópolis, 2002. Disponível em: <http://www.crea-sc.org.br/portal/index.php?cmd=artigos-detalle&id=2054#.XZPTXG_PzIU>. Acesso em: 01 out. 2019.

SCHWERTZ, B. Afinal, internet via rádio é boa? Conheça as vantagens da conexão em Jaraguá do Sul. Santa Catarina, 2019. Disponível em: <<https://ocp.news/informe/afinal->

internet-via-radio-e-boa-conheca-as-vantagens-da-conexao-em-jaragua-do-sul>. Acesso em: maio de 2019.

SECO, S. F. F. Metodologia de inspeções de coordenação de segurança em obra aplicada às telecomunicações. Dissertação (Mestrado em Segurança e Saúde do Trabalho) – Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Coimbra, Instituto Politécnico de Coimbra, Coimbra, 2015.

SOARES, J. C. C. Aplicação do método FMEA na análise de riscos potenciais para o utilizador em equipamentos e postos de trabalhos. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Conceção e Desenvolvimento de Produto) – Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Instituto Politécnico de Leiria, Leiria, 2015.

TST. Tribunal Superior do Trabalho. O que é acidente de trabalho?. Brasília, DF, 2001. Disponível em: <<http://www.tst.jus.br/web/trabalhoseguro/o-que-e-acidente-de-trabalho>>. Acesso em: 04 out. 2019.

VALPECOVSKI, M. Avaliação de Riscos na Implantação e na Manutenção de Redes de Fibra Óptica na Região de Curitiba. Monografia (Especialista) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

Capítulo 44

ESTUDANTES INDÍGENAS WAI-WAI NA UFOPA: SOCIOECONOMIA E CONSUMO DE PEIXES

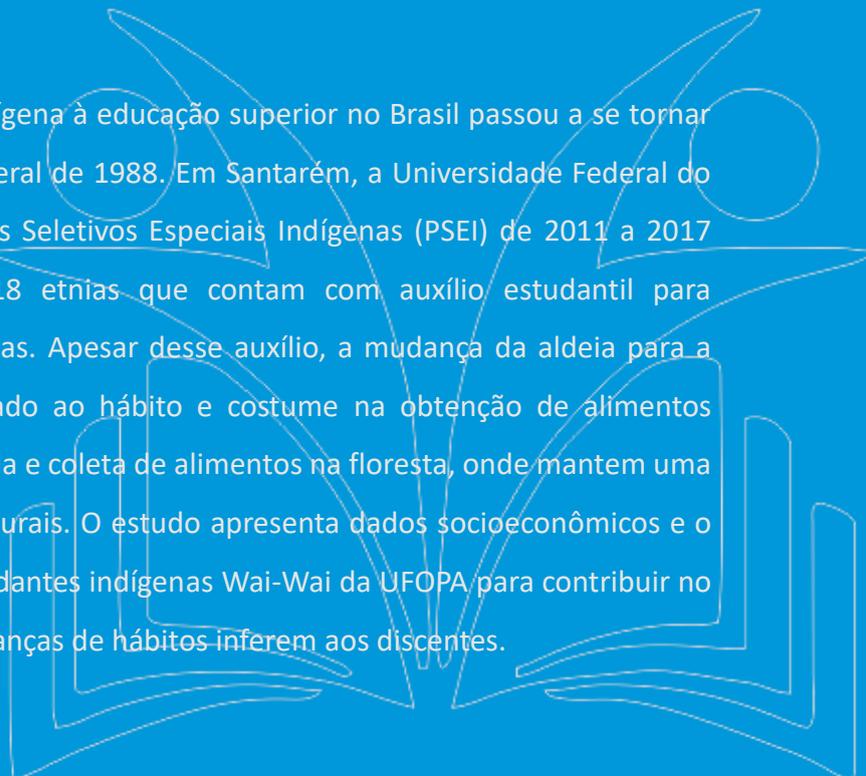
[DOI: 10.37423/200601116](https://doi.org/10.37423/200601116)

*Ronaldo Souza dos Santos (Acadêmico Indígena Wai-Wai do Bacharelado Interdisciplinar em Ciências e Tecnologia das Águas - BICTA do Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas - ICTA, da Universidade Federal do Oeste do Pará - UFOPA).
ronaldo.ufopa@gmail.com*

Charles Hanry Faria Junior (Doutor em Ciências Pesqueiras nos Trópicos (PPG-CIPET/UFAM), Professor do Bacharelado em Engenharia de Pesca - BEP, do Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas - ICTA, da Universidade Federal do Oeste do Pará - UFOPA).

charlesufopa@gmail.com

RESUMO: O acesso da população indígena à educação superior no Brasil passou a se tornar realidade a partir da Constituição Federal de 1988. Em Santarém, a Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA nos Processos Seletivos Especiais Indígenas (PSEI) de 2011 a 2017 recebeu 351 alunos indígenas de 18 etnias que contam com auxílio estudantil para desenvolver suas atividades acadêmicas. Apesar desse auxílio, a mudança da aldeia para a cidade modifica o modo de vida ligado ao hábito e costume na obtenção de alimentos baseados na caça, pesca de subsistência e coleta de alimentos na floresta, onde mantem uma estreita dependência dos recursos naturais. O estudo apresenta dados socioeconômicos e o consumo de peixes por parte dos estudantes indígenas Wai-Wai da UFOPA para contribuir no entendimento dos efeitos que as mudanças de hábitos inferem aos discentes.



Os dados foram coletados com o emprego de formulários semiestruturados junto à comunidade indígena Wai-Wai da UFOPA de outubro de 2018 a janeiro de 2019, analisados com ferramentas da estatística descritiva. Foram entrevistados 46 alunos Wai-Wai das Aldeias Kwanamari, Mapuera e Takará, localizadas na Terra Indígena Trombetas – Mapuera, Oriximiná – PA, sendo 37 homens e 9 mulheres, de maioria solteiros (24), com idade de 20 a 39 anos ($28,69 \pm 4,40$ anos), com tempo de estudo na UFOPA de 1 a 7 anos ($3,55 \pm 1,98$ anos), vinculados a 25 cursos. Em Santarém o núcleo familiar é composto por 1 a 6 pessoas ($2,59 \pm 1,29$ pessoas) e contam com o auxílio da UFOPA (R\$ 510,00 mensais) e bolsa de estudos do Ministério da Educação e Cultura (R\$ 900,00 mensais), porém o acesso não é equitativo, resultando uma renda familiar de R\$ 510,00 a R\$ 1.920,00 ao mês, ($1.095,15 \pm 433,50$ /mês). A maioria (35) menciona que os auxílios são suficientes para “pagar aluguel e alimentos” e que dá a oportunidades de estudar. Foi observado que consumiam peixes de 4 a 7 dias na semana nas aldeias ($6,70 \pm 0,92$ dias) e em Santarém reduziram para 1 a 3 dias na semana ($1,69 \pm 0,63$ dias), resultando um consumo per capita de peixes estimado em $42,97 \pm 21,19$ kg/ano. Todos desejam consumir mais peixes, mas divergem quanto ao resultado da redução. Mencionaram utilizar 21 grupos de espécies de peixes, com maior diversidade para as aldeias, onde o trairão foi a etnoespécie mais citada, enquanto o tambaqui predominou para Santarém. Em mensagem para os futuros alunos indígenas destacaram que a vida na cidade é difícil e que vão necessitar de um tempo de adaptação ao consumo de outros alimentos, onde, apesar de terem a liberdade de comer qualquer tipo de alimento, necessitam ter dinheiro para a sua aquisição. Destacam que os futuros alunos não devem perder o contato com a família na aldeia, mas, como vão estar longe dos parentes, devem procurar saber onde outros estudantes Wai-Wai moram para ver se tem lugar onde eles ficarem e que a comunidade indígena está disposta a auxiliá-los com o conhecimento adquirido na sua vivência na cidade.

Palavras-chave: Índio; Universidade; Alimento; Pescado.

1- INTRODUÇÃO

O acesso da população indígena à educação superior no Brasil ganhou força com a Constituição Federal de 1988, que passou a reconhecer o direito às diferentes formas de organização social dos povos originários, suas línguas, seus usos, seus costumes e o direito à educação escolar bilíngue e diferenciada (BONIN, 2008; PALADINO, 2013; DOEBBER e BRITO, 2014; BERGAMASCHI et al., 2018).

Uma conquista relevante para o País de maior diversidade cultural, étnica e linguística do mundo, onde a população indígena é estimada em 820.000, distribuídos na zona urbana (316.000) e rural (504.000), em aldeias, composta por 230 etnias/povos, com 180 línguas. Entre esses povos, cerca de 180 vivem na Amazônia, compondo uma população de aproximadamente 208 mil indivíduos. Entretanto, segundo dados da Fundação Nacional do Índio (FUNAI), apenas 1,0% acessaram o ensino superior (HECK et al., 2005; SILVA J. et al., 2012).

A partir do Plano Nacional de Educação e de outras diretrizes que consolidavam os direitos indígenas, foi estimado que em torno de 8 mil estudantes indígenas tiveram acesso ao ensino superior no ano de 2012 (LIMA, 2012). Na Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, de acordo com o balanço dos Processos Seletivos Especiais Indígenas (PSEI) realizados em 2017, em sua sétima edição, que começou em 2011, foram quantificados 351 alunos indígenas, oriundos de 18 etnias (Borari, Borari Arapiun, Borari Tapuia, Cara Preta, Jaraqui, Juruna, Kaxuyana, Kumaruara, Maytapu, Munduruku - Alto Tapajós, Munduruku - Médio Tapajós, Munduruku - Baixo Tapajós, Tapajó, Tapuia, Tupaiú, Tupinambá, Wai-Wai e Sateré-Mawé), distribuídos nos seguintes Institutos: Ciências da Educação – Iced (44,0%), Ciências da Sociedade – ICS (19,0%), Ciências e Tecnologia das Águas - ICTA (18,0%), Biodiversidade e Florestas – IBEF (8,0%), Engenharia e Geociências – IEG (6,0%) e Saúde Coletiva – ISCO (5,0%) (UFOPA, 2017).

Esses alunos contam com o apoio do Programa – Bolsa Permanência (PBP) do Governo Federal, que concede auxílio financeiro e viabiliza a permanência no curso de graduação a estudantes matriculados em instituições federais de ensino superior em situação de vulnerabilidade socioeconômica, especialmente para indígenas e quilombolas. Os auxílios são pagos diretamente aos alunos por meio de um cartão de benefício, com a finalidade de

minimizar as desigualdades sociais e contribuir para a permanência e a diplomação desses estudantes de graduação, além de reduzir o custo de manutenção de vagas ociosas em decorrência da evasão estudantil e promover a democratização do acesso ao ensino superior de qualidade, por meio da adoção de ações complementares de promoção do desenvolvimento acadêmico.

Mensalmente, a relação dos alunos beneficiários é encaminhada pela Instituição ao Ministério da Educação, que homologa os nomes e os repassa para o Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) que providencia os pagamentos diretamente aos estudantes beneficiários (MEC, 2018; SISBP, 2018; UFOPA, 2015, 2018).

Apesar do auxílio, o deslocamento para a cidade e o ingresso no ensino superior modifica o modo de vida dos alunos indígenas, habituados ao costume da obtenção de alimentos típicos baseados na caça, a pesca de subsistência e a coleta de alimentos na floresta, importantes atividades de subsistência, o que mantém uma estreita dependência dos recursos naturais e do uso harmônico desses (SANTOS e SANTOS, 2005; GARNELO et al., 2010; LIMA, 2012; CARNEIRO, 2015; SILVA e FARIA-JUNIOR, 2018).

Dada a diversidade de origem de alunos indígenas na UFOPA, somente os alunos Wai-Wai, que estão dispersos em três Terras Indígenas com alcance nos estados do Amazonas, Pará e Roraima: Terra Indígenas (TI) Nhamundá-Mapuera (AM/PA) com 1.049.520 ha, TI Trombetas/Mapuera (AM/RR/PA), com 3.970.420 ha e a TI Wai-Wai (RR), com 405.698 ha (EVELYN, 2010; CARDOZO e JUNIOR, 2012; ROCCO, 2014; NEVES, 2014; SILVA e FARIA-JUNIOR, 2018), foram acompanhados nesse estudo, que contribui com o conhecimento sobre o estado atual de estudantes indígenas no ensino superior.

2- MATERIAL E MÉTODOS

3.1. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudos se concentrou nas unidades da Universidade Federal do Oeste do Pará, cidade de Santarém – PA.

3.2. COLETA E ARMAZENAMENTO DOS DADOS

A coleta de dados foi realizada por discente Wai-Wai (na língua nativa) nos meses de outubro 2018 a janeiro de 2019 mediante o emprego de formulário semiestruturados junto

à comunidade indígena Wai-Wai que estuda na Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA.

Entre as informações coletadas: gênero e idade; tempo que estuda na UFOPA e curso; estado civil, quantidade de pessoas residindo na mesma casa, nível de consumo de peixes semanal; espécies de peixes que consumidos em Santarém, na Aldeia e efeito da variação no consumo, auxílio financeiro recebido, valor, tempo, outras fontes de renda; mensagem a futuros alunos indígenas em relação a vida na cidade e o consumo de pescado e de outros alimentos.

3.3. ANÁLISE DOS DADOS

Os dados foram analisados com técnicas da estatística descritiva para apresentação dos resultados na forma de percentuais, medidas de tendência central, gráficos e tabelas (ZAR, 1999).

3- RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram entrevistados 46 alunos indígenas Wai-Wai provenientes das Aldeias Kwanamari (2), Mapuera (43) e Takará (1), localizadas na Terra Indígena Trombetas – Mapuera, município de Oriximiná, Pará, composta por 11 aldeias, entre elas a aldeia Mapuera, a mais antiga e mais povoada (SILVA e FARIA-JUNIOR, 2018), o que pode explicar a maior participação de alunos provenientes dessa aldeia estudando na UFOPA.

Desses, 37 são do gênero masculino. Solteiros na sua maioria (24), casados (11) ou convivendo em regime de união estável (11). Idade de 20 a 39 anos (média de $28,69 \pm 4,40$), estudam na UFOPA de 1 a 7 anos (média de $3,55 \pm 1,98$), vinculados a 25 cursos, com maior procura pelos cursos de Biologia (8), Arqueologia (4) e Geografia (3).

A predominância do gênero masculino, maior quantitativo de solteiros e da faixa etária de alunos indígenas relatadas nos estudos de Luciano et al. (2010) para a região Norte e Pereira (2018) na UFOPA, reforçam os resultados obtidos como uma característica local. Além disso, de acordo com Santos K (2011) e Pereira (2018), existem em torno 6 mil estudantes indígenas matriculados no ensino superior no Brasil, onde a UFOPA é considerada como uma das Universidades com maior diversidade étnica nos cursos de graduação na região Norte e onde indígenas provenientes de 17 etnias têm acesso e a oportunidade de se qualificar.

O núcleo familiar dos alunos Wai-Wai é composto por 1 a 6 pessoas (média de $2,59 \pm 1,29$), com predomínio de parentes (pai, primos, irmãos, irmãs), cônjuge e filhos. Ao longo da vida acadêmica podem ter acesso ao auxílio da UFOPA (R\$ 510,00/mês), bolsa do Ministério da Educação e Cultura – MEC (R\$ 900,00/mês) e no caso dos alunos que possuem filhos, do Programa Assistencial do Governo - Bolsa Família (R\$ 142,00/mês). Porém o acesso a esses auxílios não é equitativo e resultou em uma renda familiar de R\$ 510,00 a R\$ 1.920,00/mês (média de $1.095,15 \pm 433,50$), onde 16 recebem um valor abaixo de 1 salário mínimo mensal - SMM, 28 de 1 a 2 SMM e somente 2 acima de 2 SMM (quando duas ou mais pessoas da mesma família recebem auxílio).

Apesar desse diferencial no acesso, 35 alunos relataram que os auxílios são suficientes para pagar aluguel, adquirir alimentos e viabiliza a oportunidade de estudar, o que ficou claro no relato “porque gosto de estuda mais e saber e conhecer para aprender mais conhecimento pro meu futuro e também pra pagar minha contar de aluguel e come”. Os que mencionam ser insuficiente ressaltaram que “o aluguel está muito caro” ou que “quem tem filhos ou família, tem mais custo com aluguel, material da escolar e alimentação e ai fica difícil pra viver”.

As políticas públicas de inclusão via Processo Seletivo Especial Indígena (PSEI), assim como Quilombola (PSEQ), realizados pela UFOPA, bem como os auxílios disponibilizados pelo Governo Federal, são fundamentais para a manutenção dos alunos Wai-Wai e demais discentes indígenas ou demais categorias em estado de vulnerabilidade, que culturalmente desenvolvem atividades de subsistência como caça, pesca, agricultura e coleta de alimentos na floresta para sua manutenção, e portanto, não possuem habilidade para o trabalho na sociedade capitalista (D’ANGELIS e VEIGA, 2001; CARDOZO e JUNIOR, 2012; PEREIRA, 2018).

O estudo realizado por Gloria et al. (2017) na Universidade Federal do Pará destaca que os alunos indígenas passam por várias dificuldades ao virem estudar nos centros urbanos, que historicamente tem levado a desistência do curso, dentre elas, as financeiras predomina. Silva J. et al. (2012) relataram que o custo de vida em Brasília é tão alto que dificulta a comprar comida, o pagamento de aluguel e a manutenção de outros gastos relacionados com a universidade para os alunos indígenas, que mesmo contando com um auxílio de R\$ 900,00 por mês, passam por dificuldades para continuar estudando. Dessa forma, o apoio institucional é relevante para a manutenção da comunidade indígena na UFOPA e outras

Instituições de Ensino Superior.

No contexto do consumo de peixes, os Wai-Wai informaram que consumiam peixes de 4 a 7 dias na semana quando moravam nas aldeias, com predominância dos sete dias (90,0%) (média de $6,70 \pm 0,92$), porém, em Santarém o consumo reduziu para 1 a 3 dias na semana (média de $1,69 \pm 0,63$). O que resulta em um consumo per capita de 0,04 a 0,29 kg/pessoa/dia (média de $0,12 \pm 0,06$ kg/pessoa/dia ou $42,97 \pm 21,19$ kg/pessoa/ano), considerados somente os integrantes da família que consomem pescado. Dessa forma, a demanda para atender esse nível de consumo (alunos e familiares) foi estimada em 4.667 kg/ano de peixes.

Apesar desse consumo superar o recomendado pela Organização Mundial da Saúde, é inferior ao estimado por Silva e Faria-Junior (2018), que foi de $1,21 \pm 1,00$ kg/pessoa/dia durante o período de alta precipitação e de $0,84 \pm 0,67$ kg/pessoa/dia no período de pouca precipitação, na Aldeia Mapuera. Dados que demonstram a importância do peixe na dieta da população Wai-Wai, assim como em outras áreas indígenas e ribeirinhas (BRAGA e REBELO, 2014), devido a dependência do mundo natural, de seus ciclos e produtos, além de confirmar que a água é um dos elementos centrais da reprodução, não somente material, mas também simbólica dos povos indígenas e comunidades tradicionais (DIEGUES, 2000).

Os motivadores da redução do consumo de peixes são explicados nos seguintes relatos: “antes pescava na aldeia, quando eu cheguei aqui na cidade não vou mais pesca para alimenta, isso que mudou a minha realidade”; “os peixes são principais alimentos na aldeia, aqui estou comprando peixes e não mais pescando”; “na aldeia comia peixe natural, aqui na cidade tem gosto diferente o que comia na aldeia”; “na cidade como carne e frango, na aldeia comia peixes” e “porque em Santarém é muito caro e na aldeia pescava”.

Queiroz (2014) destaca que a maioria das aldeias indígenas na região Norte estão as margens dos principais rios (Nhamundá, Mapuera, Cachorro e Trombetas), o que leva a crer que são mais dependentes dos recursos pesqueiros, do que os recursos da Terra Firme. Dependência essa descrita por Silva e Faria-Junior (2018), que ao estudar o consumo de pescado (peixes, crustáceos, quelônios e crocodilianos) e de outros alimentos derivados da caça, cultivo ou coleta, observaram que, apesar de ocorrer uma variação sazonal, o pescado tem nível de consumo per capita superior aos demais itens alimentares, mostrando uma estreita dependências da proteína de origem íctia por parte dos Wai-Wai.

A mudança na dieta para a metade dos entrevistados não trouxe problemas a saúde: “por mim ficou bom e o consumo não faz mal”; “o consumo não faz mal para mim” ou “comida da cidade não faz mal”. Enquanto os demais mencionaram achar ruim “porque nosso vivência da aldeia nos consumia mais a pesca e quando comia aqui na cidade fiquei com dor de barriga mas fiquei acostumado comer”, o que demonstra que houve uma adaptação as novas condições, porém, todos foram unânimes em afirmar que desejam consumir mais peixes, fato destacado nos seguintes relatos: “porque adoro peixes e não tenho preferência de escolher, consumo diário”; “por que é rico na nossa saúde, é o prato de nosso dia a dia”, “porque aqui na cidade está gosto diferente isso e pra mim e ruim” e “os peixes da nossa aldeia são peixes pescado e servidos na hora fresquinhos e é di graças”.

O costume do consumo de pescado e resultado do uso dos peixes para alimentação diária entre os indígenas Wai-Wai de todas as aldeias (CARDOZO e JUNIOR, 2012), o que representa um fator cultural forte observado na região Amazônica, não só para a população indígena, como também para a população que habita os centros urbanos, como o observado em Santarém por Coelho et al. (2017).

Os estudantes Wai-Wai mencionaram o consumo de 20 etnoespécies de peixes (duas ou mais espécies do mesmo gênero ou gêneros diferentes) (Tabela 1), com maior diversidade nas aldeias, onde o trairão foi a etnoespécie mais citada e consumida, enquanto em Santarém o tambaqui foi a principal espécie consumida.

Tabela 1. Grupos de espécies consumidas pelos discentes indígenas Wai-Wai da UFOPA.

Categoria	Etnoespécie	Nome científico	Nome indígena	% Aldeia	% Santarém
Peixes de couro (bagres)	Bodó	<i>Pterygoplichthys</i> spp.	Poré-citpiwem	6,90	2,09
	Mapará	<i>Hipophthalmus</i> spp.	Mapara	-	4318
	Mandii	<i>Pimelodus</i> sp.	Warakaka	1,72	-
	Surubim	<i>Pseudoplatystoma</i> spp.	Okoropicho	12,41	9,06
	Tamuatá	<i>Callichthys callichthy</i>	Okoko	11,38	5,92
Peixes de escama	Acará-açu	<i>Astronotus ocellatus</i>	Xakarakara	1,03	1,05
	Apapá	<i>Pellona castelnaeana</i>		-	0,35
	Aracu	<i>Leporinus</i> spp.; <i>Schizodon</i> spp.	Pkra Ktimon	9,31	10,45
	Charuto	<i>Hemiodus unimaculatus</i>	Wahrai	0,34	-
	Curimatã	<i>Prochilodus nigricans</i>	Kururir (Poso)	8,28	9,06
	Jaraqui	<i>Semaprochilodus insignis</i>	Kronyuku	0,34	10,45
	Jatuarana	<i>Brycon amazonicus</i>	Matrixã	0,34	-
	Pacu	Myleus	Paku katamxiyem	14,48	14,29
	Pescada	<i>Plagioscion</i> sp.	Rusu	1,03	1,39
	Piranha preta	<i>Serrasalmus rhombeus</i>	Pooni arixi	1,03	-
	Pirapitinga	<i>Piaractus brachypomus</i>	Pakuymo	-	0,35
	Sauna	<i>Hemiodus microlepis</i>	Maticara	-	6,27
	Tambaqui	<i>Colossoma macropomum</i>	Tambaqui	-	12,20
	Traíra	<i>Hoplias malabaricus</i>	Maaxa	2,07	-
	Trairão	<i>Hoplias</i> sp.	Aymara	15,55	-
Tucunaré	<i>Cichla</i> spp.	Parana	12,41	10,80	
Não definido	Outros	Pices	Kitikmo	1,38	2,09

Essa diversidade íctia é inferior a relatada por Cardozo e Junior (2012) e Silva e Faria-Junior (2018) para a região da Aldeia Mapuera. Entretanto, apesar desses autores relatarem a ocorrência de 30 etnoespécies de peixes e 66 espécies, a presença de traíras (*Hoplias* sp.) nas capturas é muito frequente, com informação de predominância desse grupo de espécies nas áreas de pesca, assim como a ausência do tambaqui.

Com base no conhecimento vivenciado na cidade, os alunos indígenas advertem aos futuros estudantes que:

“Vão passar por um tempo de adaptação devido ao consumo de outros alimentos. Mas nós vamos repassar nossos conhecimentos para os outros sobre os pescados daqui na cidade, onde o consumo está muito caro e os peixes têm tipos e gosto diferentes e esquisitos dos que pescavam e comiam na aldeia. Que eles têm liberdade de comer qualquer tipo de peixes, pois alguns só têm na aldeia e não têm na cidade e só vão comer se tiver dinheiro, por isso, devem se preparar porque os índios que vivem aqui já sabem que na cidade é difícil de viver porque compramos todos os nossos alimentos, mas na nossa aldeia é fácil de viver e pra manterem sempre em contato com a família na aldeia”.

Para finalizar, alertam aos futuros estudantes que:

“Aqui vão estar longe dos parentes e devem saber onde outros estudantes moram para ver se tem lugar onde eles ficar para que os índios fiquem juntos, por isso é bom conhecer onde ficam outros estudantes indígenas. Porque aqui para estudar na UFOPA é dificultado devido não ser nossa língua, é muito difícil para entender língua portuguesa. Devem ter cuidado e estudar para formar com a ajuda dos de nossa aldeia para ensinar o que nos aprendeu aqui na UFOPA. Parentes, não é fácil conviver com as pessoas de outra língua, mesmo assim conseguimos através de luta e esforço. Tem oportunidade para aprender novas ideias e conhecer cultura diferentes, mais tem desafios e dificuldade que com tempo superaremos, pois, a vida e um caminho, é feito com obstáculos e vamos vencer essa jornada, mais tem que lutar para aprender nosso futuro na frente”.

Para Euzébio et al. (2012), a adaptação e autonomia são fatores que resultam em baixa aprendizagem do estudante indígena, que passam longos períodos longe de casa, em uma realidade bastante diferente da qual vivem, sendo cobrados diariamente em uma cultura que não é materna, lembrados constantemente do peso que carregam, preocupados em não decepcionar a comunidade em que vivem. Apesar disso, Gloria et al. (2017) relatam que os indígenas que continuam na universidade acreditam que ela é uma aliada de suma importância para sua afirmação étnica, constrói ou reforça sua identidade coletiva e permite obter os conhecimentos necessários para intervir nos inúmeros problemas sociais que são vítimas.

Esses resultados possibilitam entender o contexto acadêmico, alimentar e social dos alunos indígenas Wai-Wai e das 17 etnias, que totalizam aproximadamente 400 alunos indígenas estudando na UFOPA, considerados vulneráveis economicamente, que recebem um auxílio financeiro durante sua permanência no curso de graduação, com a finalidade de minimizar as desigualdades sociais (UFOPA, 2015, 2017, 2018; MEC, 2018; SISBP, 2018).

4- CONCLUSÃO

Os alunos indígenas Wai-Wai estão distribuídos em 25 cursos ofertados pela UFOPA, recebem auxílio financeiro da Universidade e do Ministério da Educação, fundamental para a sua manutenção durante o período de formação.

A vida da comunidade indígena Wai-Wai fora da sua Aldeia traz desafios e a necessidade de adaptação como resultado das mudanças nos costumes da aldeia para a área urbana, no

caso dos peixes, significa redução dos níveis de consumo, diversidade específica, sabor diferente e a necessidade de compra.

A comunidade indígena se mostra aberta para apoiar os futuros alunos e disposta a compartilhar sua experiência, além de manter proximidade da família e de seus costumes.

5- AGRADECIMENTOS

Agradecemos a comunidade Wai-Wai da UFOPA pelas informações concedidas.

6- REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BERGAMASCHI, M.A.; DOEBBER, M.B.; BRITO, P.O. Estudantes indígenas em universidades brasileiras: um estudo das políticas de acesso e permanência. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, Brasília, v. 99, n. 251, p.37-53, jan./abr. 2018. <http://dx.doi.org/10.24109/2176-6681.rbep.99i251.3337>.

BONIN, I.T. Educação escolar indígena e docência: princípios e normas na legislação em vigor. In: BERGAMASCHI, M. A. (Org.). *Povos indígenas & educação*. Porto Alegre: Mediação, 2008. p. 95-104.

BRAGA, T.M.P.; RÊBELO, G.H. Conhecimento tradicional dos pescadores do baixo rio Juruá: aspectos relacionados aos hábitos alimentares dos peixes da região. *Interciência*, 39, 9: 659-665, 2014

CARDOZO, I.B.; JUNIOR, I.C.V. Etnozoneamento da porção paraense das terras indígenas Trombetas-Mapuera e Nhamundá-Mapuera / Ivaneide Bandeira Cardozo, Israel Correa do Vale Junior, org. --Porto Velho - RO: EDUFRO, 2012. 200p. il.

CARNEIRO. D.B. Como eu vivo, me sustento”: formas indígenas de usos de recursos naturais. Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais, junto ao Programa de Pós-Graduação Strictu Sensu em Recursos Naturais da Amazônia, 2015.

COELHO. A.C.S.; FARIA-JUNIOR, C.H.; SOUSA, K.N.S. Fatores que influenciam a compra de peixes por classe social no município de Santarém-PA. *Agroecossistemas*, v. 9, n. 1, p. 62 – 83, 2017.

DIEGUES, A.C. Os saberes tradicionais e a biodiversidade no Brasil. [s.l.: s.n] 2000.

D’ANGELIS. W.R.; VEIGA W.R.J. O trabalho e a perspectiva das sociedades indígenas no Brasil, 2001. Disponível em: www.portalkaingang.org. Acesso: 10/01/2019.

DOEBBER, M. B.; BRITO, P. O. Estudantes indígenas nas universidades públicas brasileiras: análise a partir das produções de dissertações e teses. X ANPED SUL, Florianópolis, outubro de 2014. Disponível em: < <http://www.dominiopublico.gov.br>>. Acesso em 10/01/2019.

EUZÉBIO, U.; CARDIA, F.M.S.; LEAL, A.H.H.; MOREIRA, A.L.C.; SILVA, A.L.R. Realidade e desafios para a educação superior indígena na Universidade de Brasília. Trabalho apresentado no XVIII ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, ABEP, realizado em Águas de Li

EVELYN, S.Z. TRANS)FORMAÇÕES WAI-WAI. Roraima: Homem, Ambiente e Ecologia, 2010.

GARNELO, L.; DINIZ, L.; SAMPAIO, S.; SILVA, A. Ambiente, saúde e estratégias de territorialização entre os índios Baniwa do Alto Rio Negro. Campo Grande – MS. Tellus, 2010.

GLORIA, L.L.; BARBOSA, L.S.; FERREIRA, M.F.; SANHES, M.S.R.A; OLIVEIRA, W.R.C.L. Indígenas na universidade: uma reflexão a partir do ingresso na universidade federal do Pará-UFPA. VIII JORNADA INTERNACIONAL DE POLÍTICAS PÚBLICAS. 22 a 25 de agosto de 2017. Cidade universitária da UFMA. São Luiz/Maranhão – Brasil.

HECK, E.; LOEBENS, F.; CARVALHO, P.D. Amazônia indígena: conquistas e desafios. ESTUDOS AVANÇADOS 19 (53), 2005.

LIMA, A.C.S. Povos indígenas e ações afirmativas: as cotas bastam? Rio de Janeiro: Grupo Estratégico de Análise da Educação Superior no Brasil, 2012. Disponível em: <http://flacso.redelivre.org.br/files/2015/03/GEA_OPINIAO_N05.pdf>.

LUCIANO, G.J.S.; OLIVEIRA, J.C.; HOFFMANN, M.B. Esboço de um perfil do estudante indígena no ensino superior. Centro Indígena de Estudos e Pesquisas – CINEP, 2010.

MEC, 2018. Ministério da Educação. Plano Nacional de Educação. Disponível em; <<http://portal.mec.gov.br/secad/arquivo/pdf/pne.pdf>>. Acesso em 10/01/2019

NEVES, S.F. Dança Wai-Wai. ACENO, Vol. 1, N. 2, p. 81 – 95. Ago. a Dez. de 2014. ISSN – 2358-5587.

PALADINO, M. Um mapeamento das ações afirmativas voltadas aos povos indígenas no ensino superior. In: BERGAMASCHI, M. A.; NABARRO, E.; BENITES, A. (Orgs.). Estudantes indígenas no ensino superior: uma abordagem a partir da experiência na UFRGS. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2013.

PEREIRA, T.S.L. Os Indígenas e o Ensino Superior na Amazônia: realidade e perspectivas da política de ação afirmativa da Universidade Federal do Oeste do Pará (2010 – 2015). 2018. 249 f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Educação). Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém – PA, 2018.

QUEIROZ, R.C. Olhares e perspectivas que fabricam a diversidade do passado e do presente: por uma arqueologia etnográfica das bacias dos rios Trombetas e Nhamundá. Anuário Antropológico/2013, Brasília, UnB, 2014, v. 39, n. 2: 161-200

ROCCO, R.G. O Sistema Jurídico dos Índios Wai Wai e a imprescindibilidade da diversidade no Brasil. GT 31 – Projetos de desenvolvimento e direitos territoriais das populações tradicionais: alternativas de desenvolvimento. 39º ENCONTRO ANUAL DA ANPOCS, 2014.

SANTOS, G.M; SANTOS, A.C.M. Sustentabilidade da pesca na Amazônia. Estudos avançados, v. 19, n. 54, p. 165-182, 2005.

SANTOS. KS. Trajetória das Políticas Públicas Educacionais no Brasil, 2011. Disponível em: www.anpae.org.br/simposio2011/cdrom2011/PDFs/trabalhosCompletos/.../0271.pdf. Acesso em 10/01/2019.

SILVA, A.I.W.; FARIA-JUNIOR, C.H. Consumo de pescado e outros alimentos pela população indígena da aldeia Mapuera, Oriximiná, Pará. Revista Ciências da Sociedade (RCS), Vol. 2, n. 4, p.54-78, Jul/Dez 2018

SILVA. J.; TARGINO, N.; CORRÊIA, R.A. Indígenas na universidade brasileira: sonho, esperança ou pesadelo? Revista Tempus - Actas de Saúde Coletiva. v. 6, n. 1, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.18569/tempus.v6i1.1102>.

SISBP. Manual do sistema. SISTEMA DE GESTÃO DA BOLSA PERMANÊNCIA. 2018. Disponível em <https://www.portal.ufpa.br/index.php/ultimas-noticias2/8232-inscricoes-abertas-para-auxilio-moradia-destinado-a-alunos-indigenas-quilombolas-e-populacoes>. Acessado em 10/01/2019.

UFOPA. A Ufopa mantém o auxílio financeiro aos alunos indígenas, recebeu do Ministério Público Federal (MPF). 2015. Disponível

em <http://www2.ufopa.edu.br/ufopa/noticias/2015/maio/ufopa-mantem-auxilio-financeiro-aos-alunos-indigenas>. Acessado em 10/01/2019

UFOPA. Balanço do Ingresso de alunos indígenas e quilombolas na universidade. <http://www2.ufopa.edu.br/ufopa/noticias/2017/abril/ufopa-divulga-balanco-sobre-entrada-de-alunos-indigenas-e-quilombolas-na-universidade>

UFOPA. Alunos indígenas e quilombolas recebem orientação sobre cadastro no Bolsa Permanência do MEC. 2018. Disponível

em <http://www.ufopa.edu.br/ufopa/comunica/noticias/alunos-indigenas-e-quilombolas-recebem-orientacao-sobre-cadastro-no-bolsa-permanencia/>. Acessado em 10/01/2019.

ZAR, J. H. Biostatistical Analysis. 4ed. Ed. Prentice-Hall. 1999. 661p.

Capítulo 45

PUBLIC FACILITIES LOCATION: CASE STUDY OF CATHOLIC CHURCHES IN BARRA DA TIJUCA AND RECREIO, RIO DE JANEIRO – BRAZIL

[DOI: 10.37423/200500846](https://doi.org/10.37423/200500846)

Claudio Amarante de Almeida Magalhães (Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica de Rio de Janeiro).

cmagalhaes@kartor.com.br

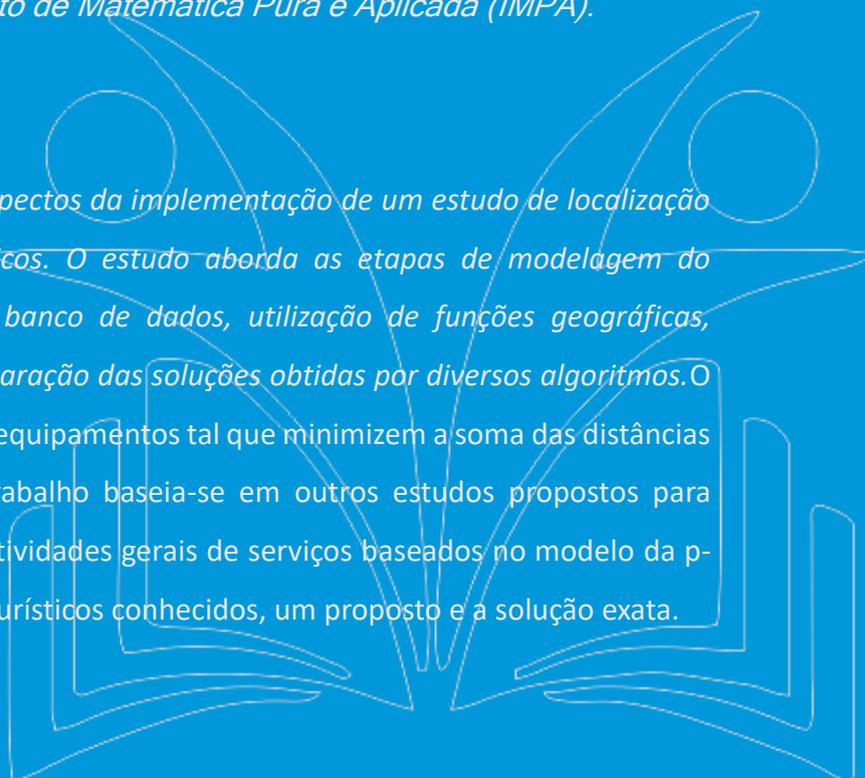
Nelio Domingues Pizzolato (Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica de Rio de Janeiro).

ndp@puc-rio.br

Guina Sotomayor Alzamora (Instituto de Matemática Pura e Aplicada (IMPA)).

guinas@impa.br

RESUMO: Este artigo visa examinar aspectos da implementação de um estudo de localização de uma rede de equipamentos públicos. O estudo aborda as etapas de modelagem do problema, concepção e correção do banco de dados, utilização de funções geográficas, monitoramento dos resultados e comparação das soluções obtidas por diversos algoritmos. O objetivo é determinar a localização de equipamentos tal que minimizem a soma das distâncias percorridas pelos seus usuários. O trabalho baseia-se em outros estudos propostos para localizar serviços de saúde, ensino e atividades gerais de serviços baseados no modelo da p-mediana, e resolvidos por métodos heurísticos conhecidos, um proposto e a solução exata.



O estudo de caso abordou a localização dos templos católicos existentes na Barra da Tijuca e Recreio dos Bandeirantes.

PALAVRAS CHAVE. Localização de equipamentos urbanos, Sistema de Informações Geográficas, modelo da p-mediana.

Área principal. L & T

1. INTRODUCTION

This paper is dedicated to the problem of locating a network of public facilities. This topic is certainly important whenever one considers an efficient and sustainable urban planning, since in any large city the location of any public facility affects the movement of people, the transportation flows, the infrastructure planning, the logistics of products, and the generation of residues, among other activities.

Such topic grows in importance when the study is directed to urban settings that face large growth rates and demand constant changes in the equipment network. This is the case that affects the majority of the large Brazilian cities, that continue to see significant density increases resulting from speculation and from internal migration. In this way, this paper involves a research theme that draws the interest of several aspects of the urban and environmental engineering.

This paper considers the location of a network of facilities, a data base rooted on geoprocessing, transportation flows etc. The main objective of this research refers to the location of catholic churches in two districts of Rio de Janeiro, in order to reduce the collective displacement or inconvenience experienced by the faithful to reach the churches, and to contribute to find their best sizes.

The case study covers two important and newly occupied districts of Rio de Janeiro, the former capital state of Brazil, namely Barra da Tijuca and Recreio dos Bandeirantes, in which the population growth process is intense and the location of churches or any other kind of facility is a matter of interest. The methodology used in this study might be applied to other religious denominations, but the choice of Catholicism is quite natural for reasons that will be made explicit below. To the best of our recollection the chosen subject is new and it has not been found in our bibliographic search.

The evolution of the Catholic Church in Brazil has been directly connected to the colonial authorities since the year 1500, with the arrival of the Portuguese conquerors to Brazil.

Since then, the Church had the control of civilian registers, and the planning of political and administrative units around the country, which were commonly shared by the State and by the Church. Until the fall of the kingdom in 1889, which succeeded National Independence in 1822, the Catholic Church remained the unique religion allowed in the country. The fall

of the kingdom marks the start of the Republic of Brazil, which brought the separation between Church and State, and the permission to other religious denominations.

In the present days, there is an impressive growth of the Evangelical and Pentecostal Churches, subdivided in a large number of sects, which individually do not represent large fractions of the population. In 2010, according to the National Census Bureau which has collected religious beliefs, there were in Rio de Janeiro: 51.0% Catholics, 15.7% agnostic, 8.9% belonging to God`s Assembly, 8.0% to general evangelical groups, 4.1 belonging to Spiritism, 3.6% were Baptists, 1.7% to the Universal Church of the Reign of God, and the remaining to a large number of Christians and non Christians denominations. In any case, the Catholic Church is the largely predominant faith in the country with 64.4% of the Brazilian population a proportion that justifies the focus of this study. In addition, contrary to most of the other denominations, the Catholic Church has a centralized control which directs its expansion plans (IBGE 2010).

In an interview in Rio de Janeiro, during the Youth World Meeting 2003, the Pope Francis mentioned that the lack of physical proximity with the faithful might be a factor for losing a large number of members.

In: “Religião e Sociedades em Capitais Brasileiras”, Jacob et al. (2013) state three reasons for the continuous loss of ground of the Catholic Church in favor of the Evangelical Churches: (i) while the Catholic Church has a bureaucratic structure based in Rom and far from the local realities, the decentralized Evangelical Churches allow for a decision process strictly more connected to the claims and wishes of their herd; (ii) the education of the priests to serve the Catholic Church is sensibly longer and more demanding than the one required by the Evangelical pastors, restraining its evolution; (iii) the costs for constructing a Catholic parish are much higher than a similar construction for the Evangelical Churches; Guerra (2003), apud Campos (2011), proposes some actions for the Catholic Church to revert the present declining

trend, which in a free translation would be: “The growth of the Evangelical and loss of faithful

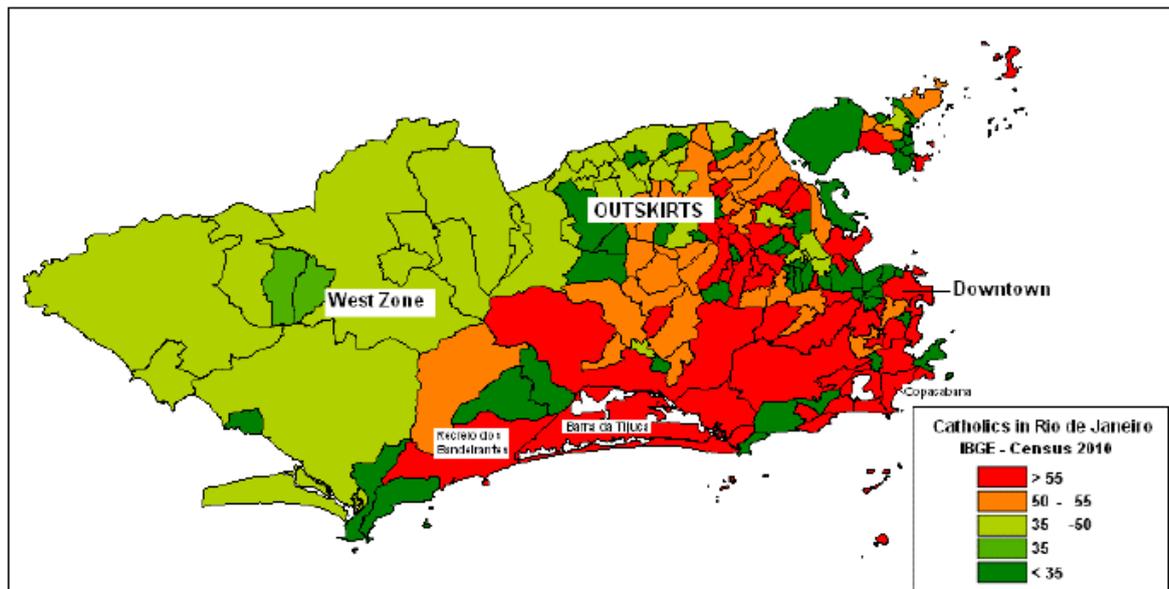
has taken the Catholic Church to adopt new forms of actions such as the adoption of management

models of private entrepreneurship style, centralization of administrative and financial

management, the concentration of ecclesiastic power, the employment of professional staff, the use of marketing strategies, and the establishment of productivity goals for priests and bishops” .

We believe that, taking steps such as using an optimization method for locating a parish and defining the respective territory increases the proximity with the faithful, optimizes the occupation of spaces and introduces systematic procedures to evaluate and simulate its expansion, in agreement with the strategies proposed by Guerra (2003).

Map 1 presents the spatial proportion of Catholics in the municipality of Rio de Janeiro. They predominate in the Center and South Areas districts, and loses participation around several strongholds, in the West zone, and in the Metropolitan Area.



Map 1: Participation of Catholics in the city of Rio de Janeiro.

Source: Census Bureau Data (IBGE 2010).

In the rest of the paper we will describe the location problem (Section 2), case study description (Section 3), methodology and experiments (Section 4) and conclusions (Section 5).

2. APPLIED LOCATION METHODOLOGY

Under varying formulations, location problems have continuously risen the interest of applied practitioners and academic professionals. Since remote times these problems have been object of studies by different sciences such as mathematics, physics, engineering,

economy, operational research and, in general, resources management. The importance of this theme is being presently renewed with approaches that include environment factors.

If we take management science as the basis, or operations research as a more restricted term, the most popular studies are related to the location of public facilities, such as schools, maternities, health services, fireman, ambulances, post services and so on, inspired on direct needs of society, as well as radars, communication centers, oil platforms, distribution centers, etc., inspired on the needs of companies (White et al. 2011, Galvão et al. 2002, Yassenovsky and Hogdon 2007, Smith et al. 2009).

With the advent of Operations Research techniques, and progress in computing resources, the p -median model has become a reference for locating problems. In analogy to the center of gravity which is the point that minimizes the weighted sum of distances to the central point, the p -median problem finds p points that minimize the sum of the weighted distance from all vertices to their closest point among these p vertices. In the latter case, the client may choose where to be served, which depends on p different choices or alternatives, and this favors the satisfaction of the geographically dispersed society's demand.

The usual definition of a facility location problem in a network consists of making the choices of locations in such a way that the collective costs, discomfort, or inconvenience be minimized. In other words, the goal is to minimize the weighted sum of the shortest distances between those claiming for the service and their closest facility.

Pizzolato et al. (2012) show that the p -median problem may be formulated as the PPM model below, in which the decision variables are x_{ij} that represent the decision of clients that are in vertex i to be served by the facility that exists in vertex j (case $x_{ij}=1$) or, otherwise, be served somewhere else (case $x_{ij}=0$):

$$\text{(PPM)} \quad \text{Min } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i d_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

$$\text{Subject to:} \quad \sum_{i=1}^n x_{ij} = 1; \quad i \in N \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{jj} = p \quad (3)$$

$$x_{ij} \leq x_{jj}; \quad i, j \in N \quad (4)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}; \quad i, j \in N \quad (5)$$

where: $[d_{ij}]_{n \times n}$ is the symmetric distance matrix, in which $d_{ii} = 0$, $[x_{ij}]_{n \times n}$ is the allocation matrix, with $x_{ij} = 1$ if vertex i is allocated to vertex j , and $x_{ij} = 0$, otherwise; and also: $x_{jj} = 1$ if vertex j is a median and $x_{jj} = 0$, otherwise; p is the number of facilities or medians to be located; n is the number of vertices in the network and $N = \{1, \dots, n\}$; w_i represents the weight of vertex i .

The PPM objective function (1) to be minimized is the weighted sum of distances of each vertex to its closest median; restrictions (2) and (4) require that each vertex i be allocated to a unique vertex j , which ought to be a median; restriction (3) determines the exact number of p medians to be located, while restriction (5) establishes integrality.

The p -median problems generally present a very large search space and their exact solutions require the use of methods based on Integer Linear Programming, with advanced algorithms. Heuristic methods, otherwise, are based on a simple logic and are, in principle, of easy implementation. On the other hand, these last methods do not warrant an optimal solution but rather a good one. In the study case below, the following methods and algorithms have been used:

- Evaluation of the actual geographical locations, or the present collective inconvenience, in order to quantify how good or poor the present locations of the churches are. In addition, some tests and quantitative indicators are derived such as: (i) the maximum and the average distance travelled by one devoted to reach its closest church; (ii) if one church is to be eliminated, what would be its consequences; in particular, which is the church whose elimination has the least inconvenience effects; and (iii) if a new church is to be constructed what would be its proposed

location. The other methods ignore the present locations, and evaluate where the churches should be located.

- The Greedy Algorithm, which progressively finds locations or medians, that reduce the collective inconvenience;
- The early Algorithm of Maranzana (1964) starts from an arbitrary solution with p medians and, using a number of steps, moves this solution towards a better one. This work has tried a number of strategies to define the values of the initial solution.
- A Mix Algorithm, proposed by the authors, tries to improve the solution found by the previous heuristic method. Basically, it considers the attraction areas defined by the Maranzana method and for each area it identifies the vertices that belong to its immediate neighborhood areas with which a complete enumeration is made to find the location of the locally optimal medians. Thanks to the Geographic Information System (GIS) methodology, which generates a neighborhood matrix, the vertices that belong to the neighborhood áreas are identified and the complete enumeration is locally applied.
- The exact or optimal solution was calculated by a branch and cut method, as described by Alzamora (2013). The optimal solution is certainly non realizable since the existing churches cannot be relocated, but it serves to quantitatively evaluate the present locations and the quality of the applied heuristics.

3. THE CASE STUDY AND A GENERAL DESCRIPTION OF THE SITUATION

The object of study are the catholic churches and chapels that exist in the districts of Barra da Tijuca and Recreio dos Bandeirantes, in the municipality of Rio de Janeiro. The entire area has been subject to an intense urbanization process that started in the 80's, in accordance with the developing plan of the urbanist Lúcio Costa, which was conceived with high buildings located in closed condominiums, and shopping centers, interconnected by express ways that favor the use of private cars.

The region has faced a strong demographic process during the last three decades, as shown in Table 1. According to the data, while in the 1980-2010 period the population grew by 24% in the whole municipality of Rio de Janeiro, in the districts under study this growth was over

700%. On the other hand, official projections estimate that the present rate of growth rate will be maintained at least along the present decade (Lins et al. 2013).

Table 1: Evolution of the population in the area of study and in the city of Rio de Janeiro

<i>YEAR</i>	<i>Study Area</i>	<i>Rio de Janeiro</i>
1980	29,127	5,090,700
1991	77,836	5,336,179
2000	129,805	5,851,914
2010	218,063	6,323,037
2020 (*)	285,748	6,661,359

Source IBGE, Census data since 1980;

(*) Projection - Instituto Pereira Passos for the RA XXIV – January 2013(Lins et al. 2013).

Quite often, this growth was anarchical and not in conformance with the original planning. This has brought several kinds of congestion, specially on the public highways, with a resulting loss of mobility and poor quality of life for its inhabitants.

Similarly, the network of catholic churches has not followed the population growth in the area, promoting excess of participants in the cults, very long displacements to reach a temple, and, consequently, evasion of many that have to relay on cars to reach the churches.

In this way, a study on the optimal location of the churches shall minimize the distances covered by the devoted, reduce the number of those that relay on private cars, reduce the air pollution, and the congestion. Benefits are certainly widespread and include better air quality, and increased attractivity for the Catholics.

4. THE METHODOLOGY AND EXPERIMENTS

The fundamental assumption of the study is that users of the public facility prefer the one closest to their residence in a way to reduce their displacement or their inconvenience. For the case study, the catholic churches selected for the study are those that offer at least one Sunday service in the given districts of Barra da Tijuca and Recreio dos Bandeirantes. Those churches are shown in Map 2.

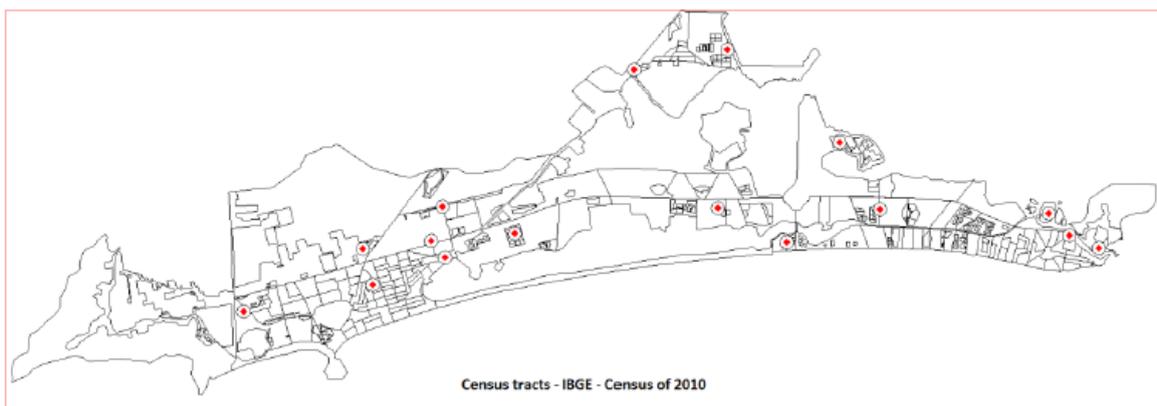


Map 2: Map of the region under study and the location of 13 churches and 3 chapels.

Field visits and interviews with some responsible at all parishes have been made and all sorts of tabulated data and maps have been collected using the IBGE Census Bureau and the Instituto Pereira Passos of the municipality of Rio de Janeiro.

Data have been compiled in tables and maps using the MapInfo Professional version 6 software, with programmed applications on the MapBasic 6.0 software, and images from the Google Earth applicative.

The population of those catholic declared residents have been collected, according to the IBGE Census Bureau 2010, by using census tracts, which are small units for controlling the space and collecting the data. Map 3 shows the existing churches and the 350 census tracts defined for the region. On average, each tract has 216 family units and 628 residents.



Map 3: Churches and Census tracts at Barra da Tijuca and Recreio dos Bandeirantes.

Source: (IBGE, 2010).

Since every census tract informs the total population, the proportion of catholics in each tract was derived using an average evaluation, i.e., the number of Catholics were estimated using sample data made by the same Census Bureau for 2010.

The population of each census tract was allocated to its mass center, called its centroid.

The location of every mass center was important for subsequently measuring distances between centroids. For this effect, orthophoto maps have been employed which aggregate tracts inside condominiums, as shown in Figure 1, and placing its centroids at points of larger concentration of houses, as shown in Figure 2.

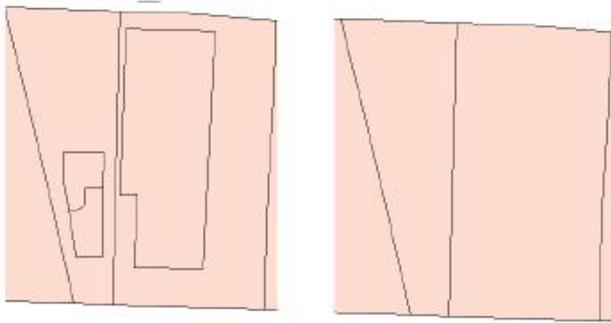


Figure 1



Figure 2

Computation of distances between every pair of vertices among the 238 centroids was made over the most important highways of the region. Using a network of auxiliary symmetric arcs, Figure 03 presents the connection of every centroid to the highway network. These connection points play the role of fictitious vertices without any population, but required for a precise measurement of distances between two vertices. The length of every arc was calculated with the use of the GIS.



Figure 3: Auxiliary network of symmetric arcs.

Once the length of each arc of the network was determined, the Floyd Algorithm was employed to calculate distances between every pair of centroids, producing a symmetric distance matrix between all 238 centroids.

Next, an asymmetric matrix using the relation: $C_{ij} = w_i \times d_{ij}$ was generated. The elements of the 238 x 238 matrix indicate the weighted cost, or inconvenience, for the population that lives in vertex i which number w_i to reach the vertex j , which is at distance d_{ij} .

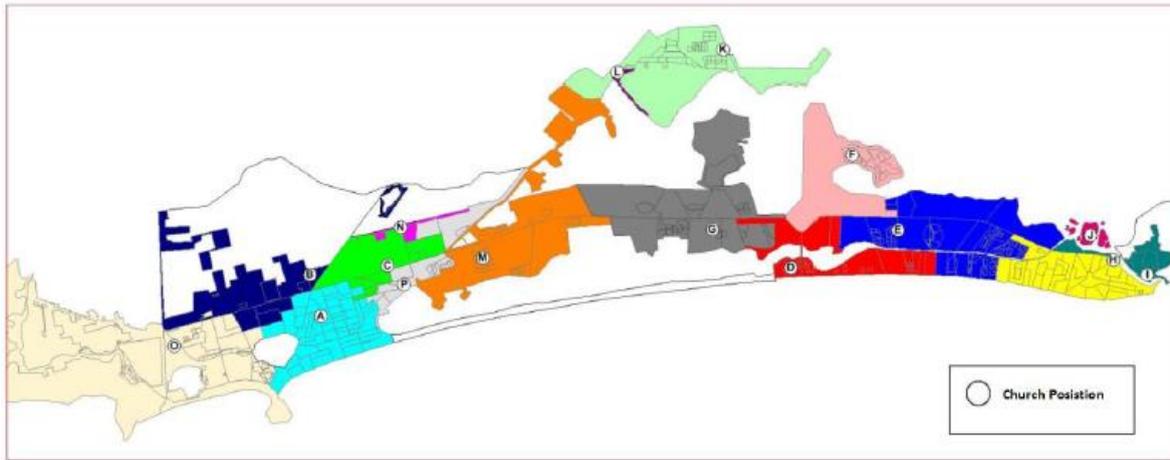
About nine different experiments have been made, described in Magalhães (2013), and summarized on Table 3. Note that the most relevant information is the value Z given on the second column of Table 3. The first three experiments refer to the existing churches network and rely on shortest distances calculations rather than models; the next five experiments apply heuristic methods; and the last experiment calculates the optimal solution. In all the experiments the following information have been collected: the population of Catholics and the total population; the church attraction area in square km, the maximum distance; the average distance; and the collective inconvenience $Z/1,000$.

In Experiment 1 the characteristics of the present church locations have been determined. Using different colors, Map 4 indicates the attraction areas for each church over the studied area. Table 2 lists the existing churches and indicates the relevant quantitative indicators.

Note that the three small chapels, having a suffix (FIX) on Table 2 are considered to serve a small and specific local population, and have been excluded from the remaining experiments and computations.

Table 2: Qualitative indicators of the Attraction Areas of each existing church, experiment 1.

ID	Color	Church	Catholics	Population	Area (sqkm)	Max. Dist (m)	Mean Dist. (m)	Cost Z/1,000
A		Imaculada Conceição	20,497	33,983	2.95	2,278	804	16,483
B		São Tarcísio	6,400	11,453	3.00	2,959	1,438	9,205
C		Santa Paulínia	3,236	5,425	1.85	1,233	688	2,226
D		Nossa Senhora da Vitória	8,994	12,812	2.18	2,942	1,347	12,114
E		Santa Rosa de Lima	28,596	44,277	4.56	3,022	2,010	57,464
F		Santo Antonio	3,727	5,949	2.82	659	85	316
G		Santo Agostinho	14,075	22,215	5.26	1,815	935	13,157
H		São Francisco de Paula	15,176	22,954	2.24	2,638	1,252	19,002
I		Santa Terezinha	1,326	2,018	0.70	1,781	324	430
J		São Pedro (FIX)	1,065	1,670	0.24	0	0	0
K		São Marcelino Champagnat	11,762	20,088	3.90	2,822	1,075	12,645
L		São José Operário (FIX)	799	1,252	0.10	0	0	0
M		São Marcos	8,869	14,024	4.90	2,288	771	6,841
N		São José do Beira Rio (FIX)	3,064	5,349	0.22	0	0	0
O		Paróquia São Pedro do Mar	16,450	30,303	12.24	1,942	1,285	21,144
P		Santuário de Fátima	5,744	9,103	1.42	1,270	611	3,512
TOTAL			149,780	242,875	48.58		1,165	174,538



Map 4: Attraction areas according to actual location.

Experiment 2 has evaluated the ideal location for constructing a new church ($p=13+1$). The result is shown in Map 5. The new solution has brought a 22 % reduction in the collective inconvenience, Z .

Experiment 3 has simulated the elimination of one church ($p=13-1$), in order to find the one whose elimination promotes the least increase in the collective inconvenience. The solution requires an increase of only 1 % in the value of Z .

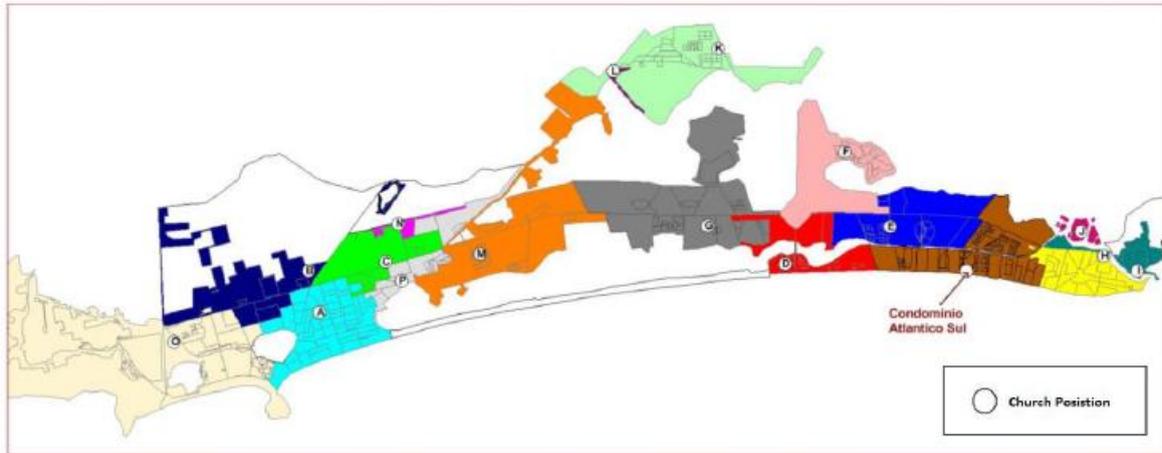
Experiments 4 through 8 ignore the present location of the churches and using heuristic methods try to find their ideal location. Experiment 4 was called Mrz_Atu and has applied the Maranzana Method, using as its initial arbitrary solution, $p=13$, the actual position of the existing churches.

Experiment 5 was called Misto_Mrz_Atu and has executed what we have called the Mix Method, after using the Method of Maranzana, and identified the neighborhood areas and vertices (Experiment 4).

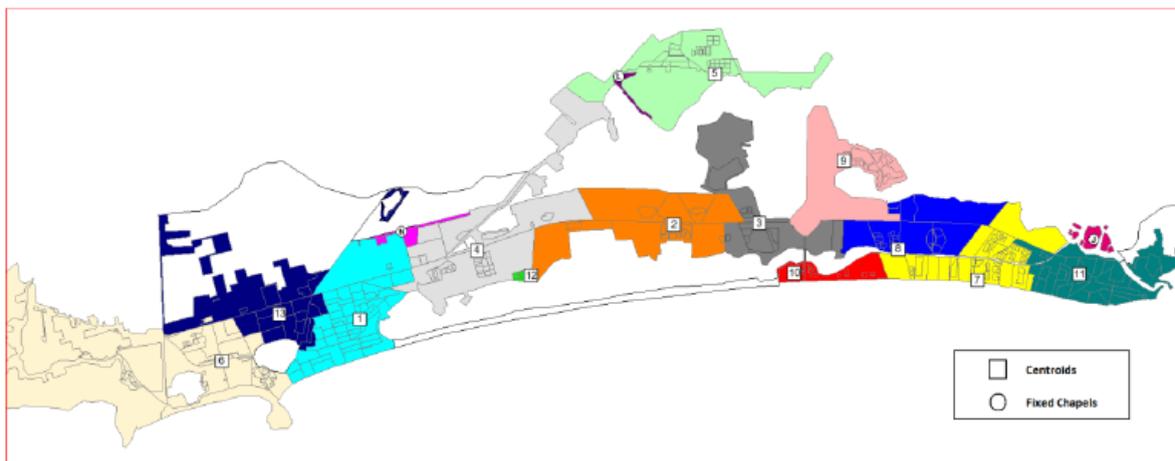
Experiment 6 has used the Greedy Method to identify the $p=13$ points.

Experiment 7 was called Mrz_Gul and has applied the Maranzana Method using as its initial arbitrary solution, $p=13$, the solution obtained by the Greedy Method.

Experiment 8 was called Misto_Mrz_Gul and has applied the Mix Method to the result found by the Maranzana Method (Experiment 5). Incidentally, this result is presented on Map 6, and it is the best heuristic solution found. The collective inconvenience is 33 % below the present church distribution.

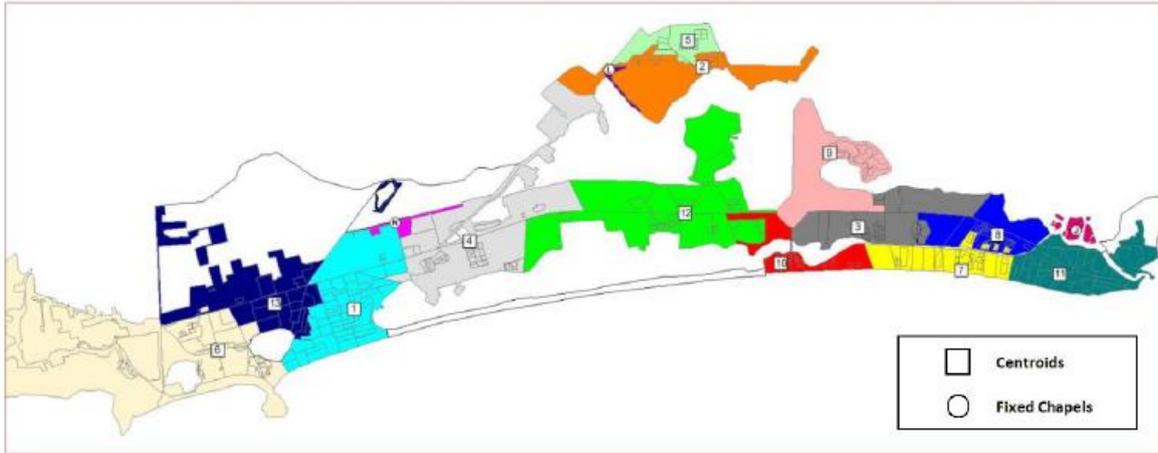


Map 5: Attraction Areas IF a new church is constructed in the South Atlantic Condominium.



Map 6: Solution resulted from the use of Misto_Mrz_Gul, the best heuristic solution found.

Finally, Experiment 9 finds the optimal solution using the branch and cut algorithm. Since the present locations are not subject to any change in their location the optimal location of the 13 points of the network had the objective to evaluate the relative quality of the heuristics used. The results are displayed on Map 7 and, interestingly, the collective inconvenience is 35 % lower than the value of Z in the present setting. Table 3 summarizes the results of the nine experiments.



Map 7: Attraction Areas: Optimal Solution

We have stated that the most important efficiency indicator is the value Z , or the collective inconvenience. However, Table 3 suggests other appropriate indicators such as the maximal distances, the average maximal distance, the homogeneity among regions, and so on.

The homogeneity may be expressed by the dispersion coefficient of Z , which is calculated by the standard deviations of the costs Z divided by the average Z . Concluding the evaluation of the results, we may state that:

- With solutions not too far from the optimal one, the results obtained suggest that concerning the collective inconvenience the Mix Method has offered better proposals. The development of a neighborhood matrix has favored the identification of improved solutions with computational advantages since unnecessary searches might be avoided.

Table 3: Synthesis of the Indicators

Solution	Costs Z/1,000	Relative Variation In Costs %	Dispersion	Variation Dispersion %	Medium Distance (m.)	Maximum Average Distance (m.)	Variation Max. Dist Average %
Present Network	174,538		1.038		1,165	1,975	
$p = 14$	136,326	- 22 %	0.770	- 26 %	910	1,890	- 4 %
$p = 12$	175,751	+ 1 %	0.965	- 7 %	1,173	2,273	+ 15 %
Mrz_Atual	127,393	- 27 %	0.757	- 27 %	851	1,969	- 0 %
Misto_Mrz_Atu	121,322	- 30%	0.730	- 30 %	810	1,865	- 6 %
Greedy Method	144,209	- 17 %	1.042	+ 0 %	963	2,057	+ 4 %
Mrz_Gul	142,053	- 19 %	1.008	- 3 %	948	2,164	+ 10 %
Misto_Mrz_Gul	117,109	- 33 %	0.741	- 29 %	782	1,927	- 2 %
Exact	112,711	- 35%	0.655	- 37 %	753	2,033	+ 3 %

- The economies brought by the Maranzana and Mix Method are dependent of the quality of the initially arbitrated solution.
- The gains obtained regarding the collective inconvenience, Z, do not imply more homogeneous results when other indicators are considered.
- The averages of the maximum distances are uncorrelated to the collective inconveniences, Z.

5. CONCLUSIONS

According to the simulations performed, the additional procedure proposed in the present research – the Mix Method, which considers neighborhood areas of influence - was able to improve the current heuristic solutions. According to the results found, it was possible to conceive a solution which reduces by 33 % the total cost of displacement of the devoted, value only 4 % worst than the one obtained by the optimal solution. The result might suggest that the procedure is valuable for small size problem instances.

The use of geoprocessing methodologies brought an important contribution to the study, since it has identified distortions noted from the direct utilization of the data base with

census tracts. This has allowed the refinement of the results through the use of automatized corrections on local problems and to determine the vertices of neighboring regions candidates to interact on the Mix Method. The results might be interpreted as distance cost indicators which, conjointly with other indicators, may offer elements for the decision making process based on quantitative methods.

It is certainly clear that this study do not consider any kind of displacement of churches or chapels from their present location. However, a detailed analysis of data and maps might contribute to dimension the capacity of the temples and the frequency of the masses, according to the estimated demands given by the models. The dimensioning is certainly dependent on the capacity of devoted per mess in each church.

REFERENCES

Alzamora G. S. (2013), Estratégias de localização de hubs para o sistema de transporte aéreo brasileiro. Phd Dissertation, Pontifical Catholic University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. (In Portuguese).

Campos Maína Celidonio de (2011), O Mercado Religioso e o Crescimento dos Evangélicos na Cidade do Rio de Janeiro. MSc.Dissertation Pontifical Catholic University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. (In Portuguese).

Galvão R. D., Acosta L. G. E. and Boffey B. (2002), A Hierarchical Model for The Location of Perinatal Facilities in Municipality of Rio de Janeiro. *European Journal of Operational Research*, 138, 495-517.

Guerra Lemuel (2003), As Influências da Lógica Mercadológica sobre as Recentes Transformações na Igreja Católica, *Revista de Estudos da Religião* Nº 2 / 2003 / pp. 1-23 (ISSN 1677-1222). (In Portuguese).

Lins I. B., Silva M. P., Silva A. C. C. and Ferreira S. G. (2013), Projeção populacional para a cidade do Rio de Janeiro 2013-2020: Uma aplicação do método AiBi. *Coleção Estudos Cariocas*, (IPP/Prefeitura do Rio de Janeiro). (In Portuguese).

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2010), Documentação da base de informações do Censo Demográfico 2010 – Resultados do Universo e por Amostragem.

Electronic source, www.ibge.gov.br. Jacob C. R., Hess D. R. and Waniez P. (2013), *Religião e Território no Brasil*, Electronic source, 1991/2010 – Rio de Janeiro: Ed. PUC-Rio, (ISBN 978-85-8006-100). (In Portuguese).

Magalhães, C. A. M., (2013), Localização de Equipamentos Públicos: Estudo de Caso dos Templos Católicos da Barra da Tijuca e Recreio dos Bandeirantes, MSc.Dissertation Pontifical

Catholic University of Rio de Janeiro, Civil Engineering Department, Rio de Janeiro. (In Portuguese).

Maranzana F. (1964), On the Location of Supply Points to Minimize Transport Cost. *Operations Research Quarterly*, 13, 261-270.

Pizzolato N. D., Raupp F. M. P and Alzamora G. S. (2012), Revisão de desafios aplicados em localização com base em modelos da p-mediana e suas variantes. *Revista Eletrônica Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento (PODES)*, v 4, n. 1, 13-42. (In Portuguese).

Smith H. K., Harper P. R., Potts C. N. and Thyle A. (2009), Planning sustainable community health schemes in rural areas of developing countries. *European Journal of Operational Research* 193, 768-777.

White L., Smith H. and Currie C. (2011), OR in developing countries: A review. *European Journal of Operations Research*, 208, 1-11.

Yasenovskiy V. S. and Hodgson M. J. (2007), Hierarchical Location-Allocation with Spatial Choice Interaction Modeling. *Annals of the Association of American Geographers*, 97, 496-511. 1739.

Capítulo 46

PROBLEMA DE ALOCAÇÃO DE SEÇÕES ELEITORAIS EM LOCAIS DE VOTAÇÃO NO MUNICÍPIO DE PALMAS-TO

[DOI: 10.37423/200500841](https://doi.org/10.37423/200500841)

Fernando Jorge Ebrahim Lima e Silva (Mestrado em Modelagem Computacional de Sistemas - Universidade Federal do Tocantins).

fjebrahim@gmail.com

Marcelo Lisboa Rocha (Mestrado em Modelagem Computacional de Sistemas - Universidade Federal do Tocantins).

marcelolisboarocha@gmail.com

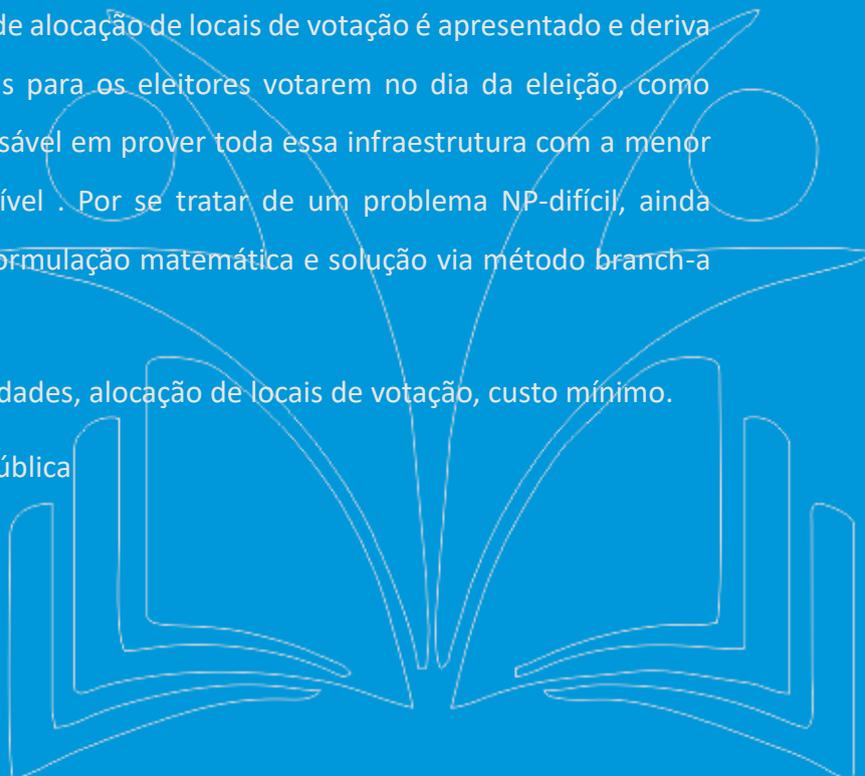
David Nadler Prata (Mestrado em Modelagem Computacional de Sistemas - Universidade Federal do Tocantins).

ddnprata@gmail.com

RESUMO: Neste trabalho, o problema de alocação de locais de votação é apresentado e deriva da necessidade de disponibilizar locais para os eleitores votarem no dia da eleição, como também do interesse do órgão responsável em prover toda essa infraestrutura com a menor utilização de recursos (públicos) possível. Por se tratar de um problema NP-difícil, ainda inédito em suas características, uma formulação matemática e solução via método branch-and-bound foram propostos.

PALAVRAS CHAVE: localização de facilidades, alocação de locais de votação, custo mínimo.

Área principal: PO na Administração Pública



1. INTRODUÇÃO

As eleições brasileiras são realizadas a cada dois anos, e envolvem não apenas o deslocamento dos cidadãos brasileiros até os locais de votação, mas todo um preparo e uma logística para que nesses dias tudo corra a contento. Aliado a esse preparo, está inserido um custo que sai dos cofres da união e não pode passar despercebido. De modo a exemplificar o gasto realizado nesse processo, o Tribunal Superior Eleitoral – TSE divulgou que as Eleições Municipais de 2012 consumiram recursos da ordem de R\$ 395.270.694,00, o que dá um custo médio de R\$ 2,81 por eleitor. No Tocantins, essa soma foi de R\$ 7.093.797,75 se traduzindo num custo médio de R\$ 7,15 (sete reais e quinze centavos) por eleitor.

Buscar a menor quantidade de locais de votação, de modo a reduzir os custos de instalação e de mobilização da Justiça Eleitoral é um problema típico de otimização combinatória, que permite a aplicação de métodos exatos, aproximativos ou meta-heurísticos que possam gerar bons resultados quanto à melhor configuração dos locais de votação, e assim, contribuir com a redução do custo geral das eleições no Brasil (BOZKAYA et al, 2011),(CHOU et al 2011) e (CHOU et al, 2011) .

No presente trabalho, é apresentado o problema de localização de locais de votação, o qual envolve a problemática associada à busca pela menor quantidade destes locais sujeito a restrições de capacidade (relativa à capacidade de atender ao número de seções eleitorais e seus respectivos eleitores), com vistas à redução global de custos da eleição. A aplicação dos resultados deste trabalho não impactarão diretamente no eleitor nem será necessário realizar novo cadastro de eleitores, pois as mudanças que ocorrerão serão apenas quanto aos locais de votação, dos quais alguns podem ser extintos e as seções que lá existiam serão transferidas para outro local próximo de acordo com as restrições impostas (de distância máxima de mudança e capacidade do novo local).

O restante deste trabalho está organizado da seguinte maneira: inicialmente são apresentados alguns conceitos associados à localização de seções eleitorais e a localização de eleitores, com destaque para as suas principais características e restrições no mundo real, com a apresentação dos aspectos legais e operacionais próprios, para que se tenha uma conceituação clara do mesmo, além da modelagem matemática adotada. Logo após, apresenta-se a metodologia do trabalho que engloba a descrição dos

recursos utilizados, de software e de hardware, o modo como foram geradas as instâncias de teste e a técnica de branch-and-bound. Por fim, os resultados obtidos são mostrados, além da análise destes resultados.

O município escolhido foi Palmas-TO e foram selecionados 03 (três) locais de votação para iniciar os testes e avaliar a proposta.

2. ELEMENTOS FUNDAMENTAIS À LOCALIZAÇÃO DE SEÇÕES ELEITORAIS E ALOCAÇÃO DE ELEITORES

2.1. DIVISÃO ADMINISTRATIVA DA JUSTIÇA ELEITORAL PARA FINS DE VOTAÇÃO

Para ns de realização das eleições e o efetivo exercício do voto, os eleitores precisam estar vinculados a uma unidade administrativa da Justiça Eleitoral, o que é caracterizado, em seu cadastro eleitoral, por quatro itens: o estado da federação, o município, a zona e a seção eleitoral. A seção eleitoral é a menor unidade de divisão administrativa do eleitorado, sendo ela a indicação do local onde o eleitor irá comparecer no dia da eleição para depositar ou registrar o seu voto. As seções eleitorais, por sua vez, são instaladas em prédios denominados de locais de votação, que podem conter mais de uma seção, a depender do número de salas disponíveis.

2.1.1 PREMISSAS PARA INSTALAÇÃO DE SEÇÕES ELEITORAIS

Algumas regras previstas na legislação eleitoral em relação aos pontos possíveis de instalação de seções nos locais de votação são: a) as seções eleitorais devem ser instaladas preferencialmente em prédios públicos, com a instalação em prédios particulares se houver necessidade; b) na zona rural, as seções eleitorais não podem ser instaladas em propriedade privada; c) uma vez instalado um local de votação em determinado prédio, é possível que funcionem no mesmo local tantas seções eleitorais quanto o número de salas adequadas e disponíveis, com a alocação máxima de 400 eleitores em cada seção nas cidades do interior e 500 eleitores nas capitais de estado. O número mínimo para a instalação de uma seção eleitoral é de 50 eleitores. (OLIVEIRA, 2013).

Em síntese, cada eleitor estará vinculado a uma seção eleitoral e esta, por sua vez, estará alocada a um determinado local, que comportará tantas seções quantas salas disponíveis existirem. A capacidade de atendimento de cada local é definida pela quantidade de salas

multiplicada pela quantidade máxima de eleitores permitida.

2.2. LOGÍSTICA ASSOCIADA

O funcionamento da eleição é baseado, principalmente, na divisão administrativa apresentada anteriormente, com a disponibilização, no dia do pleito, de toda uma estrutura para a captação do voto dos eleitores, com a correspondente estrutura de distribuição e coleta do material utilizado, nomeação, treinamento e retribuição financeira de pessoal necessário para os trabalhos, segurança pública e fiscalização da eleição.

A estrutura necessária ao funcionamento das seções eleitorais em Palmas-TO (IBGE, 2015), assim como os aspectos associados aos custos são: a) em cada seção instalada trabalham no dia da eleição um total de 04 mesários, que recebem capacitação por parte da Justiça Eleitoral; b) as pessoas nomeadas para trabalharem como mesários recebem um valor a título de auxílio-alimentação; c) os mesários que efetivamente comparecerem ao treinamento e trabalharem no dia da eleição adquirem o direito a folga pelo dobro dos dias trabalhados à disposição da Justiça Eleitoral (treinamento e dia da eleição), o que se caracteriza como custo absorvido por terceiros; d) para cada local de votação instalado são nomeados: administrador de prédio, apoio administrador de prédio, apoio local de votação, técnico de transmissão, apoio balcão de informação e auxiliar de serviços gerais, os quais participam de capacitação, recebem auxílio-alimentação e folgas; e) em cada local de votação são realizadas vistorias antes do dia da eleição; f) para cada seção eleitoral em funcionamento é preparada uma urna eletrônica e além disso um quantitativo geral de urnas eletrônicas de contingência para casos de falhas nas urnas preparadas de início; g) na véspera da eleição as urnas eletrônicas são entregues em cada local de votação de acordo com a quantidade de seções; h) na véspera da eleição uma equipe de técnicos visita todos os locais e instala as urnas eletrônicas; i) para cada local de votação é disponibilizada força policial que permanecem no local desde a véspera da eleição até o encerramento dos trabalhos e o recolhimento das urnas e mídias com os resultados da votação (pendrive, etc); j) as urnas eletrônicas e mídias são recolhidas a um determinado ponto base; k) há o custo do próprio funcionamento do local de votação durante um dia inteiro com intensa movimentação de eleitores (limpeza, energia elétrica, banheiros, água); l) para cada seção é encaminhado um kit de material de consumo, além de cadernos de votação, que são impressos com a listagem de todos os eleitores.

Das informações apresentadas anteriormente, constata-se que a localização e quantidade mínima de locais de votação, sem a necessidade de realocar eleitores em novas seções eleitorais, é um dos fatores principais que afetam o custo final de uma eleição, além de estar diretamente ligada à satisfação dos usuários do sistema eleitoral, incluindo os eleitores, a força policial, os trabalhadores da Justiça Eleitoral e a própria sociedade, a qual irá receber os resultados e avaliar a lisura e eficiência do processo eleitoral.

Não há dúvidas, por tudo o que foi apresentado, que o problema de determinação de locais de votação possui características que o torna apto a ser estudado como um problema de otimização combinatória. Este é o objetivo do presente trabalho que introduz tal problema à comunidade acadêmica, com uma descrição detalhada e a propositura de modelo matemático e um método heurístico para a solução do mesmo.

3.ITENS DE CUSTOS EM UMA ELEIÇÃO

O custo de uma eleição é composto de vários itens, constando de custos diretos e indiretos referentes ao pleito. Nessa seção do trabalho serão apresentados esses itens de custo e seu impacto financeiro no custo total de uma eleição e com a sua otimização e uso racional, pode-se reduzir esse custo. De acordo com (CAMARGO, 2012), a redução do número de pessoas é da ordem de 30% no estado do Tocantins. No entanto, para Palmas, a redução esperada é maior, tendo em vista que a formação da equipe de apoio em cada local de votação é diferente do restante do estado, conforme pode ser observado nas Tabelas 1 e 2.

Equipe Interior	Equipe Capital
01 Administrador de Prédio	Administrador de Prédio
01 Policial	Apoio administrador de prédio
01 Serviço Gerais	Apoio local de votação
	Apoio balcão de informação
	Auxiliar de serviços gerais
	Técnico de transmissão
	02 Motoristas

Tabela 1 – Equipes de apoio a cada tipo de local de votação

Equipe Capital	Total
Administrador de Prédio	71
Apoio administrador de prédio	71
Apoio local de votação	71
Apoio balcão de informação	71
Auxiliar de serviços gerais	71
Técnico de transmissão	71
02 Motoristas	142
Total	568

Tabela 2 – Quantidade de Pessoas alocadas para trabalhar nos locais de votação em Palmas-TO

CUSTOS DIRETOS

Custos Diretos são os importados diretamente pela Justiça Eleitoral e os recursos são previstos em orçamento específico para as eleições. Não é possível ainda mensurar o valor exato, mas conforme demonstrado por (CAMARGO, 2012) com a redução de locais, a logística geral também será reduzida, pois se haverá menos locais para levar e buscar urnas, assim como, as equipes de suporte poderão ser reduzidas, uma vez que as seções estarão mais concentradas e os problemas advindos também.

CUSTOS INDIRETOS

Para a realização das eleições, a Justiça Eleitoral convoca e solicita pessoas e recursos como veículos e ambientes, o que implica em custos que não são pagos diretamente por ela, mas são suportados pela nação, e esse custo é bem significativo como explicitado por (CAMARGO, 2012).

REDUÇÃO ESPERADA

Camargo(2012) estimou que a economia dos custos totais, seria próxima a R\$ 902.000,00 (novecentos e dois mil reais) em relação a um custo da eleição no Tocantins em 2012, da ordem de R\$ 6.500.000,00 (seis milhões e quinhentos mil reais), o que equivale a uma redução de 13,87%.

Somente para se ter uma ideia, os custos suportados pela Justiça Eleitoral no Estado do Tocantins no ano de 2014 somaram R\$ 9.092.073 (nove milhões, noventa e dois mil, setenta e três reais e vinte e três centavos) e se aplicada a redução aqui proposta e de acordo com os cálculos acima, esse custo poderia cair pelo menos R\$ 1.252.887,66 (um milhão, duzentos e cinquenta e dois mil, oitocentos e oitenta e sete reais), mas esperamos que seja

mais reduzido ainda tendo em vista as características específicas da cidade de Palmas-TO conforme já explicado.

4. APLICAÇÃO DO MÉTODO BRANCH-AND-BOUND PARA MINIMIZAÇÃO DO CUSTO DE ALOCAÇÃO DOS LOCAIS DE VOTAÇÃO

Nessa seção serão apresentados o modelo matemático desenvolvido para o problema em questão e a abordagem utilizada para resolver o mesmo. No tocante ao modelo matemático utilizado, o mesmo apresenta diferenças em relação ao trabalho apresentado em (OLIVEIRA, 2013), que foi trabalho de referência utilizado. Essas diferenças se dão principalmente, no tocante a:

- Em (OLIVEIRA, 2013) visa minimizar o número de locais de votação, mas não necessariamente o custo total da eleição.
- A abordagem proposta em (OLIVEIRA, 2013), exige que eleitores sejam realocados em seções diferentes, o que exigiria um recadastro dos mesmos, o que acarretaria um custo adicional tanto para órgão responsável quanto para a população.
- Na abordagem aqui proposta, desloca-se apenas as seções entre locais e não diretamente os eleitores (respeitando o limite de capacidade de cada local e a distância máxima permitida para esse deslocamento).

4.1 MODELO MATEMÁTICO

Como já mencionado anteriormente, o problema de instalação de seções eleitorais e alocação de eleitores pode ser formulado como um problema de localização de facilidades, sendo que vários modelos dessa classe de problema específico podem ser utilizados para tratar o primeiro, a depender, em cada caso, das características consideradas e do objetivo que se deseja estudar.

Para o presente trabalho foi adotado um modelo matemático derivado do problema das p-medianas (ROCHA and BHAYA, 2006) com o acréscimo de um item para reduzir o número de locais de votação, o qual pondera a instalação de cada nova facilidade por um custo determinado, ficando a cargo do próprio modelo identificar a quantidade adequada de locais de votação a partir da função objetivo. Em síntese, o modelo visa a redução do custo

total da eleição e consequentemente o número de locais a serem instalados (o custo é diretamente proporcional ao número de locais de votação).

Segue abaixo na Tabela 3, a formulação matemática adotada para o problema:

MINIMIZE	
$\sum_{j \in J} M X_j + \sum_{i \in I} e_i d_{ij} y_{ij} \quad (1)$	$J \rightarrow$ conjunto de locais elegíveis (indexados por j) $I \rightarrow$ conjunto de setores geográficos (indexados por i) $e_i \rightarrow$ demanda (eleitores) no setor i
SUJEITO A	
$\sum_{j \in J} y_{ij} = 1 \quad \forall i \in I \quad (2)$	$K_j \rightarrow$ capacidade de atendimento do local j $d_{ij} \rightarrow$ menor distância entre o setor i e local j $S \rightarrow$ distância máxima admitida $M \rightarrow \{\max\} e_i * \{\max\} d_{ij} * n(J)$
$\sum_{i \in I} e_i y_{ij} \leq K_j X_j \quad \forall j \in J \quad (3)$	
$y_{ij} d_{ij} \leq S \quad \forall i \in I, j \in J \quad (4)$	
VARIÁVEIS DE DECISÃO	
$X_j = \{0,1\} \quad \forall j \in J \quad (5)$	$\text{Peso associado à instalação de novo local}$
$y_{ij} = \{0,1\} \quad \forall i \in I, j \in J \quad (6)$	1 , se local j for instalado $X_j = 0$, caso contrário 1 , se demanda i for atendida por local j $y_{ij} = 0$, caso contrário

Tabela 3 – Informações dos locais de votação para geração da formulação matemática

A função objetivo (1) possui duas partes: a primeira busca reduzir o número de locais de votação a serem instalados, a partir da aplicação de uma taxa excessivamente grande (M) associada a cada novo local instalado, enquanto que a segunda parte visa reduzir a distância total de deslocamento dos eleitores. O parâmetro M ($M \leftarrow \{\max\} e_i * \{\max\} d_{ij} * n(J)$) é obtido pela multiplicação da maior demanda individual ($\max\{e_i\}$) pela maior distância entre um setor e um local ($\{\max\} d_{ij}$) e pelo número de locais ($n(J)$). Dessa forma, tem-se que o objetivo neste modelo é reduzir a distância total de deslocamento dos eleitores a partir da instalação de um número mínimo de locais de votação.

A restrição (2) impõe que a demanda de um determinado setor i seja atendida por um único local de votação j . A restrição (3) determina que a demanda (e_i) alocada a cada um dos locais selecionados para a solução (X_j) seja inferior à sua capacidade de alocação (K_j). Por fim, a restrição (4) impõe uma restrição de distância, de modo que os eleitores sejam atendidos dentro de uma determinada distância de atendimento, o que é lançada como um parâmetro de entrada do sistema.

4.2 TÉCNICA BRANCH-AND-BOUND

O algoritmo Branch and Bound (B&B) é um dos procedimentos mais utilizado na resolução de problemas de PLI (Programação Linear Inteira) (LACHTERMACHER, 2002).

Existem diversas variantes deste método para o tratamento de diversos tipos de problemas específicos. A ideia geral é a de dividir o conjunto de soluções viáveis em subconjuntos de interseções entre si, calculando os limites superiores e inferiores para cada subconjunto de acordo com as regras preestabelecidas, ou seja, o método B&B baseia-se na ideia de desenvolver uma enumeração inteligente dos pontos candidatos à solução ótima inteira do problema (LONGO, 2004)

O algoritmo B&B varre uma árvore na qual cada nó representa um subproblema do problema inicial na intenção de achar o caminho da raiz até uma folha com o menor custo, ou seja, para esse algoritmo, encontrar a solução não é o fim, ele precisa saber qual solução tem o menor esforço e/ou melhor solução. Sabendo isso, ele pode se dar ao direito de dispensar alguns caminhos que o levarão a uma solução, desde que se saiba que essa solução certamente será mais custosa do que uma outra solução já encontrada previamente (LONGO, 2004).

5. TESTES E RESULTADOS COMPUTACIONAIS

Nesta Seção, serão apresentados os testes e resultados computacionais realizados sobre a metodologia proposta, buscando a solução ótima, fazendo uso de uma simulação utilizando dados reais de eleição do município de Palmas-Tocantins.

5.1. TESTES COMPUTACIONAIS

Os testes computacionais foram realizados em um computador Processador Intel Core I7 com 4GB de RAM com Windows 8. Já o método Branch-and-Bound foi codificado na linguagem C e fazendo-se uso da API do GLPK (GLPK, 2014).

A partir de dados reais da eleição majoritária realizada em 2014, obtida junto ao TRE (Tribunal Regional Eleitoral), utilizou-se as informações constantes da Tabela 4 para a geração da formulação matemática correspondente.

Valor	Descrição
3	Quantidade de locais
2400	Capacidade do local 01
2000	Capacidade do local 02
1600	Capacidade do local 03
8	Quantidade de Seções
400	Número de Eleitores da Seção 01
400	Número de Eleitores da Seção 02
400	Número de Eleitores da Seção 03
400	Número de Eleitores da Seção 04
400	Número de Eleitores da Seção 05
400	Número de Eleitores da Seção 06
400	Número de Eleitores da Seção 07
400	Número de Eleitores da Seção 08
0 3 0 5 3 5 3 0	Linha 01 da matriz de distâncias
3 0 3 4 0 4 0 3	Linha 02 da matriz de distâncias
5 4 5 0 4 0 4 5	Linha 03 da matriz de distâncias
4	Distância máxima permitida

Tabela 4 – Informações dos locais de votação para geração da formulação matemática.

5.2. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Como resultado da aplicação do método Branch-and-Bound à formulação proposta para o problema, tem-se na Tabela 5, os valores ótimos para cada variável do problema conforme os dados da instância fornecida na Tabela 4.

Tabela 5 – Extrato da saída do GLPK

	Variável	Valor
1	x1	1
2	x2	0
3	x3	1
4	Y1i2	1
5	Y1i4	0
6	Y1i5	1
7	Y1i6	0
8	Y2i1	0
9	Y2i3	0
10	Y2i4	0
11	Y2i6	0
12	Y2i8	0
13	Y3i1	0
14	Y3i2	0
15	Y3i3	0
16	Y3i5	0
17	Y3i7	0
18	Y3i8	0
19	Y1i1	1
20	Y1i3	1
21	Y1i7	1
22	Y1i8	1
23	Y2i2	0
24	Y2i5	0
25	Y2i7	0

26	Y3i4	1
27	Y3i6	1

Na Tabela 5, pode-se observar nas linhas 1, 3, 4, 6, 19, 20, 21, 22, 26 e 27 se encontram com o valor da coluna valor em 1 (um), o que indica que há atividade nesses elementos. Nas linhas 1, 2 e 3, aponta para os locais de votação x1, x2 e x3. Observamos que os locais x1 e x3 (correspondentes aos locais 1 e 3) estão com o valor em 1 (um), enquanto que o x2 (local 2) tem o valor em 0 (zero). Isso quer dizer que de acordo com a formulação matemática proposta, o local 2 deverá ser desativado e os locais 1 e 2 deverão permanecer em atividade.

As seções que antes se encontravam no local 2 foram deslocadas para os demais locais que permaneceram ativos, e a formulação também nos apresenta esse resultado nas linhas 4, 6, 19, 20, 21, 22, 26 e 27 que apresentam valor em 1 e pela variável é possível saber a distribuição das urnas pelos locais conforme a seguir:

4 - Y1i2 - A urna 02 deverá ser instalada no local 1

6 - Y1i5 - A urna 05 deverá ser instalada no local 1

19 - Y1i1 - A urna 01 deverá ser instalada no local 1

20 - Y1i3 - A urna 03 deverá ser instalada no local 1

21 - Y1i7 - A urna 07 deverá ser instalada no local 1

22 - Y1i8 - A urna 08 deverá ser instalada no local 1

26 - Y3i4 - A urna 04 deverá ser instalada no local 3

27 - Y3i6 - A urna 06 deverá ser instalada no local 3

Então, o resultado obtido foi que o local 2 foi suprimido e as seções que lá se encontravam foram redistribuídas entre os locais 1 e 2. Com este experimento obtive-se uma redução de 1/3 dos locais de votação, que se mostrou alinhado aos estudos apresentados por Camargo (2012), conforme pode ser observado nas Tabelas 6 e 7.

Local	Seções
01	01,03 e 08
02	02,05 e 07
03	04 e 06

Tabela 6 – Distribuição existente.

Local	Seções
01	01,02,03,05,07 e 08
03	04 e 06

Tabela 7 – Distribuição apontada pela formulação matemática.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O problema de definição de locais de votação é um problema não inédito, no entanto este trabalho se propõe a uma solução mais prática e sem custos, uma vez que não implica em mudar os eleitores de seções, mas apenas os locais de votação que poderão ser modificados. Na prática, o eleitor não precisará comparecer ao cartório eleitoral, pois sua seção não irá mudar e por outro lado, a Justiça Eleitoral não irá enfrentar e arcar com os custos de uma revisão eleitoral. Observa-se que o mesmo possui potencial de estabelecer-se como um problema teórico-prático de relevância, em face da grande possibilidade de desenvolvimento de instâncias de tamanhos e complexidade diferentes, o que permitirá aos pesquisadores desenvolver métodos exatos e mesmo algoritmos aproximativos que possam tratá-lo, além de possibilitar o confronto dos resultados com situações reais.

Este experimento demonstrou a viabilidade de sua aplicação bem como sugere uma redistribuição de locais de votação apontando para uma significativa redução de custos diretos e indiretos. As próximas etapas desse trabalho envolvem a realização de experimentos considerando todos os locais e seções eleitorais como também o desenvolvimento de uma interface gráfica para determinação dos locais de votação e visualização dos resultados.

O prosseguimento dos estudos nesta área permitirá o desenvolvimento de ferramentas que auxiliarão a Justiça Eleitoral a melhorar os serviços prestados e a consequente redução do custo total das eleições não apenas em Palmas, mas em todo o estado do Tocantins e até mesmo no Brasil.

Espera-se que a Justiça Eleitoral possa utilizar esta formulação para definir os melhores locais para se instalar as seções eleitorais. Em um futuro bem próximo será desenvolvido

um sistema que irá realizar estes cálculos para qualquer cidade do Brasil e apresente os resultados de uma forma mais amigável ao usuário final.

REFERÊNCIAS

BOZKAYA, Burcin; ERKUT, Erhan; HAIGHT, Dan; LAPORTE, Gilbert. Designing New Electoral Districts for the City of Edmonton. Interfaces. Disponível em <<http://goo.gl/THGcPG>>. 2011.

CAMARGO, C. R. Alocação dos Eleitores em Locais de Votação. Resenha eleitoral. Jan/Jun 2012 ISSN : 0104-6152

CHOU, Chung I; LI, Sai-Ping. Spin systems and Political Districting Problem. Journal of Magnetism and Magnetic Materials. Vol. 310, Issue 2, Part 3, 2007. Disponível em

< <http://goo.gl/NHc9s7>>. 2007.

CHOU, Christine; KIMBROUGH, Steven O.; MURPHY, Frederic H.; SULLIVAN FEDOCK, John; WOODARD, Jason C. On empirical validation of compactness measures for electoral redistricting and its significance for application of models in the social sciences. Social Science Computer Review. 2013.

GLPK (2014). GNU Linear Programming Kit. Disponível

em <http://www.gnu.org/software/glpk>

IBGE (2015). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE Cidades@: Tocantins - Palmas. Censo 2014. Disponível em: <http://cod.ibge.gov.br/232MB>

Acesso em: 20/04/2015

LACHTERMACHER, G. Pesquisa Operacional na Tomada de Decisões. Editora CAMPUS, Rio de Janeiro, 2002.

LONGO, H. J. Técnicas para Programação Inteira e Aplicações em Problemas de Roteamento de Veículos. Tese Doutorado, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

OLIVEIRA, F. M. de, Aloise, D. J., de Lima Júnior, F. C., Aloise, D., & do Nascimento, H.

A. D. Problema de Localização de Seções Eleitorais e Alocação de Eleitores. XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional – Natal-RN. 2013

ROCHA, M. L. ; BHAYA, A. An asynchronous team proposal for the capacitated p-median problem. In: 19Th International Symposium on Mathematical Programming, 2006, Rio de Janeiro.

Capítulo 47

ESTUDO DE MICROMOVIMENTOS PARA OTIMIZAÇÃO E PADRONIZAÇÃO DO MÉTODO DE TRABALHO EM UMA INDÚSTRIA TÊXTIL DE VITÓRIA DA CONQUISTA/BA

[DOI: 10.37423/220410596](https://doi.org/10.37423/220410596)

Thayronne Santos Oliveira (Faculdade Independente do Nordeste (FAINOR) .

thayronne.so@gmail.com

Jessica Viana de Freitas (Faculdade Independente do Nordeste (FAINOR).

jell_viana@hotmail.com

Paulo César Lima Silva (Faculdade Independente do Nordeste (FAINOR).

cesarls@uol.com.br

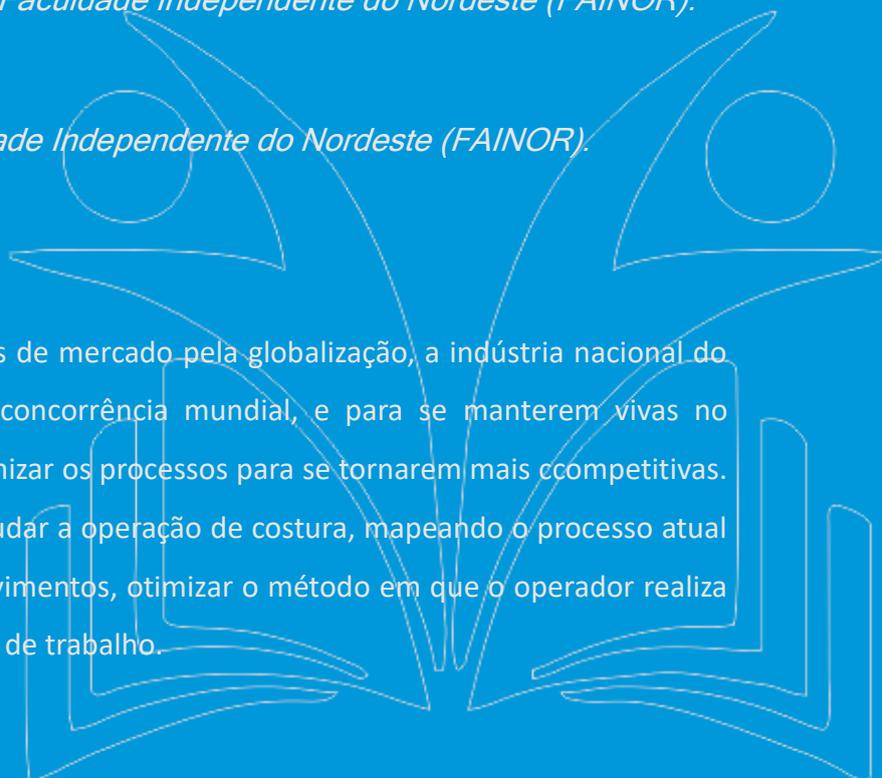
Rudgero Oliveira do Nascimento (Faculdade Independente do Nordeste (FAINOR).

rudgero@ymail.com

Felipe Ungarato Ferreira (Faculdade Independente do Nordeste (FAINOR).

ungarato@yahoo.com.br

RESUMO: Com a queda das barreiras de mercado pela globalização, a indústria nacional do setor têxtil e de confecção possui concorrência mundial, e para se manterem vivas no mercado, as empresas procuram otimizar os processos para se tornarem mais competitivas. Este trabalho tem como objetivo estudar a operação de costura, mapeando o processo atual e, com ajuda da análise de micromovimentos, otimizar o método em que o operador realiza as tarefas no decorrer da sua jornada de trabalho.



Para conseguir atingir esse objetivo, foi estudado uma operação da costura passível de melhoria, formulando o melhor método para que a operação seja realizada, identificando os micromovimentos desnecessários realizados pelo operador e otimizando a operação, eliminando o desperdício de movimentação. Para comprovar as melhorias foi coletado os tempos com as técnicas de cronoanálise, onde foi observado uma redução do tempo da operação e da fadiga do operador. Isso possibilita que o operador produza com mais eficácia e tenha menos desgaste físico. Em percentual, observou-se um ganho de 28,45% com a implementação dos métodos descritos nessa pesquisa. Com base nos resultados apresentados, pode-se observar que essa é uma prática que gera resultados expressivos e deve ser passada para as demais operações do setor estudado, bem como nos outros setores, fazendo com que a empresa se torne cada vez mais competitiva.

Palavras-chave: Micromovimentos; Cronoanálise; Indústria Têxtil.

1. INTRODUÇÃO

Segundo a Associação Brasileira de Indústria Têxtil, a indústria têxtil, com quase duzentos anos de instalação no país, passou por várias transformações até se tornar o quarto maior produtor de malha do mundo, possuindo a maior cadeia de produção têxtil do ocidente desde a plantação do algodão até os desfiles de moda (ABIT, 2018). Para Caldeira e Medeiros (2018), por ser um mercado amplo e plurinacionalista, a indústria têxtil desafia as organizações a fornecerem soluções e sofisticções que satisfaçam a seus clientes. Com a competitividade cada vez mais acirrada no país e até fora, surge a necessidade de aumentar a eficiência da produção e entregar pedidos com a qualidade cada dia mais aperfeiçoada, satisfazendo o cliente final. Em busca da otimização dos seus processos, algumas empresas adotam como filosofia de trabalho o Lean Manufacturing, que, segundo Lopes e Frota (2015), é o meio de produção enxuta com o objetivo de eliminar os desperdícios praticados pela produção no seu dia a dia. Um método de redução de desperdício, nesse caso no setor de costura, é a utilização da análise dos micromovimentos, que para Barnes (2012) pode ser uma ferramenta potencial para mapear as atividades realizadas em uma operação e eliminação de desperdício de movimentações com finalidade de otimizar o tempo de realização dessa tarefa. Diante disto, o intuito deste trabalho é a obtenção do melhor método para realizar uma operação da costura em uma indústria de confecções do Sudoeste da Bahia, utilizando a análise de micromovimento na tentativa de eliminar os movimentos desnecessários.

2. PRODUÇÃO ENXUTA

O lean manufacturing surgiu no Japão no final da década de 1940 na empresa de veículos Toyota Motor Company. Tem como principal finalidade otimizar o processo produtivo, eliminar desperdícios e satisfazer as expectativas do cliente, conseguindo entregar a ele valor, na hora correta, na quantidade solicitada previamente, com qualidade elevada e o preço baixo (EYNG et al. 2017). Rossetti (2017) acrescenta que o sistema Toyota toma popularidade em 1990 dando início a um novo ciclo produtivo levando a empresa a ter sempre melhores desempenhos, tirando o foco do fim do processo produtivo, lucro e clientes, e trazendo o foco para os meios, melhores formas de produzir.

Ainda segundo o autor, o lean manufacturing significa produzir eliminando tudo que não agrega valor ao cliente final, ou seja, eliminando os desperdícios. Ele ainda conceitua

desperdício como todo e possível trabalho ou atividade com defeito, não se limitando apenas aos produtos. Rossetti (2017) enumera sete tipos de desperdícios:

- Superprodução: Capacidade de produção maior do que os clientes conseguem absorver, gerando estoques e custos para a empresa;
- Estoques em excesso: Ocorre quando a empresa detém muitas peças acabadas ou semiacabadas paradas esperando a compra do cliente ou processamento, acaba sendo consequência do desperdício citado anteriormente;
- Defeitos: Desperdício diretamente gerado por um mau processamento nos produtos, gera retrabalho e atividades que não agregam valor ao produto final
- Processamento inapropriado: Ocorre com a execução dos processos utilizando ferramentas ou procedimentos inapropriados ou ineficazes, muitas vezes acaba sendo a causa raiz do desperdício com defeitos;
- Transporte excessivo: Transporte desnecessário de matéria prima ou produto semiacabado que resulta no aumento do tempo de produção.
- Esperas: São períodos nos quais há rupturas na produção devido a problemas ou mal planejamento de atividades.
- Movimentação excessiva: Movimentação desnecessária do operador para transportar, armazenar ou processar os produtos.

Para redução de alguns dos desperdícios que impactam na produção, esta pesquisa busca reduzir o desperdício de movimentação do operador, que por sua vez gera gargalos em sua operação, bem como estoque de peças semiacabadas. Esse também é o tema abordado por Taylor no decorrer dos seus estudos.

3. ESTUDO DE TEMPOS E MOVIMENTOS

Conforme Barnes (2012), para adquirir uma melhor eficiência não bastava apenas dividir o trabalho e colocar os operários para realizar suas tarefas, deveria dar condições para os mesmos atingirem maior eficácia e eficiência.

Ainda segundo o este autor, Taylor, por volta do século XX, começou um estudo científico de tempos de produção. Para maior eficácia do seu estudo, ele decompôs cada operação e tomou os tempos de forma a conseguir determinar a fração de energia necessária para o

operador cumprir sua jornada. Peinaldo e Graemel (2007) acrescentaram que Taylor declarava que o pensamento do trabalho devia partir dos administradores da fábrica. E estava ligado a identificar e eliminar os elementos desnecessários da realização da atividade, determinando assim o melhor e mais eficaz método de executar uma operação. Segundo Maximiano (2011), o objetivo do estudo de Taylor englobava vários aspectos do trabalho, como:

- Estudo de tempos e movimentos do trabalho;
- Estudo da fadiga humana;
- Divisão do trabalho, levando a especialização do operador;
- Condições ambientais de trabalho;
- Padronização, entre outros.

De acordo com Barnes (2012), o estudo de tempos é dividido em duas fases: a analítica e a construtiva. A primeira é o estudo da operação identificando os movimentos elementares, eliminando os movimentos desnecessários, aplicando tolerâncias de interrupções na produção, esperas e operação realizada por profissionais não treinados. A fase construtiva é o método aplicado, ou seja, após estudo da melhor metodologia de executar a tarefa estudada, a aplicação ocorre por meio de uma sequência de movimentos, quais operações serão feitas ao mesmo tempo, como pegar, posicionar e manusear os elementos a serem transformados. Maximiano (2011) cita que reduzir desperdícios é eliminar processos que não agregam valor ao cliente. Dentre os desperdícios citados no lean manufacturing desperdício de movimentos é um deles. Barnes (2012) acrescenta que a finalidade do estudo de movimentos é observar o método atual e ver quais os movimentos desnecessários estão sendo realizados nas operações e qual a melhor forma de eliminá-los para potencializar a operação de forma a ser mais eficiente e reduzir a fadiga ocasionada pelo trabalho. 4. Micromovimentos Para Peinaldo e Graemel (2007), a engenharia de método preocupa-se em estabelecer a melhor forma de se realizar o trabalho com relação as máquinas, manuseio e movimentação de materiais, layout e principalmente a movimentação na realização das operações, racionalizando os movimentos.

Como forma de auxílio na otimização dos movimentos no decorrer das operações, Barnes (2012) cita que a análise de micromovimentos fornece as técnicas necessárias para a análise detalhada da operação, que, com auxílio de filmagens permite observar nos mínimos

detalhes cada movimento do operador. Associado ao método de trabalho, tempo e estudo de micromovimentos, a cronoanálise segundo Oliveira (2012), é um método utilizado para cronometrar e realizar análise de tempo que um operador gasta para executar uma tarefa no processo produtivo, levando em conta as tolerâncias para as necessidades fisiológicas, possíveis quebra de máquinas, trocas de layout, entre outras situações. Ainda segundo o autor, essa abordagem é muito utilizada quando há necessidade de melhorar a produtividade e entender minuciosamente os pontos passíveis de melhoria, reconhecendo as atividades que mais demandam tempo, facilitando a realização do estudo de melhoria. A cronoanálise ainda evidencia a real capacidade do operador e ajuda na avaliação da tolerância em porcentagem para cada operação do processo.

4. Metodologia

A pesquisa apresentada nesse trabalho tem a sua natureza classificada como aplicada, que, de acordo com Otani e Fialho (2011), tem por objetivo gerar conhecimentos para a aplicação na prática e na resolução de problemas específicos. Quanto aos procedimentos adotados para a elaboração, podemos classificar a pesquisa como pesquisa bibliográfica e pesquisa ação. Para Otoni e Fialho (2011), a pesquisa bibliográfica consiste em adquirir conhecimento através de fontes já existentes, sendo eles livros, artigos, periódicos, revistas entre outras fontes. Gil (2010) cita que a pesquisa ação é uma metodologia muito usada para estudo e intervenção, desenvolvimento e mudança em grupos, organizações. A empresa estudada é uma multinacional com dezesseis fábricas espalhadas pela América Latina com duas das suas matrizes em Vitória da Conquista-BA. A empresa trabalha com material esportivo como um todo e a matriz estudada funciona em prol de confecção têxtil de vestuário esportivo e casual. Trabalhando com as maiores marcas do mundo, a matriz da empresa em questão, instalada a 14 anos na cidade conta com um quadro de funcionários de aproximadamente 1350 em 3 turnos de trabalho.

Primeiramente foi escolhido o objeto de estudo, a operação aplicar manga reta 2x, foi adotada por possuir um tempo de operação alto e algumas vezes ser uma operação gargalo atrapalhando o fluxo do grupo de costura. Depois foi escolhido a célula que seria realizado o estudo bem como o operador. O critério foi o volume de produção do modelo que possuía a operação. A observação ocorreu entre os meses de agosto e setembro de 2018. A operação é realizada na máquina overlock de 2 agulhas. O operador recebe a peça em construção e passa para o próximo operador por Kanbans instalados em sua máquina. Escolhido a operação, célula e operador foi realizado uma filmagem e cronometragem do

método atual praticado pela empresa em dez ciclos, ou seja, a operadora realizando a operação dez vezes consecutivas sem interrupções. Escolhemos inicialmente essa quantidade de tomadas por que permite que a quantidade de dados iniciais seja representativa e também por conseguir visualizar se o operador possui um padrão ao realizar as operações. A partir dessa cronometragem e com auxílio da Equação 1, foi calculada a quantidade ideal de cronometragens, tendo uma confiança 95% e 5% como erro relativo. Os resultados foram lançados em um formulário de fluxograma vertical no programa Microsoft Excel.

$$N = \left(\frac{Z \cdot R}{Er \cdot D2 \cdot \bar{X}} \right)^2 \quad 1$$

Onde: N= número de ciclos a serem cronometrados;

Z= O coeficiente de distribuição normal para a probabilidade determinada;

R = Amplitude da amostra;

Er = Erro relativo da medida;

D2 = Coeficiente em função do número de cronometragens realizadas preliminarmente;

\bar{X} = Média dos valores das observações.

Estudando o método a partir do vídeo, e feito um brainstorming com os cronoanalistas do setor, foi identificado alguns pontos passíveis de melhoria. Foi realizada uma investigação com auxílio da prancheta e folha de observação de quais dos pontos levantados seriam pertinentes implantar em campo. Nesta etapa foi possível desenvolver o novo método para realização da operação. Com o resultado do passo anterior devidamente verificado, foi implantado junto com o operador o novo método. Foi respeitado o tempo para assimilação onde foi possível observar a evolução do ritmo do operador em realizar o novo método. Esse tempo necessário pelo operador foi de aproximadamente cinco dias.

Após o tempo de implantação, foi realizado uma nova filmagem e tomada de tempos em dez ciclos, utilizando como padrão a primeira cronometragem. Essa segunda tomada de tempos foi realizada para comprovar as melhorias aplicadas. Utilizado a Equação 1, com os mesmos níveis de confiança 95% e 5% como erro relativo, foi encontrado a quantidade necessárias de cronometragens. O resultado foi lançado no formulário de fluxograma

vertical no software Microsoft excel. Após a coleta foi realizado os cálculos, primeiro com auxílio da Equação 2, onde foi adquirido o tempo normal da operação.

$$TN = \bar{X}.FR \quad 2$$

Onde:

TN= Tempo Normal;

\bar{X} = Média dos valores das observações;

FR = Fator de Ritmo. Em seguida, foi utilizado a Equação 3, onde foi acrescentado a política de tolerâncias praticadas pela empresa.

$$TP = TN. \left(\frac{tol(\%)}{100} + 1 \right) \quad 3$$

Onde:

TP = Tempo Padrão;

TN= Tempo Normal;

tol = Tolerância;

Com isso, o resultado encontrado foi o tempo padrão da operação. Posteriormente, foi confeccionado o Procedimento Operacional Padrão (POP), que descreveu todos os micromovimentos necessários para a realização da operação.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O setor pesquisado é dividido em grupos de costura que é também chamado por células. Cada célula possui uma quantidade de colaboradores, e a partir dos insumos, quantidade de mão de obra disponível em minutos e quantidade de peças a serem produzidas por ordem, se é calculada a meta do setor.

Os produtos em processo chegam para o grupo alocado em carrinhos que contém as ordens de produção de no máximo 198 peças. Eles entram no processo na primeira operadora, passando por mais nove, e saem como produtos acabados na última operadora. As

operações são distribuídas de acordo com balanceamento da produção que permite nivelar em cargas de tempos iguais entre os colaboradores. Vale ressaltar que toda a operação antes de ser passada ao próximo operador deve ser revisada para que as peças acabadas não contenham defeitos e ocorra perda de tempo por retrabalho ou por não qualidade.

5.1.PROCESSO PASSÍVEL DE MELHORIA

A operação foi realizada com tecido que possui condições normais de manuseio. O operador já possui experiência em realizar esta operação, e a máquina que o operador usa está com 4150 rpm de trabalho e não possui o recurso de refilar no final da costura. O operador dispõe também de protetor auricular, cadeira com regulagem de altura e encosto para a lombar e um tesourete para remover o excesso de fios e linhas. Podemos observar na Tabela 1 a coleta de dados de dez ciclos completos da operação aplicar manga 2x.

Tabela 1 - Tempo para realizar a operação antes da melhoria

Ciclo	Tempo
1	1,383
2	1,418
3	1,443
4	1,594
5	1,499
6	1,385
7	1,487
8	1,526
9	1,46
10	1,586

Fonte: Autor (2018)

Conforme apresentado na Tabela 1, esse é o tempo para realizar a operação antes das melhorias serem implantadas. Para observação podemos notar que a amplitude dos dados coletados ficou em 0, 211 centésimos de minuto, isso significa que dentre as dez tomadas de tempo o operador não muda muito a forma de realizar a operação, ou seja, apesar de

não ser o melhor método, o operador faz em um padrão. Observou-se, também, que o tempo médio para realizar essa operação dez vezes é de 1,478.

Após a tomada de dez ciclos, foi avaliada a média de cada elemento da operação e classificado conforme o fluxograma vertical em: agrega valor; não agrega valor; inspeção; transporte; espera e armazenagem. Os resultados estão apresentados na Figura 1, onde podemos observar que a operadora realiza operações de ajuste da peça e inserção no calcador. A parte da costura fica bem fracionada devido a quantidade de paradas para aplicar primeiro um lado da manga depois o outro.

Figura1 - Descrição e classificação das atividades antes da melhoria

Fluxograma Vertical								
Símbolos	●	Operação que agrega valor						
	◐	Operação que não agrega valor						
	⇒	Transporte						
	■	Inspeção						
	▬	Espera						
	▼	Armazenagem						
		Operação	Aplicar manga reta 2X					
		Sector:	Costura					
		Efetuada por:	Thayronne					
		Data:	11/09/2018					
Ordem	Símbolos						TEMPO	Descrição dos passos
1	○	◐	⇒	□	▭	▼	0,071	PEGAR A PEÇA NO KANBAN, AJUSTAR E COLOCAR NO CALCADOR
2	○	◐	⇒	□	▭	▼	0,095	PEGAR A MANGA AJUSTAR COLOCAR NO CALCADOR
3	●	○	⇒	□	▭	▼	0,056	REALIZAR 1ª COSTURA
4	●	○	⇒	□	▭	▼	0,053	AJUSTAR PEÇA E COSTURAR
5	●	○	⇒	□	▭	▼	0,069	AJUSTAR PEÇA E COSTURAR
6	●	○	⇒	□	▭	▼	0,067	AJUSTAR PEÇA E COSTURAR
7	●	○	⇒	□	▭	▼	0,069	AJUSTAR PEÇA E COSTURAR
8	●	○	⇒	□	▭	▼	0,118	COSTURAR ATÉ O FINAL
9	○	◐	⇒	□	▭	▼	0,116	GIRAR A PEÇA, AJUSTAR E COLOCAR NO CALCADOR
10	○	◐	⇒	□	▭	▼	0,068	PEGAR A MANGA AJUSTAR COLOCAR NO CALCADOR
11	●	○	⇒	□	▭	▼	0,058	REALIZAR 1ª COSTURA
12	●	○	⇒	□	▭	▼	0,052	AJUSTAR PEÇA E COSTURAR
13	●	○	⇒	□	▭	▼	0,068	AJUSTAR PEÇA E COSTURAR
14	●	○	⇒	□	▭	▼	0,082	AJUSTAR PEÇA E COSTURAR
15	●	○	⇒	□	▭	▼	0,08	AJUSTAR PEÇA E COSTURAR
16	●	○	⇒	□	▭	▼	0,123	COSTURAR ATÉ O FINAL
17	○	○	⇒	■	▭	▼	0,155	LIMPAR PEÇA / REVISAR
18	○	○	⇒	□	▭	▼	0,055	COLOCAR PEÇA NO KANBAN

Fonte: Autor (2018)

É possível observar, também, um padrão na realização da tarefa. A operadora realiza a operação dez vezes colocando tanto o lado esquerdo como o lado direito da manga de

forma igual, contendo doze operações que agregam valor, quatro que não agregam valor, uma de armazenamento e uma de inspeção.

Na Figura 1, ainda é possível observar os tempos de cada elemento da operação para realizá-lo. Estes tempos foram adquiridos a partir da média de dez tomadas de tempo de cada elemento ilustrado. A soma de todos os elementos descritos na Figura 1 é o tempo total de 1,455 centésimos de minuto ou 1,273 segundos.

5.2. PROCESSO MELHORADO

Após o mapeamento do processo antes da melhoria, foi levantado junto com os demais cronoanalistas do setor, os pontos passíveis de melhoria como as movimentações do operador e a necessidade de ser feito cada um desses micromovimentos. Investigado o modelo ideal e todas as melhorias necessárias, foi implantado na célula o método por meio de treinamento, observação e correção. Visto a necessidade de assimilação do operador com o método otimizado e a necessidade de retomar o ritmo, foi feito um acompanhamento no decorrer de cinco dias para que a operadora acostumas-se com as mudanças. Foram cronometrados mais dez ciclos conforme mostrado na Tabela 2 da mesma operação, aplicar mangas reta 2x.

Tabela 2 - Cronometragem de tempo com os elementos melhorados

Ciclo	Tempo
1	1,035
2	1,053
3	1,064
4	1,034
5	1,022
6	1,036
7	1,063
8	1,052
9	1,024
10	1,019

Fonte: Autor (2018)

A partir da Tabela 2, é possível verificar que a amplitude foi de 0,045 que é uma variação bem baixa em se tratando de um trabalho com bastante movimentação manual. A média das cronometragens foi de 1,040 centésimos de minuto ou 1,024 segundos.

A operação foi realizada com quase todas as condições citadas no método a passível de melhoria, condições de tecido, velocidade de máquina, foi realizado uma pequena alteração, foi instalado o refilador a vácuo que remove fios e linhas pois observamos que o operador se movimentava mais pela falta do mesmo. Para conseguir esse resultado foram feitas algumas intervenções como no layout do posto de trabalho, e principalmente a movimentação do operador para realizar a operação. O tempo apresentado na nova cronometragem foi apenas um resultado da aplicação do método otimizado. A Figura 2 apresenta os elementos que descrevem a movimentação do operador para realizar o novo método.

Figura 2 - Fluxograma vertical das atividades após a implantação do método otimizado

Fluxograma Vertical						
Símbolos	●	Operação que agrega valor				
	◐	Operação que não agrega valor				
	→	Transporte				
	■	Inspeção				
	⏸	Espera				
	▼	Armazenagem				
		Operação	Aplicar manga reta 2X			
		Setor:	Costura			
		Efetuated por:	Thayronne			
		Data:	19/09/2018			

Ordem	Símbolos						Tempo	Descrição dos passos
1	○	◐	→	□	⏸	▼	0,052	PEGAR PEÇA COLOCAR NA BANCADA
2	○	◐	→	□	⏸	▼	0,082	PEGAR MANGA UNIR A PEÇA E COLOCAR EMBAIXO DO CALCADOR
3	●	○	→	□	⏸	▼	0,034	REALIZAR 1º COSTURA
4	●	○	→	□	⏸	▼	0,083	AJUSTAR A PEÇA E COSTURAR
5	●	○	→	□	⏸	▼	0,066	AJUSTAR A PEÇA E COSTURAR
6	●	○	→	□	⏸	▼	0,106	AJUSTAR A PEÇA E COSTURAR ATÉ O FINAL
7	○	○	→	■	⏸	▼	0,084	REVISAR A PEÇA, CORTAR FIOS E LINHAS
8	○	◐	→	□	⏸	▼	0,051	GIRAR A PEÇA E COLOCAR SOBRE A BANCADA
9	○	◐	→	□	⏸	▼	0,083	PEGAR MANGA UNIR A PEÇA E COLOCAR EMBAIXO DO CALCADOR
10	●	○	→	□	⏸	▼	0,033	REALIZAR 1º COSTURA
11	●	○	→	□	⏸	▼	0,084	AJUSTAR A PEÇA E COSTURAR
12	●	○	→	□	⏸	▼	0,066	AJUSTAR A PEÇA E COSTURAR
13	●	○	→	□	⏸	▼	0,084	AJUSTAR A PEÇA E COSTURAR ATÉ O FINAL
14	○	○	→	■	⏸	▼	0,066	REVISAR A PEÇA, CORTAR FIOS E LINHAS
15	○	○	→	□	⏸	▼	0,067	COLOCAR A PEÇA NO KANBAN

Fonte: Autor (2018)

A Figura 2 apresenta as oito atividades que agregam valor, ou seja, são transformações no produto perceptíveis pelo cliente. As atividades que não agregam valor são quatro, uma de armazenagem e duas de inspeção. Foi realizada uma primeira movimentação para unir os recortes e colocá-los no calcador, a parte de costura, inspeção. Nota-se um padrão na operação ao ser realizado pelos tempos de ciclo serem parecidos e também pelo motivo que em dez ciclos a operadora realizou a operação de forma igual. Nota-se que o tempo total para realização da operação ficou em 1,041 ou 1,024s. Esse é o tempo gasto pelo operador realizando todos os passos descritos na Figura 2. Foi utilizado a Equação 2 para adquirir o tempo normal, como a frequência de cronometragem foi de 1:1 então o tempo continua o mesmo. A empresa pratica a tolerância para fadiga, necessidades do operador e necessidades de intervenção na máquina de 8% do tempo normal. Aplicando a Equação 3 é possível conseguir o tempo padrão de 1,124 centésimos de minuto. A operadora foi avaliada como ritmo e esforço normal.

5.3. ANÁLISE DE MICROMOVIMENTOS

É possível observar no primeiro método, que a operadora posiciona a peça sobre o calcador e logo depois coloca o recorte (manga) sobre o calcador, gerando uma movimentação desnecessária para posicionar e ajustar duas vezes a peça e pisar para levantar o calcador duas vezes. No segundo método o operador combina peça e manga e depois coloca no calcador da máquina o que diminui movimentações. Nota-se também que no primeiro método a quantidade de paradas na costura para alinhar o recorte e peça, e para ajustar a peça em cima da bancada, também são excessivas. Foi constatado com o estudo, 10 paradas e 12 costuras no decorrer de toda a operação, contra 6 paradas e 8 costuras do segundo método. É relevante observar no novo método que, utilizando o refilador a vácuo, que possui em toda máquina, a movimentação é menor em relação ao método passível de melhoria, pois o operador não precisa alcançar e obter ferramenta tesourete e utilizá-la, o que também demanda um tempo desnecessário. As peças divididas em duas pilhas no método otimizado sendo uma pilha para o lado direito e outra para o lado esquerdo facilitou o alcance e o recorte, eliminando o movimento de posicionar na mão antes de colocar sobre o caçador da máquina. Analisando os resultados obtidos, é possível observar um ganho de tempo na operação aplicar manga reta 2x. Os métodos apresentados estão sem avaliação de ritmo e acréscimo de tolerância, visto que foi realizado pela mesma operadora em condições iguais, apenas mudando o método de realizar a operação.

Foi adquirido com a cronometragem do primeiro método o tempo médio para realizar a operação $T_1 = 1,455$ e o segundo método temos $T_2 = 1,041$. Redução em tempo de 0,414 centésimos de minuto ou 24,84 segundos. Em percentual observou um ganho de 28,45% com a implementação dos métodos descritos nessa pesquisa. Sabendo que o operador realiza essa operação cerca de trezentas vezes no dia de trabalho, considerando vinte e dois dias no mês e duzentos e cinquenta e dois dias no ano, a indústria irá reduzir o tempo de operação em 35.582,4 minutos por ano. Em peças, serão produzidas 85 peças a mais por dia. Em valores monetários, multiplicando o custo minuto da fábrica pelos minutos economizados na operação, obteve-se o valor de R\$ 11.955,68 de redução no ano apenas com uma operadora. Maximiano (2009) cita que os Gilberth defendiam que a aprimoramento dos métodos é o caminho para melhorar a movimentação do operador. Melhorando a movimentação o operador se mostra mais eficaz e menos fadigado com o desempenho das suas funções do dia a dia. Na operação pesquisada, foi possível observar que o operador que realizava a operação depois de implantadas as melhorias, demonstrava estar mais menos fatigado no decorrer do trabalho, conseguindo manter o seu ritmo por mais tempo. Além disso, pela redução das paradas no decorrer da costura com a revisão final da operação, desdobrou-se em uma redução das variações de costura, obtendo uma menor quantidade de retrabalhos no final da sua jornada. Para manter as condições realizadas nesse estudo, as boas práticas como quantidade de paradas e layout das peças, foram demandadas a confecção do POP (Procedimento Operacional Padrão), onde foi possível treinar os operadores que executam essa operação atualmente na indústria, e os novos operadores que virão a realizar essa atividade.

6. SUBMISSÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS ARTIGOS

Num cenário de concorrência mundial ao qual a empresa têxtil e de confecção está inserido, buscar soluções para aumentar a eficiência dos processos internos otimizando os mesmos e a cada momento se tornando mais competitiva no mercado, é uma bandeira levantada nas organizações atuais. O lean manufacturing possibilita, em sua filosofia, a tentativa de eliminar desperdícios, tornando os processos mais enxutos.

Os micromovimentos utilizados como ferramenta, possibilitam não só mapear os processos, mas também a enxergar as movimentações desnecessárias. Com a análise de movimentos

realizada e com criatividade suficiente para eliminar os micromovimentos sem interferir nos resultados da operação, foi possível sugerir melhorias para a operação estudada. Como resultados, a otimização do método de realização da operação de aplicar mangas 2x, foi obtida a redução dos micromovimentos, e por consequência, foi reduzido também o tempo de realização da operação. Além de ganhos quantitativos como oitenta e cinco peças a mais feitas no seu turno de trabalho o operador ganha, também, por se desgastar menos no decorrer da sua jornada. Atendendo aos objetivos, este trabalho apresenta o mapeamento da operação que é a cronometragem do método praticado na empresa. O estudo do novo método se restringiu na análise dos micromovimentos e a formulação do método de trabalho otimizado.

A relevância dessa pesquisa bem como seus resultados mostraram que boas práticas como esta devem continuar sendo objetivos tanto na empresa estudada como em todas as empresas que buscam sobreviver no mercado. Sugere-se que a indústria multiplique essa prática em outras operações, tanto de costura como outros setores, para obtenção de melhores resultados.

REFERÊNCIAS

ABIT. Associação Brasileira da Indústria Têxtil. Perfil do setor têxtil. Disponível em: <<http://www.abit.org.br/cont/perfil-do-setor>>. Acesso em: 18 nov. 2018.

BARNES, R, M. Estudo de Tempos e Movimentos: projeto e medida do trabalho. 6. Ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2012.

CALDEIRA, A.; DE MEDEIROS, A. Os Rumos do Setor Têxtil Brasileiro: Lição de competitividade com Liberdade econômica, 2018.

CORRÊA, H.; CORRÊA, C. Administração de produção e operações: manufatura e serviços. São Paulo: Atlas, 2012.

EYNG, M.P.; GUIMARÃES FILHO, L.P.; GUIMARÃES, M.L.F.; BRISTOT, V.M.; ALVAREZ, B.R. Aplicação da Filosofia Lean Manufacturing em uma Empresa de Acabamento de Confecção no Sul de Santa Catarina. XXXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Joinville, 2017.

GIL, A.C. Como Elaborar Projetos de Pesquisa. 5ª ed. São Paulo: Atlas, 2010.

LOPES, T.O.; FROTA, C.D. Aplicação dos Conceitos do Lean Manufacturing para Melhoria do Processo de Produção em uma Empresa de Eletrodomésticos. XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Fortaleza, 2015.

MAXIMIANO, A.C.A. Teoria Geral da Administração. 8ª ed. São Paulo: Atlas, 2011.

OLIVEIRA, D.P.R. Administração de processos. 5.ed. São Paulo: Atlas, 2012.

OTANI, N.; FIALHO, F.A.P.TCC: métodos e técnicas. 2. ed. Florianópolis: Visual Books, 2011.

PEINADO, J.; GRAEML, A.R. Administração da produção (Operações Industriais e de Serviços). Curitiba, 2007.

ROSSETI, L. Aplicação do Modelo WID para Identificação e Redução de Desperdício em uma Fábrica.XXXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Joinville, 2017.