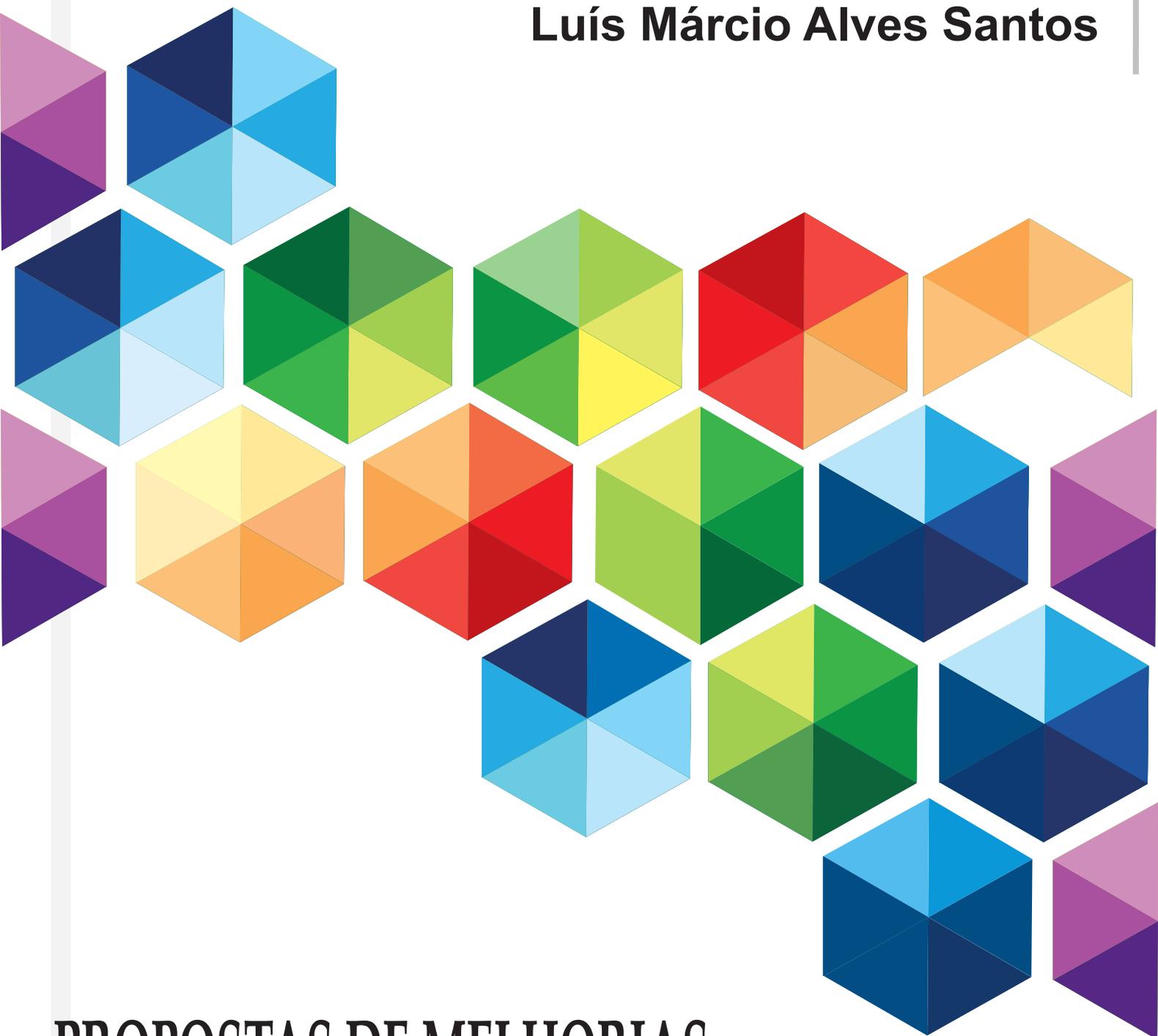


**Luís Márcio Alves Santos**



# **PROPOSTAS DE MELHORIAS**

**RELACIONADAS AOS DESPERDÍCIO DE MEL  
NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE ÁLCOOL  
UTILIZANDO FERRAMENTAS DA QUALIDADE**



**Editora Conhecimento Livre**

Luís Márcio Alves Santos

Propostas de melhorias relacionadas ao desperdício de mel no processo de produção de  
álcool utilizando ferramentas da qualidade

1ª ed.

Piracanjuba  
Editora Conhecimento Livre  
2020

1ªed.

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Santos, Luís Márcio Alves

S237p Como montar um orçamento paramétrico: uma proposta de modelo de previsão de custos para empreendimentos. / Luís Márcio Alves Santos. -- Piracanjuba: Editora Conhecimento Livre, 2020.

88 f.: il.

Formato PDF

ISBN: 978-65-80226-41-2

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

1. Engenharia de Produção. 2. Desperdício. 3. Ferramentas da Qualidade. 4. Resistência. I. Santos, Luís Márcio Alves II. Título.

CDU: 666.972

# Sumário

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>13</b>
2.1. HISTÓRIA DO ÁLCOOL COMBUSTÍVEL	13
2.1.1. A Utilização do Álcool Combustível no Brasil	15
2.1.2. Proálcool	16
2.1.3. Tipos de Álcool	17
2.1.4. Desenvolvimento dos Motores Flex Fuel	17
2.2. ETAPAS DO PROCESSO PRODUTIVO PARA OBTENÇÃO DO ÁLCOOL HIDRATADO E ANIDRO	18
2.2.1. Moagem da Cana-de-Açúcar	20
2.2.2. Preparo da Cana-de-Açúcar	20
2.2.3. Extração	21
2.2.4. Pré-Tratamento Físico-Químico do Caldo	21
2.2.5. Tratamento do Caldo e Esterilização do Mosto	22
2.2.6. Fermentação	23
2.2.7. Descarregamento de Mel	24
2.2.8. Centrifugação	25
2.2.9. Destilação	26
2.3. CONCEITO DE DESPERDÍCIO	26
2.3.1. Os Sete Tipos de Perda	27
2.4. FERRAMENTAS DA QUALIDADE	28
2.4.1. Brainstorming	28
2.4.2. Diagrama de Ishikawa	29
2.4.3. Cinco (5) Porquês	31
2.4.4. 5W1H	31
<b>3. METODOLOGIA</b>	<b>32</b>
3.1. INSTRUMENTOS PARA A COLETA DE DADOS	33
3.2. DEFINIÇÃO DO TAMANHO DA AMOSTRA	34
3.3. PROCEDIMENTOS PARA O ESTUDO DE CASO	34
3.4. ESTUDO DE CASO	35
3.5. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA	35
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>37</b>
4.1. CONSTATAÇÃO DO PROBLEMA	37
4.1.2. Problema	38

4.2. CÁLCULO DO TEMPO DE DESCARREGAMENTO .....	40
4.3. QUANTIDADE DE MEL DESCARREGADO .....	41
4.4. QUANTIDADE DE MEL PERDIDO POR DESCARGA .....	43
4.5. DEMONSTRAÇÕES GRÁFICAS DE PERDAS E CUSTOS .....	43
4.6. APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DA QUALIDADE .....	45
4.6.1. <i>Brainstorming</i> .....	45
4.6.2. <i>Diagrama de Ishikawa</i> .....	46
4.6.3. <i>5 Porquês</i> .....	48
<b>5. PROPOSTAS DE MELHORIAS PARA ELIMINAÇÃO DO DESPERDÍCIO .....</b>	<b>49</b>
5.1. DESENHOS ILUSTRATIVOS. ....	50
5.1.1. <i>Planejamento para Implantações das Melhorias</i> .....	51
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>52</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>54</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Fluxo de Produção do Etanol no Brasil .....	19
<b>Figura 2.</b> Diagrama de Ishikawa (Causa e Efeito) .....	30
<b>Figura 3.</b> Fluxograma da Empresa.....	37
<b>Figura 4.</b> Ilustração do Peçaço de Tubo de 4" usado como Conexão na Válvula .....	38
<b>Figura 5.</b> Ilustração do Modelo de Válvula Responsável pelo Vazamento .....	39
<b>Figura 6.</b> Ilustração do Modelo de Válvula que não apresenta Vazamento .....	39
<b>Figura 7.</b> Ilustração do Tanque de Mel.....	40
<b>Figura 8.</b> Diagrama de Ishikawa .....	47
<b>Figura 9.</b> Tanque de Mel Melhorado .....	50
<b>Figura 10.</b> Acoplagem Mangueira PVC com Abraçadeira .....	50

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.</b> Perdas de Mel .....	44
<b>Gráfico 2.</b> Custo do Desperdício .....	44

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1.</b> Itens do 5W1H .....	32
<b>Quadro 2.</b> Demonstração dos números e do tempo das medições .....	34
<b>Quadro 3.</b> Gerenciamento de etapas.....	46
<b>Quadro 4.</b> Análise ao pedaço de tubo.....	48
<b>Quadro 5.</b> Análise ao operador.....	48
<b>Quadro 6.</b> Análise ao tanque de mel .....	48
<b>Quadro 7.</b> Análise da peça tubular .....	49
<b>Quadro 8.</b> Planejamento 5W1H.....	51

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Composição Média dos Caldos da Cana-de-açúcar .....	22
<b>Tabela 2.</b> Teor Médio de Sólidos Solúveis nos Caldos da Cana-de-Açúcar .....	23
<b>Tabela 3.</b> Informativo de Cargas do Mês de Abril .....	41
<b>Tabela 4.</b> Informativo de Cargas do Mês de Maio .....	42
<b>Tabela 5.</b> Informativo de Cargas do Mês de Junho .....	42
<b>Tabela 6.</b> Quantidade de Perdas Diária do Mel .....	43

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Santos, Luís Márcio Alves

S237p Propostas de melhorias relacionadas ao desperdício de mel no processo de produção de álcool utilizando ferramentas da qualidade. / Luís Márcio Alves Santos. -- Itumbiara: ULBRA, 2019.

67 f. : il.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Ms.<sup>a</sup> Lissandra Andréa Tomaszewski.

Monografia (Conclusão do Curso de Engenharia de Produção) – Instituto Luterano de Ensino Superior de Itumbiara, 2019.

Inclui bibliografia.

1. Engenharia de Produção. 2. Desperdício. 3. Ferramentas da Qualidade. 4. Resistência. I. Tomaszewski, Lissandra Andréa. II. Instituto Luterano de Ensino Superior de Itumbiara. III. Título.

CDU: 666.972

Bibliotecária Responsável: Janaína Cunha da Silva CRB/1 - 2902

## **Agradecimento**

A Deus por me conceder foco, força e muita fé para cursar e concluir o curso de Engenharia de Produção. A minha mãe, Enedina Maria Alves, por sempre me dar suporte e orientações fundamentais para o meu crescimento e desenvolvimento e a minha orientadora Prof. <sup>a</sup> Ms<sup>a</sup> Lissandra Andréa Tomaszewski.

*Luís Márcio Alves Santos*

# PROPOSTAS DE MELHORIAS RELACIONADAS AO DESPERDÍCIO DE MEL NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE ÁLCOOL UTILIZANDO FERRAMENTAS DA QUALIDADE

*Luís Márcio Alves Santos (Instituto Luterano de Ensino Superior de Itumbiara)*

**Resumo:** O controle das perdas de matéria prima ou produtos decorrentes no processo de produção é importante para uma indústria se manter competitiva e produzir com baixo custo, aumentando assim sua porcentagem de lucro. Para que isso aconteça é preciso aplicar metodologias que proponham melhorias no processo. Este estudo é titulado como propostas de melhorias relacionadas ao desperdício de mel no processo de produção de álcool utilizando ferramentas da qualidade e tem como objetivo geral propor melhorias no setor fermentativo, mais precisamente na área do descarregamento de mel, para que o produto que está sendo utilizado não venha a ser desperdiçado e seja devidamente aproveitado, aumentando assim a produção de álcool, seus objetivos específicos visam calcular a quantidade de desperdício, quantificar o custo, identificar as causas através do uso de ferramentas da qualidade, propor melhorias que possam ser implementadas, criar um desenho com alterações sugeridas e realizar um planejamento com intuito de implantação dessas melhorias. A escolha da área a ser melhorada foi definida após a identificação visual do desperdício. A estratégia utilizada foi de estudo de caso, com procedimentos técnicos de coleta e análise de dados, em uma usina sucroenergética. Como método de trabalho, inicialmente realizou-se um brainstorming com operadores da área, a fim de levantar dados qualitativos que pudessem auxiliar no desenvolvimento e decisões das análises. Quantitativamente, o produto desperdiçado foi coletado em recipientes com medida exata durante um período de tempo pré-determinado. Cada carreta de mel teve seu desperdício mensurado e cronometrado e as coletas foram realizadas em cargas que variavam entre

30.000 e 60.000 litros, alcançando o total de 91 carretas no decorrer de 40 dias de coleta durante o turno C, que era composto por 8 horas diárias. Ainda quantitativamente seu resultado apurado teve um total de 310.076 litros de mel desperdiçados e um prejuízo financeiro de R\$ 145.735,72, cabe ressaltar que o problema analisado trazia dois pontos de desperdício e que os cálculos realizados foram efetuados somente em cima de um ponto de perda. Para a realização das análises do problema foram utilizadas algumas ferramentas da qualidade, tal qual o diagrama de Ishikawa, 5 porquês e o 5W1H, atingindo de forma satisfatória o que elas propuseram. Quando aplicadas e analisadas, constatou-se que as causas estavam alocadas na estrutura, no material utilizado para realizar as atividades e na forma de realização, caracterizando assim falhas no meio ambiente e no método. A partir disso, foram realizadas propostas de melhorias, com ilustrações do processo, com algumas alterações na estrutura e modelo, a fim de reduzir ou eliminar o desperdício do mel, seguido de um plano de ação para o caso de tais sugestões serem acatadas. Sendo assim é possível afirmar que se as propostas do estudo forem seguidas e realizadas o problema existente será eliminado, fazendo com que se chegue ao objetivo que foi proposto.

**Palavras chaves:** Desperdício. Ferramentas da Qualidade. Mel.

## 1. INTRODUÇÃO

O álcool etílico também conhecido como etanol, tem seu processo de produção realizado nas usinas de açúcar e álcool, sendo um produto resultante da fermentação alcoólica, podendo ser fabricado a partir de diferentes tipos de matérias primas, como a cana-de-açúcar, o milho e a beterraba. No Brasil, a maior parte dessa fabricação ocorre através da cana-de-açúcar, nesse caso, o principal componente da fermentação é a sacarose (açúcar) contida no caldo (AQUINO, et al., 2014).

O uso do etanol, produzido através da cana-de-açúcar como combustível para automóveis, é conhecido há algum tempo, porém, até os anos 70 havia uma grande disponibilidade de derivados do petróleo e seus preços eram consideravelmente baixos, o que tornava a produção de etanol inviável. Em 1973, essa influência deixou de existir com a ocorrência do primeiro choque do petróleo (os países do Oriente Médio descobriram que o petróleo é um bem não-renovável e que, por isso, iria acabar algum dia), o que reavivou o interesse mundial por fontes alternativas de energia que levaram vários países a buscar algumas formas de soluções que fossem mais adequadas, considerando suas características nacionais (BERTELLI, 2005).

A criação do Programa Nacional do Álcool (Proálcool) pelo governo federal em 1975, maior incentivador para se produzir o álcool no país, teve como objetivo principal visar à substituição dos automóveis movidos à gasolina por outros que fossem movidos a álcool, com isso, o Brasil deteve a maior tecnologia de produção de álcool do mundo (MARCONDES; LIMA, 2002).

No cenário atual, com a alta de preço dos combustíveis derivados do petróleo conhecidos também como combustíveis fósseis aliado ao rápido crescimento da demanda de álcool combustível no país, que deverá se expandir ainda mais em um futuro próximo, entende-se que uma usina de açúcar e álcool tem que expandir sua capacidade produtiva ao máximo procurando se manter eficiente e competitiva (AYARZA, 2007).

Segundo Bragato et al. (2008), o setor sucroenergético brasileiro é considerado como um propulsor de desenvolvimento em evidencia, tendo grande expressão em dimensão social e ainda sendo base sustentável econômica do país. Considerando esse contexto, foi realizado um estudo em uma usina sucroenergética que efetivou o aumento da sua capacidade total de moagem diária com algumas alterações em parte de seus equipamentos. Para isso, fez a troca de alguns deles que possuíam capacidade consideravelmente baixa por outros de maior capacidade, porém, essas alterações foram feitas na fase inicial do processo, deixando parte da produção de álcool que é considerada como a fase

final do processo da forma que se encontrava antes, isto é, sem alteração alguma na capacidade de seus equipamentos.

Essas mudanças geraram a queda de rendimento na produção de álcool da usina e com isso, a inserção de mel (melaço onde não se extrai mais açúcar) no processo foi intensificada. Assim de certa forma pode-se alcançar uma equalização na produção, pois o mel contribui para o enriquecimento do brix (porcentagem de sólidos solúveis contidos em uma solução como sal ou açúcar), possuindo assim a capacidade de colaborar com o aumento desse rendimento, equiparando as proporções entre moagem e produção de álcool, é importante que seja abordado que em condições normais o uso do mel ocorre somente na multiplicação do levedo e também quando a moagem está parada temporariamente por fatores climáticos. De acordo com Lima (1999, p. 63), “grande capacidade significa moer grandes quantidades de cana, grande extração significa tirar da cana a maior quantidade possível de caldo. Uma coisa não é consequência da outra e pode até significar o oposto”.

Com base na análise realizada, apresenta-se como problema a seguinte questão: Como fazer com que o produto seja devidamente aproveitado quando está sendo descarregado na área do descarregamento de mel, visto que se constatou uma dissipação do mesmo nesse exato momento?

Levando em consideração que a usina intensificou a adição de mel no processo de produção de álcool, buscaram-se algumas melhorias na área do seu descarregamento, visando um melhor aproveitamento do produto, gerando assim vantagens para o processo de produção de álcool. Desta forma, têm-se como, objetivos gerais e específicos:

❖ Objetivo Geral:

- ✓ Propor melhorias no setor da fermentação na área do descarregamento de mel para que o produto não venha a ser desperdiçado, sendo totalmente adicionado no processo de produção de álcool.

❖ Objetivos Específicos:

- ✓ Calcular a quantidade do produto que está sendo desperdiçado.
- ✓ Realizar a quantificação do custo desse desperdício.
- ✓ Identificar as causas do desperdício através da aplicação de ferramentas da qualidade.
- ✓ Propor melhorias para conter o desperdício.
- ✓ Criar um desenho demonstrando as alterações sugeridas.

- ✓ Realizar um planejamento com intuito de implantação dessas melhorias.

O presente estudo tem como justificativa realizar a eliminação do desperdício de mel, através da aplicação de algumas ferramentas da qualidade, que são responsáveis por colocar em evidência as causas do problema existente, para que haja uma tomada de decisão com direcionamento certo, com intuito de fazer um melhor aproveitamento da matéria prima dentro do processo e servir como base de pesquisa para outros estudos que buscam melhoria continua. Melhoria contínua de produtos e processos em uma indústria são de extrema importância para que ela se mantenha ou se torne competitiva no mercado. Para que tais melhorias sejam realizadas, é necessário a utilização de alguns métodos de uso de algumas ferramentas da qualidade, que seguem uma sequência lógica para o alcance de resultados (TRIVELLATO, 2010).

Busca-se assim então mostrar para usina que o produto (mel) deve e pode ser melhor aproveitado sem ser desperdiçado no momento em que está sendo descarregado, já que o seu uso passou a ser mais frequente para alcançar o objetivo de aumento na produção de álcool. As perdas de produção, em conjunto com os custos indiretos e ocultos, constituem a maior parte do custo de produção total uma vez apontadas às ineficiências do processo, suas causas-raízes devem ser identificadas e tratadas. São então implementadas as ações de melhorias, cuja efetividade é acompanhada em ganhos nos percentuais (PAOLIELLO, 2006).

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

A indústria brasileira tem como principal desafio manter-se instável no mercado alcançando alta performance competitiva, no ramo de atividade sucroenergética não é diferente, e para isso é preciso produzir com qualidade e eficiência evitando falhas e desperdício principalmente de matéria prima, de maneira que o produto final seja satisfatório tanto para empresa quanto para a sociedade. Dentro deste conceito, serão apresentados métodos e ferramentas da qualidade a fim de mensurar o não aproveitamento total de matéria prima e também o seu uso para eliminar tais problemas que afetam uma boa produção.

### 2.1. HISTÓRIA DO ÁLCOOL COMBUSTÍVEL

O álcool etílico pode ser gerado a partir de qualquer matéria de origem biológica que contenha significativas quantidades de açúcar ou de matérias que possam ser convertidas em açúcar, tais como, o amido e a celulose. A cana de açúcar, a beterraba, o sorgo, são alguns exemplos de matérias primas

que contém açúcar, já o trigo, a cevada e o milho, são matérias primas que contém o amido em sua composição, que facilmente com as tecnologias disponíveis podem ser convertidos em açúcar. Uma parte significativa da madeira das árvores e das ervas são compostas por celulose, podendo também ser convertida em açúcar, porém, o processo para transformação em amido é bem mais complicado (LORA; VENTURINI, 2012).

O etanol ou álcool etílico define-se como uma substância com formulação molecular  $C_2H_6O$ , que tem o poder de ser utilizada como combustível em motores de combustão interna com ignição por centelha (ciclo Otto), de duas maneiras: misturado na gasolina (etanol anidro), ou somente etanol (etanol hidratado) com uma octanagem média superior a 110 octanas. Feito para veículos com motores próprios para esse combustível ou motores flex fuel, capazes de usar quaisquer misturas de etanol hidratado e gasolina misturada com 20% a 25% de etanol anidro (BNDES/CGEE, 2008).

Octana ou octanagem é a força do combustível de resistir à pressão que é exercida sobre ele dentro da câmara de combustão do motor, ou seja, é a predisposição que o combustível tem de resistir à detonação quando posto sob alta pressão e temperatura na câmara de combustão do motor, isto é, sem que a faísca da vela tenha sido causada pelo sistema de ignição. Quanto maior for sua octanagem, maior será sua resistência à detonação (CHAVES, 2013).

O etanol é empregado como forma de combustível para motores a explosão desde o começo do século XX, porém, seu uso só passou a ser amplamente difundido no mundo a partir da década de 70, já que até o momento, os combustíveis fósseis eram abundantes e tinham preços mais baixos. Atualmente, o álcool tem uma colaboração ecológica muito forte, não só pelo fato do estoque de petróleo e carvão ser finitos, mas por poluir bem menos que os derivados fósseis. Mas não foi devido a essa vantagem que sua produção foi incentivada há cerca de 40 anos, foram os motivos econômicos e não os ambientais, que deram o grande impulso para a ampliação da indústria do álcool pelo mundo (RAMOS, 2016).

Em 1973 ocorreu o primeiro grande choque do petróleo, que foi provocado pelo conflito Árabe-Israelense, que refletiu em uma grande alta nos preços internacionais, paralelamente, o setor canavieiro passava por uma grave crise, uma vez que os preços do açúcar estavam livres. Em consequência desses dois fatos, abriram-se espaços para a discussão de fontes alternativas de energia, em especial o uso do álcool combustível. Na época dessa crise, o Brasil importava aproximadamente 70% do petróleo que era usado, após 1975 o cultivo da cana de açúcar teve que atender a demanda usual para a produção de açúcar, além de também suprir o Proálcool. A criação do Proálcool se deu

por Decreto Presidencial com responsabilidade de implantação pelo Poder Executivo, daí criou-se a Comissão Executiva Nacional do Álcool, com objetivo de definir as participações dos órgãos direta ou indiretamente vinculados ao Programa, com intuito de atender a expansão da produção do etanol (CORTEZ, 2008).

As prováveis reservas globais de petróleo chegaram acerca de 1,7 trilhões de barris no término do ano de 2014, essa quantidade de petróleo garante 52 anos e 5 meses de produção mundial de energia. Esses dados são do relatório anual da BP edição de 2015, documento que é referência para o setor, segundo ao que foi feito ao longo da última década, as reservas globais petrolíferas aumentaram cerca de 25%. Os países da OPEP ainda continuam a dominar o cenário, possuindo 71,6% das reservas mundiais, o Brasil aparece em 15º lugar com 16,2 bilhões de barris que equivale a 1% das reservas globais de petróleo comprovadas, na lista geral o país vem logo atrás da China que detém 1,1% das reservas, Catar com 1,5%, Cazaquistão com 1,8% e Nigéria com 2,2% (BARBOSA, 2015).

De acordo com Gomes 2013, os países que formam a Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP) são Irã, Kuwait, Arábia Saudita e Venezuela.

### 2.1.1. A UTILIZAÇÃO DO ÁLCOOL COMBUSTÍVEL NO BRASIL

A indústria sucroenergética apareceu no Brasil como fruto natural da produção de açúcar, pelo fato do álcool ter sua obtenção a partir do mel residual decorrente do processo de fabricação de açúcar, a instabilidade mundial, conseqüente da decadência da economia americana em 1929, que abalou fortemente a agroindústria canavieira nacional, no início da década de 30, provocando a intervenção estatal no setor. Com a redução no valor do açúcar no mercado internacional, a produção de álcool com a exorbitância de matéria prima passou a ser atividade rotineira (PAMPLONA, 1984).

Pamplona (1984), ainda ressalta que com o intuito de estimular o desenvolvimento da utilização de álcool para fins carburantes, foi lançado um decreto de número 19.717, de 20 de fevereiro de 1931 que tornou obrigatório a adição de álcool na gasolina importada, com proporção mínima de 5%. Desde então até a elaboração do Proálcool, em 1975, o álcool foi utilizado como combustível misturado à gasolina, em escalas que tinham variação conforme a disponibilidade dos excedentes da cana de açúcar.

Contudo, o álcool foi usado em troca parcial ou total aos derivados do petróleo referente à época da Primeira Guerra Mundial (1914 a 1918), com lançamento em proporcionalidade comercial, em 1927, com o nome de USGA, produzido pela Usina Serra Grande de Alagoas. Apresentava em sua composição

de 80% de álcool e 20% de éter, enquanto em Recife, no mesmo ano, surgiu outro carburante de nome azulina composto por 85% de álcool, 10% de éter e 5% de gasolina, porém, os baixos valores do petróleo desestimularam essas e outras iniciativas parecidas que se consolidarem no Brasil, ou seja, o emprego do álcool como combustível em grande escala (PAMPLONA, 1984).

Os contratemplos no abastecimento dos originários do petróleo durante a Segunda Guerra Mundial estimularam temporariamente o consumo de álcool carburante, substituindo 42% da gasolina que era gasta pela frota de automóveis na Região Nordeste de 1942 a 1946. Já na década de 50, com a alta expansão na produção de petróleo dos países do Golfo Pérsico, o preço do petróleo se estabilizou em um nível baixíssimo e assim a produção de álcool carburante ficou inviável comparado à gasolina e os outros derivados. Somente em 1973, após a Guerra no Oriente Médio, o preço do petróleo ficou quatro vezes mais alto, e então, a produção do álcool carburante como fonte de energia renovável, voltou a ficar em evidência (PAMPLONA, 1984).

Utiliza-se o álcool anidro misturado à gasolina e o álcool hidratado como combustível para carros movidos somente a álcool ou também para os carros com motores flex, a gasolina sem álcool é chamada de A, já a misturada com álcool é chamada de C. As proporções de álcool anidro adicionadas na gasolina foram se alterando no decorrer do tempo,

até 1992 a proporção era de 14%, em 1998 passou para 22%, novamente em 1998 foi alterado para 24% e em 2000 para 20%, a partir de maio de 2001 foi para 22% e 24% em janeiro de 2002 (MARJOTTA-MAISTRO, 2002).

No Brasil existem dois tipos de gasolina: a gasolina tipo A, contendo apenas misturas de hidrocarbonetos e sem mistura de etanol. E também a gasolina tipo C, que leva etanol em sua mistura com proporção de até 27%, conforme Lei Federal nº 13.033/2014. Essa porcentagem é válida para gasolinas comuns e aditivadas, porém, o percentual de etanol nas gasolinas Premium (combustível com maior octanagem) é de 25% (PUPPIM, 2016).

### 2.1.2. PROÁLCOOL

O Programa Nacional do Álcool (Proálcool) teve sua origem no ano de 1975, pelo decreto nº 76.593, em decorrência das crises do petróleo. Na incumbência do programa para alcançar novas fontes alternativas de energia surgiram duas linhas de pesquisa: a substituição direta do insumo, por meio da identificação e exploração de jazidas localizadas no país para diminuição da dependência externa do petróleo e a procura por combustíveis alternativos, manifestada na tentativa de encontrar outras

fontes para os três principais derivados de petróleo que eram respectivamente o óleo diesel, o óleo combustível e a gasolina (CARVALHO et al., 2013).

Conseqüentemente, lançaram-se três programas distintos com propósito de substituir esses derivados. São eles: Pró-Óleo (Óleo Diesel) para a produção de óleos vegetais a serem utilizados em motores a Diesel porem não foi lançado; Pró-Carvão (Óleo Combustível), sem forças para erguer-se, não alcançou a amplitude necessária para evoluir; Proálcool (gasolina), que registrou grande sucesso (AVELAR, 2009).

### 2.1.3. TIPOS DE ÁLCOOL

De acordo com o CEPA (1999), abaixo estão descritos cinco tipos de álcool existentes e suas principais aplicações.

1. Álcool Extra Neutro é aplicado na confecção de bebidas em geral, cosmético e produtos farmacêuticos. É um tipo de álcool mais puro e não interfere em aromas.
2. Álcool Hidratado Carburante é o álcool combustível a 96 GL, isto é, composto por 96% de álcool puro mais 4% de água.
3. Álcool Refinado Neutro é aplicado nas mesmas finalidades do extra neutro, distinguindo-se deste pelo cheiro mais acentuado. Seu custo é mais baixo, por isso é utilizado pelas indústrias de bebidas e cosméticos populares.
4. Álcool Iso-Amílico é subproduto, de aroma acentuado usado como solvente na indústria em geral, matéria prima para acetato de amila (essências).
5. Álcool Anidro é usado como aditivo aos combustíveis, sua principal finalidade é ser adicionado à gasolina, sua composição leva 99,5% de álcool puro mais 0,5% água. É adicionado à Gasolina em 22% para substituição do chumbo que é um metal químico pesado, prejudicial à saúde e ao meio ambiente. É menos poluente e, adicionado na proporção correta, não afeta o desempenho do motor. Sua adição ao óleo diesel está sendo estudada.

### 2.1.4. DESENVOLVIMENTO DOS MOTORES FLEX FUEL

O engenheiro Urbano Ernesto Stumpf, do Instituto Tecnológico da Aeronáutica/Centro Tecnológico da Aeronáutica (ITA/CTA), realizou na década de 1970, importantes estudos sobre o motor a álcool. Apresentou dois objetivos essenciais, tendo como primeiro tentar evitar os royalties (quantia que é

paga por alguém ao proprietário pelo direito de usar) pagos na fabricação dos motores importados e projetados no exterior e como segundo, viabilizar o uso em grande escala de um combustível derivado da biomassa. Stumpf foi pioneiro no desenvolvimento do motor a álcool no Brasil. Já Francisco Nigro, do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), e Henry Joseph Júnior, da ANFAVEA e Volkswagen, dentre outros, representam uma geração de engenheiros brasileiros que contribuíram para que o sonho de Stumpf se realizasse. Posteriormente, junto com uma nova geração de engenheiros, como Fernando Damasceno, da Magneti Marelli, e Besaliel Botelho, da Bosch, contribuíram para que os motores flex *fuel* se tornassem um enorme sucesso.

Apesar de o Brasil ter alcançado o êxito na viabilização do emprego do etanol combustível, misturado à gasolina, ou como combustível puro, ainda há muitos desafios a serem vencidos na área de motores. Estes passaram por alterações com a Inovar Auto, aplicando um aumento na eficiência do uso do etanol relativo à gasolina nos veículos flex, com a colocação no mercado de automóveis híbridos (CORTEZ, 2016).

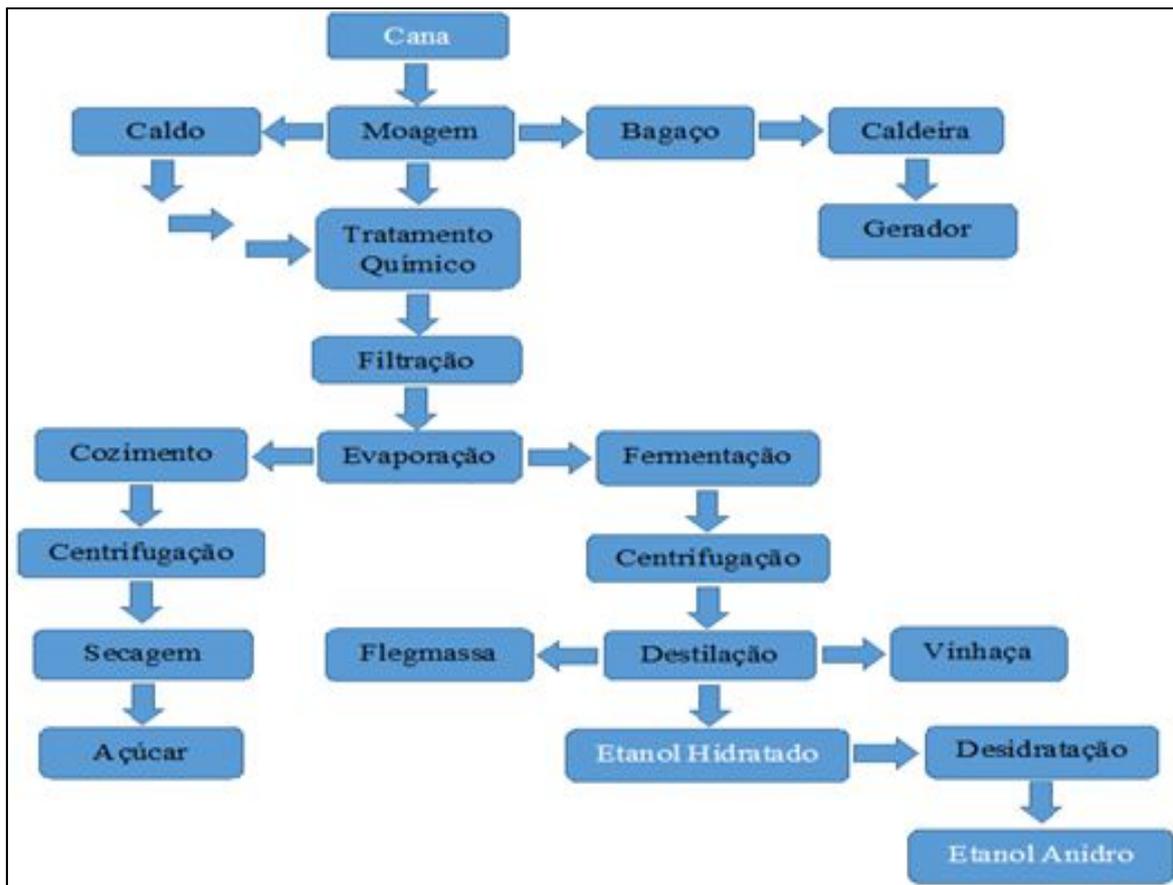
## 2.2. ETAPAS DO PROCESSO PRODUTIVO PARA OBTENÇÃO DO ÁLCOOL HIDRATADO E ANIDRO

Marques (2009), relata que o álcool pode ser obtido através da destilação de produtos orgânicos que são fermentados, como a sacarose contida no caldo (o açúcar), e recebe classificação como álcool anidro ou álcool hidratado. O álcool hidratado para ter sua comercialização, precisa atender a uma série de pré-requisitos, que são denominados de especificações, estabelecidos pela Agência Nacional de Petróleo (ANP) e, dentro dessas especificações, consta que ele precisa ser límpido, transparente, isento de impurezas, com graduação alcoólica em porcentagem de massa entre 92,5% e 95,4%, pH de 6,0 a 8,0, e com uma tolerância extremamente pequena de minerais e metais como ferro, sódio e cobre (ANP, 2015).

A legislação sobre a especificação do álcool anidro é a mesma do álcool hidratado. A diferença entre os dois é na coloração, onde, para ser diferenciado facilmente, é obrigatória a adição de um corante laranja no álcool anidro. Em relação à graduação alcoólica, o álcool anidro em porcentagem de massa precisa ter no mínimo 99,3% de álcool puro (ANP, 2015).

Contudo, a produção de etanol ocorre através da cana-de-açúcar, que tem seu processamento realizado por meio de usinas do setor sucroenergético. O diagrama de fluxo apresentado na Figura 1 demonstra o sistema de processamento da cana-de-açúcar até a obtenção do etanol.

Figura 1. Fluxo de Produção do Etanol no Brasil



Fonte: Próprio autor (2019)

No Brasil, o etanol obtido da cana-de-açúcar (etanol de primeira geração), até o momento, tem sido o único combustível capaz de atender à crescente demanda mundial, sendo considerado energia renovável com custo baixo e de baixíssimo poder de poluição. Considera-se que as emissões de gases geradas com a queima do etanol são 60% menores se comparadas às emissões da queima da gasolina, além disso, o CO<sub>2</sub> emitido é reabsorvido pela própria cana-de-açúcar (SANTOS, 2012).

O álcool vem sendo empregado como combustível no Brasil, desde os anos 1920, porém, foi somente com o surgimento do Proálcool, em 1975, que o seu papel foi distintamente definido a longo prazo, proporcionado que o setor privado investisse no aumento de sua produção. A motivação que o governo teve para lançar o Proálcool foi uma carga devastadora da conta de petróleo na balança de pagamentos do país, que na época importava acima de 80% do petróleo que se consumia (LEITE; LEAL, 2007).

### 2.2.1. MOAGEM DA CANA-DE-AÇÚCAR

De acordo com Chieppe Júnior (2012), a cana-de-açúcar após chegar à indústria tem que ser processada com agilidade, considerando que o sincronismo entre o corte, transporte e moagem é de suma importância, pois essa matéria-prima está sujeita a contaminações e sua deterioração é rápida. Feito isso, a cana-de-açúcar passa pelo processo de lavagem para retirada de suas impurezas, logo após, está preparada para ser moída, passando por picadores que trituram os seus colmos (tipo de caule encontrado nas gramíneas, como a cana-de-açúcar) e conseqüentemente suas células são abertas para que não haja perda de caldo, após todo esse preparo, a cana-de-açúcar é direcionada à moenda para que seu caldo seja extraído. Já na moenda, sofre desfibragem e é exposta entre rolos submetidos a uma pressão de aproximadamente 250 kg/cm<sup>2</sup>, extraíndo assim o máximo de caldo de dentro das células, este processo se repete por seis vezes. Adiciona-se água numa proporção de 30% (embebição composta), cuja função é de penetrar no interior das células da cana dissolvendo o açúcar contido e, com isso, aumentando a eficiência da extração. Desta forma se consegue extrair cerca de 96% do açúcar contido na cana. O caldo extraído vai para o processo de tratamento, e o bagaço para as caldeiras.

### 2.2.2. PREPARO DA CANA-DE-AÇÚCAR

A cana é descarregada na mesa alimentadora, e as esteiras que estão após dela tem a função de fazer o transporte da cana-de-açúcar até os ternos de moenda, podendo haver variação de sua estrutura, porém o mais habitual é a mesa de 45°, contendo em seu interior algumas taliscas para que a cana possa ser transportada até ao final da mesma. Há também o emprego de um sistema para realizar sua lavagem com água, para que possa ser retirado o máximo de impurezas minerais como terra, areia, cinzas, etc. (LOBO, 2017).

Depois da lavagem da cana, a mesma é conduzida a uma esteira metálica chamada de esteirão de cana, que pertence ao sistema de extração, tendo finalidade de levá-la até o preparo. A esteira é horizontal com uma leve inclinação que direciona a cana ao nivelador, picador e desfibrador, todo esse conjunto caracteriza-se como preparo da cana, essa etapa da operação é a mais importante antes da extração, a sua eficiência é medida pela capacidade de romper e abrir as fibras da cana em maior número possível, ponto esse que se localiza o açúcar, sendo facilitada sua retirada através de esmagamento nas moendas. Isso exige uma alta potência dos niveladores, picadores e desfibradores, devido ao

volume de cana e ao sistema que utiliza atrito e choque mecânico, para picar e desfibrar a matéria-prima (SILVA, 2009).

### 2.2.3. EXTRAÇÃO

Em nível industrial, existem dois diferentes processos para extração, um por meio de moendas e o outro por difusão, estes equipamentos são diferentes, mas ambos apresentam boa eficiência na extração do caldo (PACHECO, 2012).

Sistema de moagem e difusão são dois processos utilizados para a extração do caldo, sendo apenas notável a forma de como este processo é realizado. No sistema de moagem, o caldo é extraído através de pressão e constantes lavagens (embebição), enquanto que na difusão a extração é por osmose (NAZATO, et al., 2011).

Em relação à capacidade de extração, os difusores possuem melhores condições sobre as moendas, o caldo extraído é parcialmente limpo, reduzindo alguns gastos no processo. Contudo, o bagaço adquirido por ele não é muito interessante para a geração de energia por meio de sua queima nas caldeiras, devido aos altos graus de impurezas e umidade. Já o bagaço obtido dos ternos de moenda, tem o poder de combustão imediata (PEREIRA, 2006). Separando o caldo e a fibra na cana-de-açúcar pelo processo de difusão, o caldo é retirado da cana desfibrada por um fluxo de água que atua contracorrente ao invés de ser expelido sobre prensagem, como na moenda (PAYNE, 1989). A empresa analisada apresenta no seu processo a extração via difusão.

### 2.2.4. PRÉ-TRATAMENTO FÍSICO-QUÍMICO DO CALDO

Essa fase do processo tem como propósito manter o caminho propício para que as leveduras desempenhem seu papel na etapa de fermentação, eliminando as impurezas e fazendo o ajuste da temperatura e do brix do caldo (MACHADO; ABREU, 2006).

Se houver a presença de impurezas no caldo pode acarretar problemas ao processo, causando danos nos equipamentos e comprometendo o produto final, esse é o motivo de ser feita a retirada dessas impurezas indesejadas, podendo ser por meio de tratamentos físico-químicos, como calagem e peneiramento (BASSETO, 2006).

## 2.2.5. TRATAMENTO DO CALDO E ESTERILIZAÇÃO DO MOSTO

O principal artefato presente no caldo da cana-de-açúcar é a sacarose. O processo de tratamento de caldo tem o objetivo de recuperar a sacarose presente no caldo obtido na etapa de extração em condições adequadas para o bom desenvolvimento do processo fermentativo. Assim, deve-se obter um caldo com uma baixa quantidade de impurezas e contaminantes possível, com a concentração adequada de substrato para evitar inibição da atividade da levedura, que permita a produção de um vinho com concentração final do produto elevada (etanol) e que possibilite o menor consumo de energia nas etapas de separação (levedo e vinho) (DIAS, 2008).

A tabela abaixo mostra a composição do caldo encontrada na cana-de-açúcar sendo que a maior parte dela é composta por água,

**Tabela 1.** Composição Média dos Caldos da Cana-de-açúcar

Componente	Teor (% em massa)
Água	75 a 88
Sacarose	10 a 21
Açúcares redutores	0,3 a 2,5
Não-açúcares orgânicos	0,5 a 1,5
Não-açúcares inorgânicos	0,2 a 0,7
Sólidos totais (brix)	12 a 23

**Fonte:** Adaptado de Dias (2008)

Dias (2008) ainda apresenta que a composição do caldo da cana-de-açúcar varia em função de alguns fatores, dentre eles estão: variedade da cana, estado de maturação, clima, idade, tipo de solo, adubação, entre outros. A composição química do caldo varia dentro dos limites indicados na Tabela 1.

Dias (2008), esclarece que as porcentagens de massa não são fixas, elas oscilam devido alguns fatores, podendo oferecer uma matéria prima de baixa ou alta qualidade, aumentando ou diminuindo o rendimento da fermentação e conseqüentemente a eficiência da produção de álcool.

Dentre os sólidos solúveis, a composição dos caldos varia de acordo com os limites indicados na Tabela 2. Na tabela abaixo é possível notar que em relação a tabela acima os componentes encontrados em maior quantidade são os de açúcar e sacarose, os dois são fundamentais para uma boa alimentação do levedo, onde serão transformados em álcool e gás carbônico.

**Tabela 2.** Teor Médio de Sólidos Solúveis nos Caldos da Cana-de-Açúcar

<b>Componente</b>	<b>Teor (% em massa)</b>
Açúcares	75 a 93
Sacarose	70 a 91
Glicose	2 a 4
Frutose	2 a 4
Sais	3 a 5
Ácidos inorgânicos	1,5 a 4,5
Ácidos orgânicos	1 a 3
Ácidos carboxílicos	1,1 a 3,0
Aminoácidos	0,5 a 2,5
Proteínas	0,5 a 0,6
Amido	0,001 a 0,05
Gomas	0,3 a 0,15
Ceras e graxas	0,05 a 0,15
Corantes e outros	3 a 5

**Fonte:** Adaptado de Dias (2008)

A sacarose no teor médio de sólidos solúveis da cana-de-açúcar é maior em comparação a composição média do caldo.

## 2.2.6. FERMENTAÇÃO

A fermentação do caldo é a consequência da atuação da levedura (fermento) que primeiro faz a inversão da sacarose transformando-a em glicose e frutose (monossacarídeo) e conseqüentemente converte o monossacarídeo (carboidratos simples, pois não sofrem hidrólise) em etanol e dióxido de carbono (VIEIRA; FERNADES, 2012).

É durante o processo fermentativo que ocorre a transformação dos açúcares em etanol, através dos agentes fermentativos que se denominam leveduras. Da perfeita sintonia e desempenho desse processo é que depende em grande parte o êxito no processo de destilação, no qual se recupera o etanol formado na fermentação.

Atualmente, os principais tipos de fermentação alcoólica usados pelas destilarias no Brasil, são a fermentação em sistema batelada alimentada e a fermentação em sistema contínuo, ambos com reciclo das leveduras por centrífugas de álcool, 75% dos processos industriais na fermentação alcoólica para produção de álcool combustível são realizados pelo processo de batelada alimentada, enquanto os outros 25% são fermentações contínuas. Através da realização de um levantamento nas usinas e destilarias clientes da Fermentec, durante oito safras consecutivas, foi apresentado um melhor desempenho das fermentações em batelada alimentada, comparado com as fermentações contínuas,

quanto ao rendimento geral da destilaria, consumo de antibióticos e de ácido sulfúrico durante o tratamento do levedo (AMORIM; BASSO; LOPES, 2008).

Foram destacados aqui somente esses dois tipos de fermentação citados acima, pois são os mais usados e conhecidos, outros processos alternativos de fermentação não foram aqui considerados. Ressalta-se que esse caldo usado na fermentação pode conter mel em sua mistura.

### 2.2.7. DESCARREGAMENTO DE MEL

Uma das formas mais importantes de utilização do mel é como matéria prima para produção de álcool hidratado ou anidro, pelo fato que a grande maioria das usinas sucroenergéticas possuem destilarias com grandes cubas de fermentação e colunas de destilação automáticas contínuas. Durante a história, uma parte desse mel era empregada nos engenhos na produção de aguardente, outra parte era empregada na produção de álcool hidratado com graduação de 90º a 95º Gay Lussac, e outra fatia era empregada na fabricação do álcool anidro com objetivo de misturá-lo a gasolina (BAYMA, 1974).

O mel (melaço onde não se extrai mais açúcar) é adquirido para ser adicionado à água e ao caldo extraído da moagem, com o intuito de elevar a porcentagem de açúcar contida na mistura, aumentando assim o brix (porcentagem de sólidos solúveis contidos em uma solução, como o sal e o açúcar). A união da água, melaço (mel) e do caldo, dá origem ao mosto, que se define como um líquido açucarado que pode ser fermentado. O mosto é preparado com objetivo único de alimentar o fermento, que é o principal agente responsável pela criação do álcool na fermentação, conseqüentemente, com tudo isso irá obter melhores resultados para produção de álcool (CHIEPPE JÚNIOR, 2012).

O descarregamento de mel traz em seu processo algumas etapas. São elas:

1. A carreta chega carregada e estaciona em local demarcado.
2. O operador engata o mangote na válvula de saída da carreta ou encaixa o pedaço de tubo na peça tubular que está acoplada na válvula, isto é, depende de qual tipo de carreta que será descarregada, o mangote ou o pedaço de tubo é direcionado para desaguar dentro de um tanque aberto com capacidade de 3.000 L.
3. O operador abre 25% da válvula de saída da carreta e inicia o descarregamento.

4. O operador que está fazendo a manobra pede para o operador do COP (controle operacional do processo) ligar a bomba responsável de fazer o bombeamento do produto assim que o nível do tanque atinge um nível de aproximadamente 50%.
5. O mel que sai da carreta e desagua no tanque é bombeado para dentro de uma cuba de 500.000L (recipiente de forma cônica arredondada responsável por receber o levedo para que o mesmo seja tratado), ou para um outro tanque de capacidade de 15.000L que nesse caso tem a função de estocar esse mel para ser adicionado ao processo, assim que estiver espaço para o mesmo. Quanto mais açúcares, mais etanol a se produzir, porém, o excesso de etanol no mosto em fermentação prejudica a atividade fermentativa da levedura, que deixa de trabalhar normalmente executando uma fermentação incompleta (LIMA, 1999).

A quantidade de água necessária pode ser regulada pela aplicação da seguinte fórmula:

$$\text{Litros de água de diluição} = \frac{\text{LITROS de CALDO} \times \text{BRIX do CALDO}}{\text{BRIX do MOSTO}} - \text{Litros de caldo} \dots\dots\dots(1)$$

(LIMA, 1999).

Para melhor compreensão da fórmula suponhamos o seguinte exemplo: tendo 10.000 litros de caldo ou mel com 60º de brix, qual a quantidade de água que deve ser adicionada para que o mosto fique com 20º de brix?

$$\text{Litros de água de diluição} = \frac{10.000 \times 60}{20} - 10.000 = 20.000 \text{ litros de água.}$$

### 2.2.8. CENTRIFUGAÇÃO

Posteriormente, a fermentação ocorre a centrifugação que tem o intuito de separar o fermento do mosto fermentado (vinho delevedurado), nessa solução está contido aproximadamente 9% °GL (fração em volume *Gay Lussac*), porcentagem de etanol em uma mistura (VIEIRA; FERNANDES, 2012).

A centrifugação é utilizada no Brasil, desde a década de 30, seu objetivo é processar a recuperação das leveduras, sendo que, o mais pesado desce e o mais leve sobe, todo o vinho levedurado passa pelo processo de centrifugação para separação entre o fermento e o vinho (CAMPOS, 2013).

Com a alta rotação empregada pelas centrífugas, o vinho fermentado é forçado a passar através de discos cônicos, onde o mesmo é separado pela força centrífuga em uma fase pesada e uma fase leve. A fase mais pesada, o levedo, e uma quantidade de vinho, são forçados para fora da parede do rotor, passando por boquilhas de descarga, o vinho delevedurado, fase leve, é empurrado para o centro do

rotor e por uma abertura no topo do rotor é impulsionado para fora da separadora através do coletor (SEJIMO, 2011).

De acordo com Campos (2013), após ser centrifugado, o levedo é submetido a um pré-tratamento, sendo agitado constantemente por recirculação ou mexedor, para ser purificado e posteriormente ser reaproveitado novamente no processo. O levedo é diluído com água e ácido sulfúrico para ser hidratado e ter o pH corrigido.

### 2.2.9. DESTILAÇÃO

Cabe salientar que a destilação consiste na separação do vinho do álcool através de uma retificação do etanol. No início do processo de destilação são utilizadas três colunas superpostas, onde é feita a separação entre o etanol e o vinho inicialmente com uma graduação alcoólica de 7º a 10ºGL (Gay Lussac é a quantidade em mililitros de álcool absoluto contida em 100 mililitros de mistura hidroalcoólica). O vinho é inserido no topo da primeira coluna e desce pelas bandejas através de epuração, sendo a flegma (produto com impurezas obtido de uma primeira destilação do álcool e outras fontes) retirado e enviado para próxima coluna. Os voláteis (o que se reduz a gás ou vapor), são concentrados em outra coluna e condensados através de condensadores, passando por outra coluna e saindo como álcool de segunda com graduação de aproximadamente 92ºGL (MENEGUETTI; MEZAROBA; GROFF, 2010).

O vinho centrifugado ou delevedurado tem em sua composição um teor alcoólico de 7% a 8%, e o restante são impurezas líquidas. Como o ponto de ebulição do álcool se difere para menos que o da água, é possível fazer a separação desses dois líquidos através do processo de destilação. Realizada a destilação, o vinho se transforma em vinhaça, que é a parte aquosa do vinho, sendo um subproduto de alta importância para uso na irrigação da lavoura, pois é rico em sais minerais, porém, também é um agente poluidor de meio ambiente. Para cada litro de álcool produzido são gerados 13 litros de vinhaça (UDOP, 2018).

### 2.3. CONCEITO DE DESPERDÍCIO

De acordo com Ohno (1997), os desperdícios definem-se em todas as atividades que fazem uso de recursos, porém, não colaboram para o aumento do valor do produto em sua venda. Para Shingo (1996), o princípio que ampara o Sistema Toyota de Produção é baseado na priorização das melhorias em função do processo visando a eliminação sistemática e contínua de perdas nos sistemas produtivos.

### 2.3.1. OS SETE TIPOS DE PERDA

Conforme Shingo (1996), o Sistema Toyota de Produção aponta sete tipos de perda:

1. Superprodução; Espera era necessária, pois no passado a realização de *setup* demorava muito, então o estoque era considerado útil, com o sistema de Troca Rápida de Ferramentas (TRF), esse problema foi eliminado. Após o TRF manter estoque passou a ser sinônimo de desperdício. Assim, se atinge o objetivo da eliminação da perda por superprodução (perda 1).
2. Espera; Operações na preparação pós-ajuste, no caso, as operações de troca de ferramentas com tempos longos de setup reduzem a produtividade dos operários e de utilização das máquinas. Diz-se que para reduzir os custos de mão de obra necessita-se de produção em grandes lotes, melhorar as trocas de ferramentas nesse caso impacta na eliminação das esperas desnecessárias e também na necessidade de produção em grandes lotes, (perda por superprodução, perda por espera, perda devido ao estoque).
3. Transporte; Transporte não aumenta o valor agregado, deve-se reduzir a necessidade de transporte melhorando o *layout* da planta (perda 3).
4. Processamento; Processamentos devem ser realizados, em primeiro lugar, melhorias voltadas a análise de valor e a engenharia de valor, ao invés de tentar aumentar a velocidade de corte em busca de eficiência deve ser questionado porque fazemos tal produto e usamos um determinado método de processamento (perda 4).
5. Estoque; Estoque de produto é o que exerce imensa influência nos estoques de produto, a relação entre o prazo de entrega (E) e o ciclo de produção (P), se (E) for maior que (P) a especulação rege a produção e isso tornará o crescimento dos estoques inevitável (perda 5).
6. Desperdício nos movimentos; Nas operações principais, os movimentos que os trabalhadores executam devem ser aperfeiçoados ao máximo, devendo ser estabelecidas operações padrão com maior efetividade.
7. O desperdício na elaboração de produtos defeituosos; A inspeção tem o objetivo eliminar defeitos bem mais do que os descobrir, 100% de inspeção é mais efetiva do que inspeções por amostragem, fazer o controle na fonte, auto inspecionar e verificar sucessivamente, são bastante eficazes nesse caso, exemplo dispositivo pokayoke a perda acontece devido à elaboração de produtos defeituosos (perda 7).

## 2.4. FERRAMENTAS DA QUALIDADE

Neste tópico, serão apresentadas algumas ferramentas da qualidade como o brainstorming, diagrama de Ishikawa, 5 Porquês e 5W1H ferramentas essas que serão usadas para análise e resolução do problema.

### 2.4.1. BRAINSTORMING

O brainstorming é uma prática em grupo descoberta pelo publicitário americano Alex Osborn, com o intuito de solucionar problemas específicos ou criar novas ideias para um projeto, ele agrega informações e ativa o pensamento criativo dentro de uma organização ou até mesmo em ações informais, o termo origina-se do inglês, sendo que brain significa cérebro e storm tempestade, traduzindo-se como tempestade de ideias (MATTOS, 2015).

Essa técnica se expandiu entre as empresas que procuram por inovação, porém, o processo de criar soluções em equipe não é muito fácil, para que funcionem algumas condições precisam ser visualizadas. O brainstorming auxilia no desenvolvimento de ideias captando algumas características do nosso cérebro, apostar na quantidade e qualidade da informação é essencial para que a dinâmica funcione (GASPARINI, 2014).

1. Um *brainstorming* geralmente é concretizado em seis etapas básicas, são elas:
2. Primeira etapa: Constituição da equipe, a composição da equipe é constituída por participantes que fazem parte do setor onde está acontecendo o problema, conseqüentemente outras pessoas de diferentes setores da empresa, que possuem criatividade, podem ser convocadas. É feita uma reunião para anotar as ideias que os participantes vão ditando e o secretário vai anotando.
3. Segunda etapa: definição do foco e enfoque; associa-se o foco a um resultado indesejado, ou seja, o problema.
4. Terceira etapa: geração de ideias, o importante nessa fase, é a quantidade de ideias formadas, sem importar a qualidade das mesmas. Ao encerrar um determinado período de tempo que pode variar de 10 a 20 minutos, as ideias tendem a se esgotarem e o facilitador propõe o encerramento desta etapa.

5. Quarta etapa: crítica, o objetivo agora é a qualidade que é adquirida através de uma crítica as ideias que foram criadas. As ideias são lidas uma por uma e em grupo é realizada a primeira análise.
6. Quinta etapa: agrupamento, uma vez escolhida as ideias que possuem ligação com o foco, as mesmas são associadas por escala de parentesco ou semelhança por conteúdo gerando subtítulos ou várias respostas.
7. Sexta etapa: analisando os subtítulos ou as respostas deve-se selecionar aquelas que combinadas ou isoladamente respondem à questão proposta no foco (MEIRELES, 2001).

Nesse estudo, optou-se pelo uso do *brainstorming* anônimo na tentativa de encontrar resoluções para o problema em questão.

Independente da variante de *brainstorming* que foi escolhida, alguns cuidados devem ser aplicados a todas, tais como: no início, a quantidade de alternativas geradas precede a qualidade delas, ou seja, deve-se concentrar na geração da maior quantidade possível de alternativas, sem focar num primeiro momento em sua qualidade, não devendo haver censura de ideias, as mesmas podem ser tão absurdas quanto às pessoas queiram, e isso não deve ser questionado por ninguém da equipe, para não ocorrer um bloqueio na diversidade de ideias criadas.

#### 2.4.2. DIAGRAMA DE ISHIKAWA

O diagrama de Ishikawa ou diagrama de causa e efeito foi criado pelo engenheiro japonês Kaoru Ishikawa em 1943, e pode ser chamado de diagrama espinha de peixe, por ter o formato parecido como uma espinha de peixe. Sua utilização é indicada quando precisamos identificar as possíveis causas de um problema, o diagrama proporciona, a partir de grupos básicos de possíveis causas, analisar as causas até os níveis de particularidades adequadas à resolução do problema. Esses grupos definem-se em atribuição do modo de problema em análise (LINS, 1993).

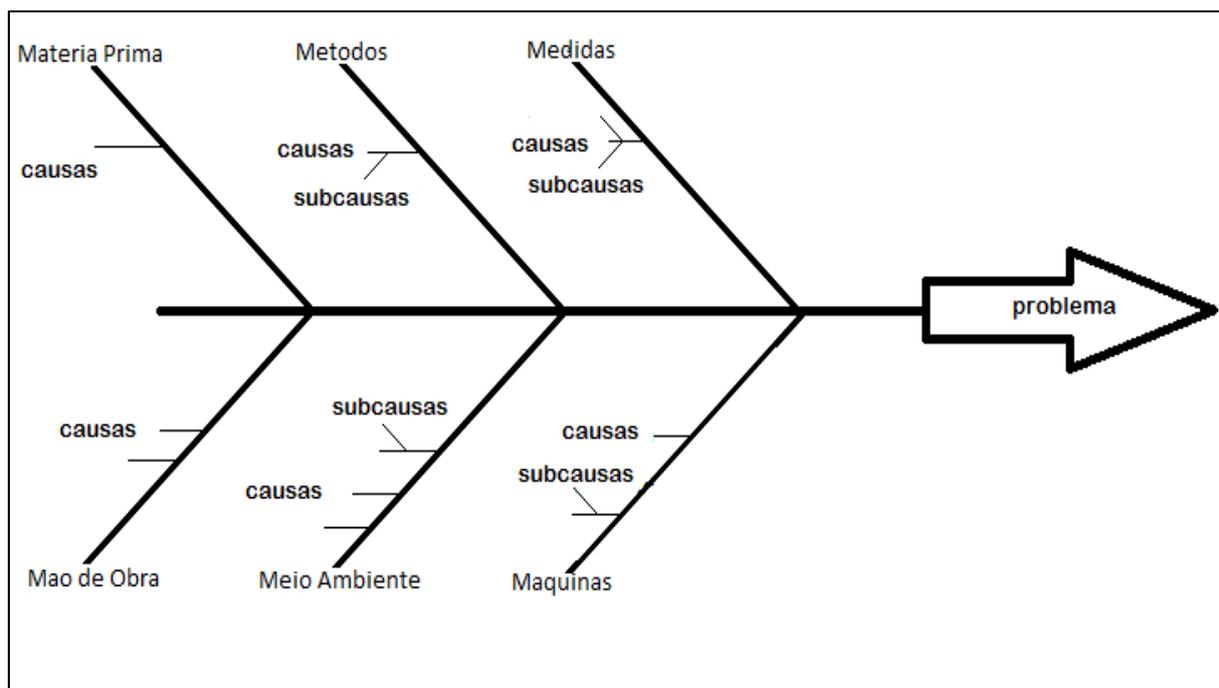
De acordo com Lins (1993), para análise dos problemas de natureza operacional, propõe-se a adoção dos seguintes grupos básicos: máquinas; materiais; mão de obra; metodologias ou métodos; instalações ou ambiente; matéria-prima.

O diagrama de causa-efeito tem sua elaboração seguindo os seguintes passos: Determinação do problema a ser estudado (identifica-se do efeito); - Dissertar sobre as possíveis causas e registrando-as no diagrama; - Fazer a construção do diagrama agrupando as causas em “6M” (mão de obra,

método, matéria-prima, medida, máquina e meio ambiente); - Analisar o diagrama, para poder identificar as causas verdadeiras; - Correção do problema. Provavelmente, o resultado do diagrama será fruto de um brainstorming (tempestade de ideias), ou seja, pensamentos e ideias que os membros do grupo de estudo expõem sem restrições e democraticamente. Sendo o diagrama, o elemento de registro e representação de dados e informação (MIGUEL, 2006).

O diagrama de causa e efeito é uma ferramenta de apresentação da relação existente entre a apuração de um processo e seus fatores, que por alguma razão possam prejudicar o resultado esperado. Constantemente o resultado de interesse do processo constitui um problema a ser resolvido, então, o diagrama de Ishikawa é empregado para sintetizar e apresentar as possíveis causas do problema em questão, servindo como um guia de atuação para a identificação da causa principal do problema em questão e para o desígnio das medidas corretivas que deverão ser adotadas (WERKEMA, 2014).

Figura 2. Diagrama de Ishikawa (Causa e Efeito)



Fonte: Adaptado de Werkema (2014)

O diagrama demonstrado acima possibilita realizar uma estrutura hierárquica das causas do problema, com intuito de projetá-las claramente mostrando suas diversas formas de interferência em um processo, usando uma classificação e relação entre as mesmas. Possibilita a estruturação de qualquer sistema que careça de resposta de forma gráfica e sintética para melhor compreensão e visualização do conteúdo, fazendo assim com que seja possível obter uma visão rica em detalhes sobre o assunto em análise (SABINO, 2011).

### 2.4.3. CINCO (5) PORQUÊS

De acordo com Ballé (2012), a ação de se perguntar "por quê?" sistematicamente sempre que for encontrado algum problema, com propósito de ir além dos sintomas óbvios, faz com que sua causa raiz seja descoberta.

Esse método se torna interessante para ser empregado em conjunto quando o grupo encontra um problema que seja complexo, já que pessoas de diferentes tipos podem obter para o mesmo problema diferentes respostas. Com a realização de reuniões e discussões em grupo fica mais fácil alcançar uma concordância sobre as causas do problema tendo uma visão mais nítida de qual caminho seguir (ANDRADE, 2018).

Andrade (2018), conclui que para que se tenha sucesso na análise dos Cinco porquês a equipe necessita ser honesta em suas respostas, também é preciso lembrar que essa metodologia visa fazer um complemento a outras que possui maior complexidade. Se somente ela não for o bastante, podem ser usados outros métodos, como o diagrama de Ishikawa, como também o ciclo PDCA.

### 2.4.4. 5W1H

O plano de ação 5W1H possibilita conceituar todas as tarefas a serem concretizadas ou escolhidas de forma meticulosa e objetiva, garantindo sua realização de forma coordenada (VIEIRA et al. ,2015). Cada ação deve ser detalhada considerando os itens apresentados por Kumaira (2018) no Quadro 1, tais quais:

*What* ("o que"): é uma singularização do que se espera realizar, através de um plano de ação.

*Why* ("por que"): esclarece o raciocínio por trás da realização do plano de ação.

*Where* ("onde"): constata o local em que ocorrerá o plano de ação.

*Who* ("quem"): é delegada a responsabilidade pela realização do plano de ação a uma pessoa específica, garantindo que cada plano de ação tenha uma.

*When* ("quando"): define o tempo de execução do plano de ação, data, mês e ano.

*How* ("como"): apresenta a forma de como o plano de ação será desenvolvido, ou seja, quais ações devem ser tomadas para o que foi estabelecido no *What* seja alcançado.

**Quadro 1.** Itens do 5W1H

<b>W</b>	<b>What?</b>	<b>O que será feito?</b>
<b>W</b>	<b>Why?</b>	<b>Por que será feito?</b>
<b>W</b>	<b>Who?</b>	<b>Quem fará?</b>
<b>W</b>	<b>Where?</b>	<b>Onde será feito?</b>
<b>W</b>	<b>When?</b>	<b>Quando será feito?</b>
<b>H</b>	<b>How?</b>	<b>Como será feito?</b>

**Fonte:** Adaptado de Fonseca (2016).

Sendo assim, esta ferramenta se torna um documento organizado que detecta as ações e as responsabilidades do executor, por meio de um questionamento, gerando orientações às diversas ações que serão implementadas. O 5W1H pode ser usado para direcionar as decisões de cada etapa no desenvolvimento de um trabalho, constatar as ações e responsabilidade de cada um na realização das atividades e programar as diversas ações que se desenvolverão durante o trabalho. (TAVARES, 2012).

### 3. METODOLOGIA

O presente estudo foi realizado em uma indústria do setor sucroenergético, tendo seu setor fermentativo analisado mais precisamente na área do descarregamento de mel. A particularidade analisada foi o desperdício que ocorria no momento do descarregamento de mel. O mel ou melaço que chega para ser descarregado é um subproduto resultante do processamento da cana-de-açúcar do qual não se extrai mais açúcar.

O método de pesquisa realizado é considerado descritivo, pois foram efetuadas observações, levantamentos, registro de dados e descrição do processo de descarregamento de mel. De acordo com Rodrigues et al (2007), a pesquisa descritiva usa técnicas de padronização de coleta de dados em que fatos são observados, registrados e analisados.

Em relação à natureza da pesquisa, sua definição é aplicada, pois possui fins práticos. Pesquisa de natureza aplicada objetiva-se em gerar conhecimentos com intuito de aplicação prática para solucionar problemas específicos (PRODANOV; FREITAS, 2013).

As fontes de pesquisas foram primárias, sendo realizadas no setor pelo próprio pesquisador, mas também secundárias, pois houve o uso de fontes confiáveis e a realização de uma pergunta envolvendo dez pessoas do setor.

As formas de abordagem dos resultados do trabalho foram tratadas qualitativamente e quantitativamente. Qualitativamente, pois no estudo foi realizada uma observação na área à procura de sanar as causas geradoras do problema. Segundo Wainer et al (2007), a pesquisa qualitativa baseia-se na observação cuidadosa do ambiente onde será feito o estudo. A abordagem também deve ser considerada quantitativa, já que busca quantificar o custo do desperdício. A pesquisa quantitativa pode ser medida em números, sendo eles classificados e analisados, podendo ser feita a utilização de técnicas estatísticas (DALFOVO; LANA; SILVEIRA, 2008).

A aplicação da pesquisa foi feita através de realização de leituras referenciais sobre o processo de produção de etanol, processo de produção de açúcar, história do etanol, cultivo da cana-de-açúcar e o uso de ferramentas de qualidade dentro do processo de produção. Adotando como procedimento avaliações no local através de observações dentro do setor, uma vez que a busca foi por problemas que interferiam diretamente no processo de produção do etanol.

Este trabalho também pode ser considerado como um estudo de caso, pois de acordo com Yin (2001), o estudo de caso representa uma investigação empírica e compreende um método abrangente, com a lógica do planejamento, da coleta e análise de dados. Considerando que tais procedimentos foram realizados em um setor específico da usina, onde se identificou que a área do descarregamento de mel presente no processo fermentativo carece de melhorias para que a produção de etanol seja otimizada com objetivo de contenção de desperdício e redução de custo.

### 3.1. INSTRUMENTOS PARA A COLETA DE DADOS

Para coletar os dados foi necessária a utilização de um recipiente com a capacidade de 30 litros, a fim de fazer a quantificação do produto que estava sendo desperdiçado, auxiliado por um cronômetro para cronometrar o tempo que era gasto para o total enchimento deste recipiente. Foi utilizada também uma ficha para fazer as anotações da quantidade da carga, do tempo gasto para descarregar a carreta, e da porcentagem da abertura da válvula de descarga.

### 3.2. DEFINIÇÃO DO TAMANHO DA AMOSTRA

A mensuração foi realizada com carretas que transportavam diferentes quantidades de carga, sendo suas respectivas capacidades máxima de 30.000L, 40.000L, 50.000L e 60.000L, pois elas chegavam de forma aleatória, totalizando no final do turno o número máximo de três carretas descarregadas. Foi mensurado o desperdício de 91 carretas que chegavam no turno C por 40 dias, durante os meses de abril, maio e junho do ano de 2019, sendo que em cada carreta foi feita a medição do tempo que o recipiente se enchia completamente por quatro vezes para que se chegasse a uma média. O método de medição foi igual para todas as carretas independentemente da quantidade da carga contida na mesma. O Quadro 2 enfatiza o total de carretas analisadas com o número total de medições e tempo padrão de enchimento do recipiente

**Quadro 2.** Demonstração dos números e do tempo das medições

Número de Carretas Analisadas	91
Número de Medições Realizadas	364
Tempo Médio para o enchimento do Recipiente (Segundos)	45

**Fonte:** Próprio autor (2019).

No Quadro 2 foi demonstrado o número de carretas analisadas e a quantidade de medições realizadas, elas foram definidas de forma que não atrapalhassem o bom andamento do serviço durante o turno, haja vista, que tinham diversas atividades decorrentes da operação para serem concluídas e o tempo para executa-las era corrido devido ao quadro de funcionários na empresa ser reduzido.

### 3.3. PROCEDIMENTOS PARA O ESTUDO DE CASO

A partir da definição da área, escolheram-se dez pessoas do setor levando em consideração seu tempo de experiência e, em seguida, foi feita a aplicação de uma pergunta: O que você acredita que está causando o desperdício no descarregamento de mel?

O objetivo do estudo é apresentar para a empresa, formas de melhorias na área do descarregamento de mel, com a finalidade de realizar um melhor aproveitamento do produto e eliminar o seu desperdício, que ocorre no momento de seu descarregamento. Conseqüentemente, aumentar a quantidade de álcool que estará sendo produzida na fermentação, tendo em vista que esse produto está sendo usado para um aumento considerável na produção final de etanol. Demonstrando também sua importância em apontar pontos existentes de falhas no que diz respeito ao aproveitamento e rendimento de um produto, visando eliminação de desperdício.

### 3.4. ESTUDO DE CASO

A forma mais impactante que uma empresa pode atuar em relação à redução de custos é reavaliar seu processo de produção, visando à procura e a identificação de possíveis desperdícios que possam vir a existir no processo e, conseqüentemente, as oportunidades de aplicações de melhorias.

Diante disso, a redução de desperdícios nada mais é do que fazer um melhor aproveitamento dos recursos que a empresa dispõe com intuito de aumentar a produtividade. A aquisição de equipamentos novos aliado à mão de obra e materiais de alta qualidade nem sempre é garantia de melhoria na produtividade, há grandes riscos de aumentar os desperdícios se não for adotada uma gestão destes recursos (CANTIDIO, 2009). Os modos de desperdício definem-se em dois: os que são visíveis e os que não são visíveis. Em relação aos que não são visíveis, é de extrema importância que sejam descobertos e eliminados antes que possam se tornar muito grandes, acarretando em problemas maiores para a empresa (SILVEIRA, 2018). Entende-se que os desperdícios visíveis, por serem de fácil identificação em função das marcas deixadas, merecem atenção de acordo com sua proporção.

Este estudo de caso foi realizado em uma indústria do setor sucroenergético, tendo sua análise voltada para a produção de etanol com o propósito de fazer alguns levantamentos dos desperdícios que estão ocorrendo no descarregamento de mel e, com isto, apresentar propostas de melhorias para o processo.

### 3.5. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A indústria analisada está localizada no Brasil, tendo seu enquadramento voltado para o ramo sucroenergético, possuindo como atividade principal a produção de etanol e energia, detém 10 anos de existência e uma vivência de seis anos de produtividade voltada para o mercado.

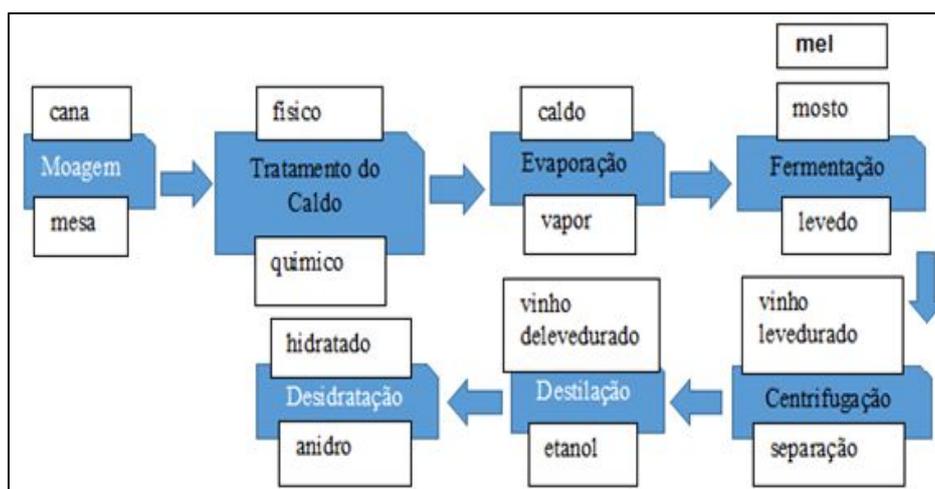
Para que ocorra a realização do seu processo produtivo, faz-se o uso de um difusor com capacidade de moagem para 10.000Ton/dia, uma evaporação com capacidade de recebimento de 600.000L/h de caldo, uma fermentação batelada contendo sete dornas, sendo cinco com capacidade de enchimento com 1.500.000L e duas com capacidade de enchimento de 1.000.000L, dois aparelhos de destilação com capacidade 640.000L/dia e uma peneira molecular desidratadora com capacidade de 1.200.000L/dia.

A empresa segue o padrão comum industrial sendo dividida em setores e, como se trata de uma indústria responsável por moagem de cana, a mesma tem em suas divisões setoriais:

- ✓ Extração do caldo - tem em sua composição um sistema de difusão executando sua forma de extração através de vapor e água aliado a um conjunto de ternos de moendas, garantindo uma extração do caldo com mais eficiência.
- ✓ Tratamento de caldo - esse setor tem a incumbência de tratar química e fisicamente o caldo, corrigindo seu Ph e retirando suas impurezas, garantindo assim um produto livre de sólidos em suspensão.
- ✓ Evaporação - local onde se apura o brix do caldo, isto é, retira a água do mesmo para uma concentração maior de açúcar. Essa retirada é feita através de injeção de escape, sendo o mesmo gerado pela caldeira em conjunto com o gerador, ainda na evaporação é produzido outro tipo de vapor, chamado de vapor vegetal, que tem a finalidade de alimentar as colunas de esgotamento e retificação da destilaria.
- ✓ Descarregamento de mel - está localizado dentro da fermentação sendo responsável por receber o mel final quando este é adquirido de outra empresa.
- ✓ Fermentação - onde ocorre o tratamento do levedo e a alimentação do mesmo com o caldo e quando necessário o mel também tem a função de servir como alimento para esse levedo, este processo que acontece dentro desse setor visa à criação do etanol que será extraído na destilaria. Antes que aconteça a extração do etanol, tem que ser feita a separação da mistura entre o levedo e o vinho e para que isso ocorra passa-se por um processo de centrifugação através de centrífugas separadoras e recuperadoras de levedo, após feita essa separação, o vinho é encaminhado para uma dorna denominada volante seguindo dali direto para a destilaria para ser destilado e conseqüentemente desidratado.
- ✓ Destilaria – setor onde se extrai o álcool que foi criado na fermentação, separando-o do vinho centrifugado com o uso de uma coluna de esgotamento para vinhaça e uma coluna de retificação para graduar o álcool e gerar a flegmassa.

Para uma melhor ilustração da divisão de setores, abaixo temos um fluxograma da empresa demonstrado pela Figura 3.

Figura 3. Fluxograma da Empresa



Fonte: Próprio autor (2019).

A Figura 3 demonstra que o setor fermentativo da usina, recebe o mel para a composição do mosto na alimentação do levedo.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a realização de todas as etapas do processo de descarregamento de mel, notou-se falha em dois itens que necessitam serem controlados. Primeiro item: o controle do nível do tanque, que por sua vez não possui indicador de nível e é aberto podendo transbordar a qualquer momento, isso acontece quando a vazão de saída da carreta é maior que a vazão da bomba de transferência para o tanque que recebe o produto. Segundo item: a porcentagem de abertura da válvula de saída de mel acoplada na carreta deve ser controlada pelo operador que está responsável pelo descarregamento.

##### 4.1. CONSTATAÇÃO DO PROBLEMA

Durante o acompanhamento do processo de produção de etanol no setor fermentativo, mais precisamente na área de descarregamento de mel feito dentro da empresa, foi constatado, de forma visual, que o produto em sua fase de descarga está sendo desperdiçado, reduzindo a sua influência no ganho de volume da produção final. Esse mel que chega ao setor para ser descarregado, tem uma proporção média de 60% de açúcar (brix) e sua temperatura por volta de 40°C. O transporte é feito através de carretas com diferentes quantidades de cargas, variando de 30.000L a 60.000L de mel e, para o seu descarregamento, leva em média de 60 a 120 minutos, de acordo com o volume da carga e a vazão da bomba de transferência.

Para realização da descarga do mel, utiliza-se um mangote, composto por borracha, medindo aproximadamente 3 metros de comprimento com diâmetro de 3" e com um bocal de encaixe constituído de metal com a mesma medida em polegadas. Nesse caso, o mangote é a peça principal responsável por fazer a transferência do produto da carreta para o tanque. Em determinadas carretas, existe também outro tipo de válvula que vem acoplada a uma peça tubular, onde não se consegue fazer o encaixe do mangote, tendo assim a necessidade de realizar uma adaptação com um pedaço de tubo de 4", medida maior que a da peça anterior, o produto passa pelo mangote ou pelo pedaço de tubo indo direto para o tanque, que por sua vez, tem a finalidade de recebê-lo enviando-o para seu destino final através de bombeamento e, para que isso ocorra, o tanque tem que chegar a um nível mínimo de 50% para que a bomba possa ser ligada e conseqüentemente comece a ser realizada a transferência para a cuba ou para um tanque de armazenamento.

#### 4.1.2. PROBLEMA

De forma visível, foram identificados dois pontos de vazamento, sendo o primeiro decorrente do encaixe da peça tubular que está acoplada na válvula de descarga da carreta com um pedaço de tubo de 4", ressalta-se que essa forma de vazamento só acontece com um tipo de carreta, e o segundo no transbordo do tanque quando o mesmo se enche.

A dissipação que ocorre entre o encaixe da peça tubular com o pedaço de tubo usado para fazer a conexão, se dá em função de um modelo de válvula que contempla uma tubulação complementar que não permite o seu encaixe com vedação completa.

**Figura 4.** Ilustração do Pedaço de Tubo de 4" usado como Conexão na Válvula



**Fonte:** Próprio autor (2019).

O modelo de carreta que colabora com o problema possui em seu compartimento uma válvula modelo borboleta presa entre dois flanges, um dos flanges possui uma parte tubular de pequeno tamanho soldado a ele.

Na Figura 5 tem-se uma carreta com o modelo da válvula que apresenta vazamento no momento do descarregamento, destacada com um círculo vermelho.

**Figura 5.** Ilustração do Modelo de Válvula Responsável pelo Vazamento



Fonte: Próprio autor (2019).

O outro modelo de válvula (portinhola), demonstrado na Figura 6 que não necessita do complemento tubular, consegue uma vedação perfeita não permitindo o vazamento do mel em sua junção com o mangote.

**Figura 6.** Ilustração do Modelo de Válvula que não apresenta Vazamento



Fonte: Próprio autor (2019).

O segundo ponto de desperdício é ocasionado no momento em que o tanque demonstrado na Figura 7, se enche e transborda, como pode ser visto na imagem, o mesmo não possui indicador de nível e tem uma abertura em sua parte superior. O derramamento acontece porque às vezes o operador abre demasiadamente a válvula de descarga da carreta e não acompanha de perto o descarregamento, com isso a vazão de 30.000 L/h da bomba é inferior à vazão que sai da carreta, quando a válvula está com uma abertura muito grande.

**Figura 7.** Ilustração do Tanque de Mel



**Fonte:** Própria autor (2019)

É importante lembrar que o desperdício gerado pelo tanque mostrado na figura acima não foi mensurado, pois todo o produto que se perdia pela parte superior entrava diretamente em contato com o solo

#### 4.2. CÁLCULO DO TEMPO DE DESCARREGAMENTO

Para apurar o tempo que o produto levava para ser descarregado e, conseqüentemente, poder realizar o cálculo da quantidade que não estava sendo devidamente aproveitada no primeiro ponto de desperdício, calculou-se o *Takt Time*, que é definido pela Equação 3:

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{TEMPO DISPONÍVEL}}{\text{DEMANDA}} \dots\dots\dots(2)$$

A palavra *takt* descende do alemão, designa-se como compasso de uma composição musical, foi introduzida no Japão na década de 30, tendo seu sentido definido como ritmo de produção, nessa época os técnicos japoneses buscavam aprender técnicas de fabricação com os engenheiros da Alemanha, (ALVAREZ et al., 2001).

O *takt time* define-se pela demanda do mercado e pelo tempo disponível para produzir, é o ritmo de produção que atende à demanda. Numericamente, é resultado da razão relacionada com o tempo disponível para a produção e a quantidade de unidades a se produzir (ALVAREZ et al., 2001).

Dentro do estudo que foi realizado, o tempo disponível é a quantidade de carga contida na carreta e a demanda seria estipulada pela vazão da bomba de descarregamento, no caso considerou-se a vazão máxima. O cálculo foi feito para as quatro quantidades de carga. Ressalta-se que o número total diário de descarga era de 10 carretas contendo diferentes quantidades de carga, variando entre 30.000 L e 60.000 L, podendo haver oscilações das cargas para menos. Em observação, foi considerado para execução do cálculo que, na descarga do produto, existe uma bomba com capacidade de bombeamento de 30.000 L/h:

$$\text{Para as cargas de 30.000 L; } Takt\ Time = \frac{30.000}{30.000} = 1\ \text{h (60 min)}$$

$$\text{Para as cargas de 40.000 L; } Takt\ Time = \frac{40.000}{30.000} = 1.333\ \text{h (79,98 min)}$$

$$\text{Para as cargas de 50.000 L; } Takt\ Time = \frac{50.000}{30.000} = 1.666\ \text{h (99,96 min)}$$

$$\text{Para as cargas de 60.000 L; } Takt\ Time = \frac{60.000}{30.000} = 2\ \text{h (120 min)}$$

### 4.3. QUANTIDADE DE MEL DESCARREGADO

As tabelas 3, 4 e 5, foram montadas com o propósito de evidenciar o tamanho da amostra analisada, as quantidades e o tempo que era levado para o descarregamento do produto.

**Tabela 3.** Informativo de Cargas do Mês de Abril

Dia	Turno	Carga Total Turno	Quantidade Turno	Carreta	Tempo de Descarga/Min	Vazão bb/h
23	C	86.000	3	172	30.000	
24	C	145.000	3	290	30.000	
25	C	176.600	3	353,2	30.000	
26	C	60.000	2	120	30.000	
27	C	118.500	3	237	30.000	
30	C	120.000	3	240	30.000	
Total		706.100	17		1.412,2	

Fonte: Próprio autor (2019).

Na Tabela 3 foi feita a coleta do produto somente por 6 dias totalizando uma quantidade de mel descarregado de 706.100 litros em 17 carretas descarregadas gastando 1.412,2 minutos.

**Tabela 4.** Informativo de Cargas do Mês de Maio

<b>Dia</b>	<b>Turno</b>	<b>Carga Total Turno</b>	<b>Quantidade Carreta Turno</b>	<b>Tempo de Descarga/Min</b>	<b>Vazão bb/h</b>
01	C	57.500	1	115	30.000
02	C	69.100	2	138,2	30.000
03	C	150.000	3	300	30.000
04	C	119.000	3	238	30.000
07	C	99.000	2	198	30.000
08	C	80.000	2	160	30.000
09	C	90.000	3	180	30.000
10	C	124.450	3	248,9	30.000
11	C	115.000	3	230	30.000
14	C	159.000	3	318	30.000
15	C	98.400	2	196,8	30.000
16	C	79.900	2	159,8	30.000
17	C	139.300	3	278,6	30.000
18	C	57.700	1	115,4	30.000
21	C	25.000	1	50	30.000
22	C	88.000	3	176	30.000
23	C	150.000	3	300	30.000
24	C	97.000	2	194	30.000
25	C	79.900	2	159,8	30.000
28	C	79.100	2	158,2	30.000
29	C	134.100	3	268,2	30.000
30	C	174.800	3	349,6	30.000
31	C	57.350	1	114,7	30.000
Total		2.323,600	53	4.647,2	

Fonte: Próprio autor (2019).

A Tabela 4 foi a que teve o maior tempo de medição 23 dias, maior tempo gasto para a descarga do produto 4.647,2 minutos, maior número de carretas 53 e também a maior quantidade de mel descarregada 2.323,600 litros.

**Tabela 5.** Informativo de Cargas do Mês de Junho

<b>Dia</b>	<b>Turno</b>	<b>Carga Total Turno</b>	<b>Quantidade Carreta Turno</b>	<b>Tempo de Descarga/Min</b>	<b>Vazão bb/h</b>
01	C	144.800	3	289,6	30.000
04	C	115.000	3	230	30.000
05	C	29.900	1	59,8	30.000
06	C	59.000	1	118	30.000
07	C	119.100	2	238,2	30.000
08	C	87.500	3	175	30.000
11	C	60.000	2	120	30.000
12	C	85.900	2	171,8	30.000
13	C	77.200	2	154,5	30.000
14	C	28.800	1	57,6	30.000
15	C	39.000	1	78	30.000
Total		846.200	21	1.692,5	

Fonte: Próprio autor (2019).

A Tabela 5 demonstrada abaixo finalizou seu levantamento com 11 dias, 846.200 litros de mel, 21 carretas descarregadas e 1.692,5 minutos de trabalho de descarga.

#### 4.4. QUANTIDADE DE MEL PERDIDO POR DESCARGA

Abaixo, a Tabela 6 demonstra o volume da carga com a quantidade de perdas ocorridas, o tempo gasto para descarregar e a porcentagem perdida da carga que acontece ao se fazer a descarga de determinadas quantidades de carga.

Nota-se que independente da carga, a perda do produto se mantém em 8%, provavelmente porque a abertura da válvula de descarga é a mesma para todo tipo de carga e a bomba de descarregamento trabalha em sua vazão máxima de 30.000 L/h.

**Tabela 6.** Quantidade de Perdas Diária do Mel

Carga da Carreta/L	Perda por Carga/L	Tempo de Descarga/Min	% de Perda
30.000	2.400	60	8
40.000	3.200	79,98	8
50.000	4.000	99,96	8
60.000	4.800	120	8

**Fonte:** Próprio autor (2019).

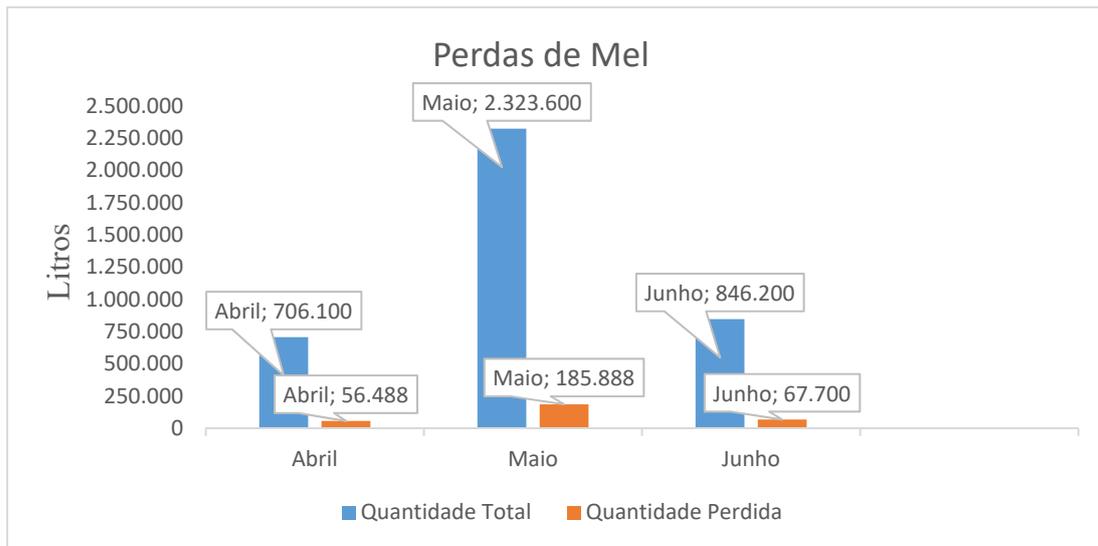
Destaca-se que, para se fazer a medição do produto, que estava sendo perdido, pegou-se como amostra carretas com diferentes quantidades de cargas, durante 40 dias por 8 horas diárias.

Na realização da mensuração do desperdício das carretas foi usado um recipiente com capacidade de 30 litros, o mesmo foi posicionado abaixo do ponto de dilapidação do mel, após o recipiente estar posicionado no local, abriu-se a válvula da carreta mantendo-a com 25% de abertura dando início ao descarregamento para a quantificação do que iria ser perdido, constatou-se que, o recipiente se enchia em 45 segundos independentemente da quantidade de carga que havia dentro da carreta, o fator que se alterava era o tempo de descarga. Os tempos de descarga foram apurados com a bomba de descarregamento de mel em rotação máxima sendo de 30.000 L/h e também mantendo a mesma abertura na válvula de descarregamento que foi citada acima.

#### 4.5. DEMONSTRAÇÕES GRÁFICAS DE PERDAS E CUSTOS

Logo abaixo, no gráfico, tem-se uma demonstração das perdas de mel de acordo com as cargas descarregadas que foram monitoradas durante as 8 horas de turno, considerando a proporção em função do tempo gasto para se encher o recipiente.

**Gráfico 1. Perdas de Mel**

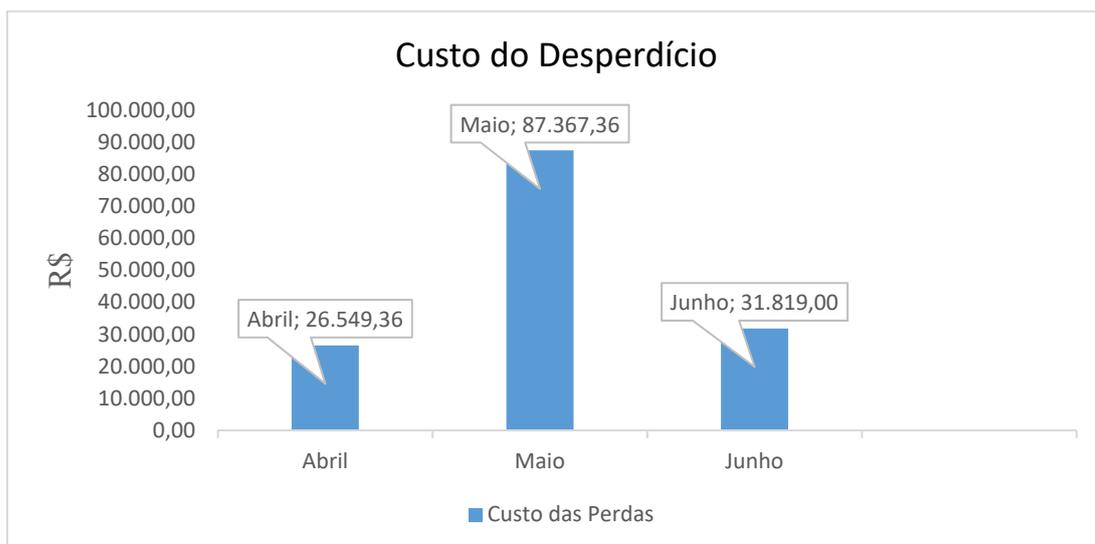


**Fonte:** Próprio autor (2019).

O Gráfico 1 ressaltou as quantidades descarregadas e as que foram perdidas durante o descarregamento do produto que foi realizado durante os três meses de mensuração. Pode-se perceber que para cada quantidade mensal descarregada era perdido 8% do total da carga, chegando ao total de 310.076 litros de mel perdidos.

O produto desperdiçado é composto por açúcar, não causando assim efeito sobre o meio ambiente, porém prejudica a limpeza e organização do setor.

**Gráfico 2. Custo do Desperdício**



**Fonte:** Próprio autor (2019).

O Gráfico 2 acima teve como objetivo demonstrar o valor do custo das perdas em R\$ durante os três meses de apuração dos resultados o total perdido foi de R\$ 145.735,72.

Para efetuar o cálculo do valor das perdas no gráfico foram consideradas as proporções demonstradas de perdas do mel aliadas aos dados de faturamento onde, como modelo de referência, foi considerada uma nota fiscal cujo valor total faturado para 49.760 litros de mel, foi de R\$ 23.511,00, o que culmina no valor de, aproximadamente, R\$ 0,47 por litro.

#### 4.6. APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DA QUALIDADE

Para propor ações de contenção desse desperdício, foi feito o uso de algumas ferramentas da qualidade que avaliarão se o processo oferece condições de ser melhorado. De acordo com Werkema (2014), os itens de controle mensuram qualidade intrínseca, custo, entrega e segurança do produto fornecido, denominado em características mensuráveis por meios das quais se gerencia um processo.

O processo pode ser caracterizado como um conjunto de causas com objetivo de proporcionar um determinado efeito que se denomina produto do processo. Esse processo pode-se dividir em uma família de causas: insumos ou matéria prima, equipamentos ou máquinas, informações do processo ou medidas, condições ambientais, pessoas ou mão de obra, e métodos ou procedimentos. Essa caracterização do processo pode ser representada por um diagrama de causa e efeito denominado diagrama de Ishikawa, sendo uma importante ferramenta de qualidade (WERKEMA, 2014).

##### 4.6.1. BRAINSTORMING

Para definição das causas do problema encontrado foi realizado um brainstorming com 10 operadores do setor na busca de respostas do: porque está acontecendo o desperdício no carregamento de mel?

De acordo com Meireles (2001), o *brainstorming* é uma ferramenta aliada à criatividade, e é exclusivamente aplicada na fase de programação, na busca de soluções, é utilizado com o objetivo de que um grupo de pessoas formule o maior número de ideias sobre um tema previamente selecionado.

O *brainstorming* foi realizado com intuito de coletar informações sobre as causas do problema existente no descarregamento de mel. Para que acontecesse sua realização, foram envolvidos 10 operadores do setor levando em consideração para escolha da equipe seu tempo de experiência no setor.

Após explicar o problema foi lançada a seguinte pergunta: O que você acredita que está causando o desperdício no descarregamento de mel? Como alguns participantes estavam separados em decorrência da empresa ter em sua forma de trabalho a divisão por turnos, foi colocada uma caixinha

em um local para que fossem depositadas as respostas dos participantes sem que os mesmos precisassem se identificar. Obtiveram-se algumas respostas com muita similaridade, com isso houve a necessidade da realização de um filtro, após este filtro, o número de respostas foi bastante reduzido.

O próximo passo foi a exposição das respostas remanescentes para cada um dos participantes, buscando uma forma de obter mais algumas ideias e também a concordância de todos, daí foram selecionadas as respostas que mais tinham relação com o problema. As respostas dadas pelos operadores enfatizaram a mão de obra, o tipo dos equipamentos que são usados, a falta de alguns equipamentos, a adaptação de materiais, a falta de colaborador, a estrutura do local, e o método de descarregamento.

O Quadro 3 apresenta em sua estrutura as etapas que são necessárias serem percorridas até a criação do diagrama de Ishikawa

**Quadro 3.** Gerenciamento de etapas

<b>Tema: Causas do Desperdício no Descarregamento de Mel</b>		
<b>1ª</b>	<b>Explicação do problema</b>	Observações disponíveis sobre o que será analisado
<b>2ª</b>	<b>Determinação das causas</b>	Apontamento das possíveis causas que estão provocando o problema
<b>3ª</b>	<b>Grau de importância das causas</b>	Determinação da importância das causas
<b>4ª</b>	<b>Realização do plano de ação</b>	O plano de ação será a realização de um diagrama de Ishikawa.

Fonte: Próprio autor (2019).

Logo, após a realização do brainstorming, foi construído um diagrama de Ishikawa ou diagrama de causa e efeito com a discriminação e destaque das causas e seu efeito.

#### 4.6.2. DIAGRAMA DE ISHIKAWA

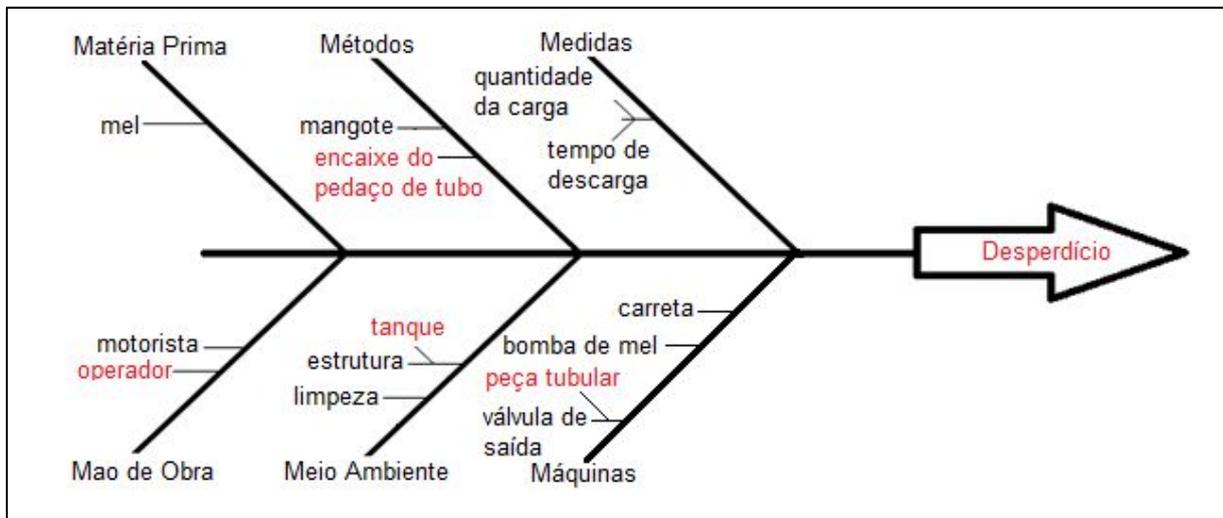
Para a construção do diagrama de causa e efeito foram seguidos alguns passos:

1. Definição do problema (desperdício).
2. Desenhada uma seta principal direcionada para o efeito (desperdício).
3. As causas levantadas foram apuradas através do brainstorming.
4. Seleção das possíveis causas geradoras do efeito.
5. Verificou-se a categoria colocando-as em subgrupos.

6. Destacaram-se as causas e o problema.

Deve ser considerado que, anteriormente, foram identificadas as causas do problema, através do uso prático da ferramenta da qualidade *Brainstorming*.

Figura 8. Diagrama de Ishikawa



Fonte: Próprio autor (2019).

Observa-se que, no diagrama de Ishikawa, foram apontadas de escrita vermelha as possíveis causas raiz que ocasionam o problema do desperdício na empresa, sendo as mesmas localizadas nos métodos, mão de obra, meio ambiente e máquinas.

Na primeira causa raiz encontrada em métodos, foi observado que ocorre um vazamento no encaixe entre o pedaço de tubo e peça tubular acoplada na válvula no momento em que está acontecendo a transferência do produto.

Na segunda causa raiz mão de obra, notou-se que os operadores não estavam dando a atenção necessária que essa parte do processo requer, eles realizavam o encaixe, abriam a válvula e iam fazer outras atividades, deixando o acompanhamento do descarregamento para os motoristas, como os mesmos queriam terminar rápido para serem liberados e não tinham muita noção do controle do processo, deixavam que o tanque se enchesse muito e transbordasse.

Na terceira causa raiz meio ambiente, o tanque é muito mal-acabado, não tem tampa na parte superior e possui alguma abertura na lateral.

Na quarta causa raiz máquinas, verificou-se que as carretas que tinham as válvulas que possuíam a peça tubular, todas vazavam pelo fato do encaixe entre o pedaço de tubo e a peça tubular da válvula não oferecer uma vedação perfeita.

#### 4.6.3. 5 PORQUÊS

Esta ferramenta proporciona flexibilidade e se ajusta muito bem com outras técnicas e métodos e, está sendo usada com o objetivo de aprofundar nas questões levantadas, a fim de compreender melhor as causas do problema que foram identificadas e destacadas. O intuito de sua aplicação é fazer o questionamento para cada causa que foi encontrada.

**Quadro 4.** Análise ao pedaço de tubo

O motivo do encaixe do pedaço de tubo ser uma causa em métodos	
Por que?	Resposta
1º Por que acontece vazamento no encaixe do pedaço de tubo com a peça tubular?	Porque o pedaço de tubo tem espessura superior à da peça tubular.
2º Por que o pedaço de tubo tem espessura superior à da peça tubular?	Porque esse pedaço de tubo foi adaptado para este tipo de válvula que está conectada a peça tubular.
3º Por que o pedaço de tubo foi adaptado para encaixe na peça tubular da válvula?	Porque foi a única forma que conseguiram enxergar para realizar o descarregamento.

Fonte: Próprio autor (2019)

**Quadro 5.** Análise ao operador

O motivo de o operador ser uma causa em mão de obra	
Por que?	Resposta
1º Por que o operador é causa do problema de desperdício?	Porque ele não acompanha o processo de descarregamento todo.
2º Por que ele não acompanha o processo de descarregamento todo?	Porque ele tem que realizar outras atividades que são prioridades.
3º Por que ele tem que realizar essas atividades que são prioridade?	Porque não tem outros operadores para realizá-las
4º Por que não tem outros operadores para realizá-las?	Porque o quadro de funcionários é reduzido.

Fonte: Próprio autor (2019).

**Quadro 6.** Análise ao tanque de mel

O motivo de o tanque ser uma causa em meio ambiente	
Por que?	Resposta
1º Por que o tanque é causa do problema de desperdício?	Porque ele quando enche, transborda.
2º Por que ele quando enche transborda?	Porque ele é aberto.
3º Por que ele é aberto?	Para que seu nível seja acompanhado.

Fonte: Próprio autor (2019).

Quadro 7. Análise da peça tubular

O motivo de a peça tubular ser uma causa em máquinas		
Porque?		Resposta
1º	Por que a peça tubular é causa do problema de desperdício?	Porque ela não se encaixa perfeitamente no pedaço de tubo que tem a função de uni-la a linha que vai para o tanque.
2º	Por que ela não se encaixa perfeitamente no pedaço de tubo que os une?	Porque o pedaço de tubo possui espessura maior.
3º	Por que o pedaço de tubo possui espessura maior?	Porque seu material não é maleável.
4º	Por que não optaram por um tubo com material maleável?	Porque não foi feita uma análise adequada para a realização da tarefa.
5º	Por que não fizeram uma análise adequada para a realização da tarefa?	Porque tudo foi feito no improvisado.

Fonte: Próprio autor (2019).

Após fazer a aplicação da ferramenta da qualidade 5 Porquês sobre as causas raízes que foram identificadas, observou-se que poderia ser feita uma filtração maior no ataque a essas causas, deixando de fora as causas que foram encontradas em mão de obra e máquinas, pelo simples fato da proposta de solução ser feita baseada no método e meio ambiente.

## 5. PROPOSTAS DE MELHORIAS PARA ELIMINAÇÃO DO DESPERDÍCIO

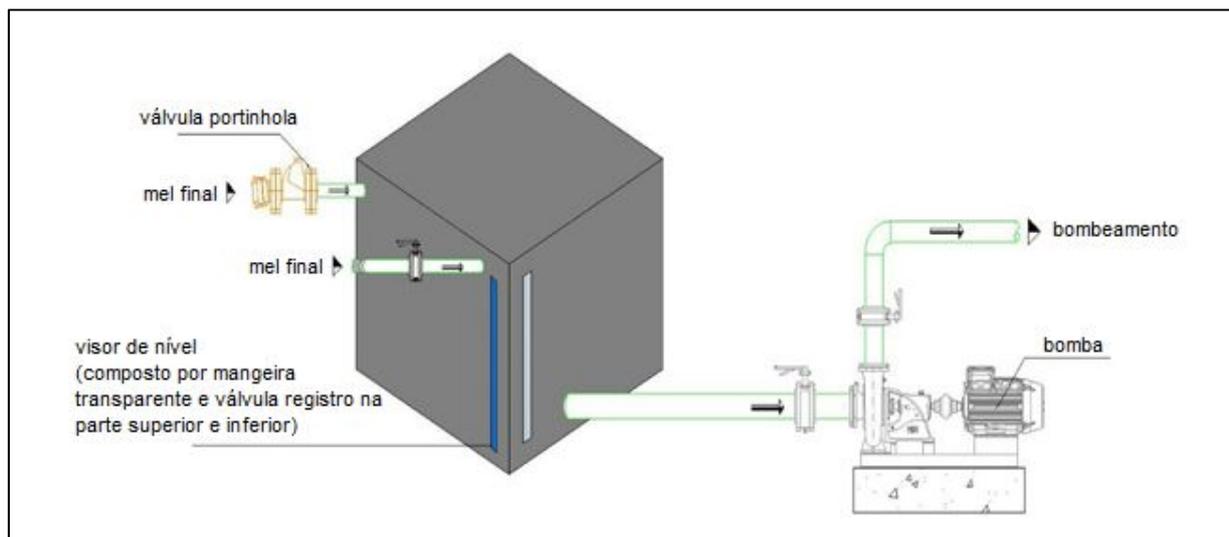
Para alterações no tanque, sugere-se:

1. Que a parte superior e a extremidade do tanque sejam fechadas para que seja eliminado o transbordo;
2. Como o tanque será fechado, recomenda-se que seja implantado um indicador de nível mecânico ou automático para saber em qual nível o mesmo se encontra;
3. Implantar para entrada do fluido no tanque uma válvula borboleta contendo uma peça tubular para que seja conectada a uma mangueira de sucção para realização do descarregamento;
4. Colocar também no tanque uma válvula portinhola para que seja feita a conexão do mangote para descarregamento do líquido (essa válvula só será usada quando a carreta for específica para o uso do mangote). Para as carretas que têm acopladas em suas válvulas uma peça tubular, usar a mangueira de sucção de pvc com o auxílio de abraçadeiras para realizar o descarregamento.

## 5.1. DESENHOS ILUSTRATIVOS.

Após ter feito o uso das ferramentas da qualidade para identificar as causas do problema e sugerir sua extinção, foram elaborados dois desenhos com o objetivo de ilustrar as alterações. A Figura 9 mostra o tanque pronto depois da execução das melhorias.

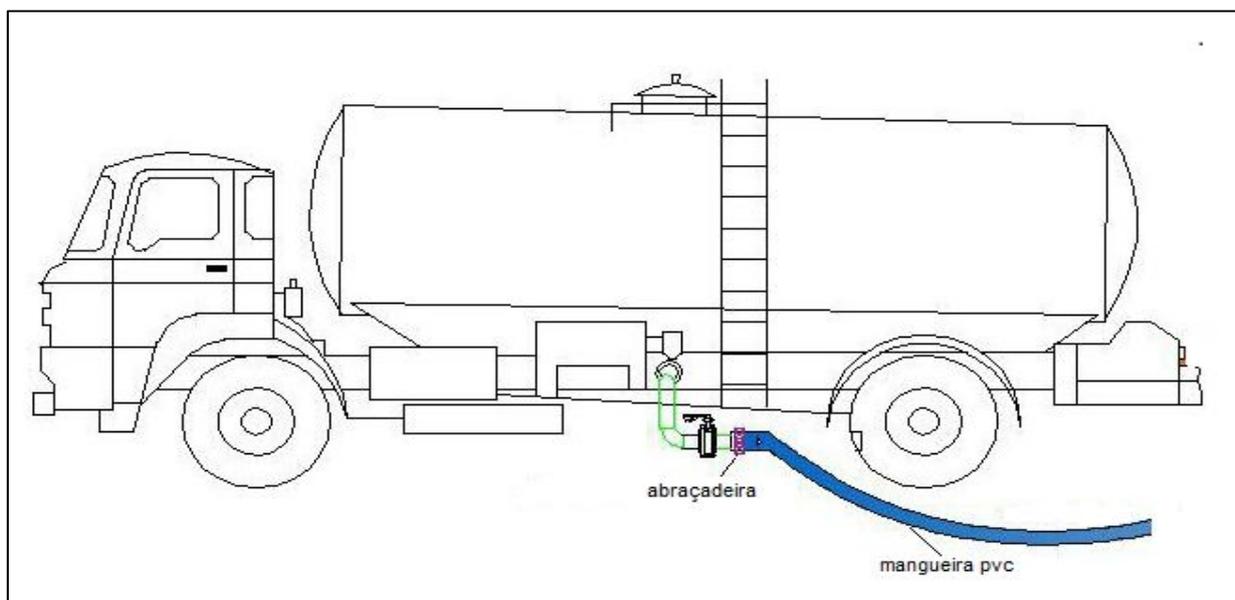
**Figura 9.** Tanque de Mel Melhorado



**Fonte:** Próprio autor (2019).

Na Figura 9 foi criado um tanque de mel com todas as alterações para melhoria do processo e eliminação do desperdício.

**Figura 10.** Acoplagem Mangueira PVC com Abraçadeira



**Fonte:** Próprio autor (2019).

Na Figura 10 é demonstrada a forma de descarregamento com a abraçadeira e a mangueira de PVC acopladas na válvula de descarregamento do caminhão.

### 5.1.1. PLANEJAMENTO PARA IMPLANTAÇÕES DAS MELHORIAS

Para o planejamento da execução das alterações será usado, como plano de ação, a ferramenta da qualidade 5W1H. Vale ressaltar que o plano de ação é todo o planejamento realizado antes de qualquer ação concreta, para alcançar um objetivo específico, ou seja, é uma criação estratégica antes do ataque.

Tomando como referência as perguntas para alcançar o objetivo estabelecido, utilizou-se a ferramenta da qualidade 5W1H. A análise foi formulada sobre o problema por meio das respostas obtidas para as seguintes perguntas:

**Quadro 8.** Planejamento 5W1H

Planejamento 5W1H para a Implantação das Alterações no Descarregamento de Mel		
W	<b>What / O que será feito?</b>	Implantação de melhorias para contenção do problema.
W	<b>Why / Por que será feito?</b>	Para eliminar o desperdício de mel.
W	<b>Who / Quem fará?</b>	Equipe de colaboradores do setor.
W	<b>Where / Onde será feito?</b>	Setor de descarregamento de mel.
W	<b>When? / Quando será feito?</b>	Programação de entre safra no início de janeiro entre o final de março de 2019.
H	<b>How? / Como será feito?</b>	Será feito pela equipe da operação do setor com a realização de serviço de solda e caldeiraria.

**Fonte:** Próprio autor (2019).

É importante ressaltar que foi usada a ferramenta 5W1H ao invés da 5W2H pelo fato de não se ter o valor das peças que serão utilizadas para realização das alterações. Sabe-se que, tem algumas no pátio de peças usadas e outras no almoxarifado, não foi obtido o valor dessas que estão em estoque, tornando assim impossível calcular o custo para execução do plano de ação.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como propósito, fazer a aplicação de algumas ferramentas da qualidade para evidenciar um problema de desperdício existente dentro de uma usina sucroenergética no setor de descarregamento de mel, com intuito de realizar algumas melhorias voltadas para a produção final de álcool, visando assim à eliminação do desperdício que acontece no momento em que o mel está sendo descarregado. Para realização do estudo foi necessário fazer o acompanhamento dentro da indústria com o objetivo de calcular a quantidade desperdiçada desse produto, realizar sua quantificação, identificar suas possíveis causas, propor ações para contê-lo, criar um desenho com as sugestões das alterações e planejar essas implementações de melhoria.

O trabalho demonstrou em sua estrutura que o resultado do cálculo da quantidade que estava sendo desperdiçada foi um total de 310.076 litros de mel dentro de um total descarregado de 3.875.900 litros de mel durante os três meses de análise, essa quantidade gerou um prejuízo financeiro de R\$ 145.735,72. Com a quantificação do volume das perdas e o custo do desperdício existente que foram calculados, pode-se ter uma dimensão maior do problema presente, entendendo assim que, tais consequências, resultam em um prejuízo significativo e afetam o rendimento da produção, influenciando negativamente o processo de produção final. É importante ressaltar que as perdas no processo eram geradas em dois pontos e que somente houve mensuração em um ponto, pois não foi encontrado uma forma de quantificar o outro ponto.

Para tanto, com fundamento no estudo de caso em busca da solução para o problema criado em decorrência do descarregamento do produto, foi feita a utilização de algumas ferramentas da qualidade, e através de suas aplicações foi possível identificar de forma concreta e objetiva as causas responsáveis pela geração do problema e, após isso, encontrar uma forma de elimina-lo.

No momento que as ferramentas da qualidade foram aplicadas, constatou-se que as causas estavam alocadas na estrutura, no material usado para realizar a atividade e na sua forma de realização, caracterizando assim falhas no meio ambiente e no método, alcançando de maneira satisfatória o objetivo que foi proposto no estudo em relação a aplicação de tais ferramentas. Após essa identificação foi desenvolvido então dois desenhos com algumas alterações na estrutura e modelo desses materiais, onde em seguida foi realizado um plano de ação para que as alterações criadas sejam realizadas.

Dessa forma é possível afirmar que se essas melhorias que foram criadas, forem propostas e realizadas da forma que estão sendo sugeridas, o problema existente será eliminado, fazendo com que se chegue ao objetivo que foi proposto dentro estudo.

## REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, Roberto dos Reis et al. Takt-time: conceitos e contextualização dentro do Sistema Toyota de Produção. Artigo Scielo, Gestão e Produção, 2001.
- AMORIM, Henrique Vianna; BASSO, Luiz Carlos; LOPES, Mario Lucio. Controle da fermentação aumenta e melhora produção do setor. 2008.
- ANDRADE Luiza. Metodologia 5 Porquês: Descubra a causa real dos problemas Texto escrito por: Luiza Andrade, 2018. Disponível em: <<https://www.siteware.com.br/metodologias/metodologia-5-porques/>>. Acesso em: 14/11/2018.
- ANP-AGENCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Disponível em: <[http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll/leg/resolucoes\\_anp/2015/abril/ranp%2019%20-%202015.xml?f=templates&fn=document-frameset.htm](http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll/leg/resolucoes_anp/2015/abril/ranp%2019%20-%202015.xml?f=templates&fn=document-frameset.htm)>. Acesso em: 21/03/2019.
- AQUINO, A. F. et al. O Etanol da Cana de Açúcar: Possibilidades Energéticas da Região de Ceará-Mirim-RN, 2014.
- AVELAR, P. M. de. O Brasil e os biocombustíveis: uma análise das perspectivas do etanol. 2009.
- 54 f. Monografia (Graduação) – Faculdade de Ciências Jurídicas e Sociais, Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2009.
- AYARZA, Juan Arturo Castaneda. Alternativa para aumentar a produção mundial do etanol anidro combustível no curto prazo: o potencial dos méis da cana. 2007.
- BALLÉ Michael. Cinco Porquês - Método de Análise de Problema para Buscar sua Causa Raiz. Lean Institute Brasil, 2012. Disponível em: <<https://www.lean.org.br/conceitos/20/cinco-porques---metodo-de-analise-de-problema-para-buscar-sua-causa-raiz.aspx>>. Acesso em: 14/11/2018.
- BARBOSA, Vanessa. Estes 10 países têm as maiores reservas de petróleo no mundo. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/economia/estes-10-paises-tem-as-maiores-reservas-de-petroleo-no-mundo/>>. Acesso em: 03/11/2018.
- BASSETO, N. Z. Sistema especialista para planta de produção de álcool. Tese de Doutorado. (Dissertação Mestrado), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.
- BAYMA, C. Tecnologia do açúcar II: cozimento: cristalização e turbinação: o produto, mel final e sua utilização, resíduos. IAA, 1974.
- BERTELLI, L. G. A verdadeira história do Proálcool. 2005.
- BNDES/CGEE. Bioetanol de cana-de-açúcar: energia para o desenvolvimento sustentável. BNDES, 2008.

BRAGATO, Ivelise Rasesa et al. Produção de açúcar e álcool vs. responsabilidade social corporativa: as ações desenvolvidas pelas usinas de cana-de-açúcar frente às externalidades negativas. *Gestão e Produção*, v. 15, n. 1, p. 89-100, 2008.

CAMPOS, Edilene N. de. Desempenho da recentrifugação celular no processo de fermentação de etanol biocombustível em escala industrial. Monografia (Graduação) – Universidade Federal do Paraná, 2013.

CANTIDIO, S. Reduzir os desperdícios para melhorar a produtividade. 13 mai. 2009. Disponível em: <<http://www.administradores.com.br/artigos/negocios/reduziros-desperdicios-para-melhorar-a-produtividade/29947/>>. Acesso em: 16/09/2018.

CARVALHO, Leidiane Coelho et al. Cana-de-açúcar e álcool combustível: histórico, sustentabilidade e segurança energética. *Enciclopédia Biosfera*, Centro Científico Conhecer, v. 9, n. 16, p. 530-543, 2013.

(CEPA) CENTRO DE ENSINO E PESQUISA APLICADA. Tipos de Álcool. Disponível em: <<http://www.cepa.if.usp.br/energia/energia1999/Grupo1B/talcooll.html>>. Acesso em 06/06/2018

CHAVES, R. T. Estudo do uso de misturas de etanol hidratado e gasolinas automotivas em um motor ASTM-CFR. Monografia (Graduação) - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2013.

CHIEPPE JÚNIOR, João Batista Tecnologia e Fabricação do Álcool. Apostila do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás e Universidade Federal de Santa Maria, 2012.

CORTEZ, A. G. Etanol: uma nova realidade mundial. 2008. 50 f. Monografia– Faculdade de Ciências Jurídicas e Sociais, Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2008.

CORTEZ, L. A. B. (organizador). Proálcool 40 Anos, Universidades e empresas: 40 anos de ciência e tecnologia para o etanol brasileiro, São Paulo, 2016

DALFOVO, Michael Samir; LANA, Rogério Adilson; SILVEIRA, Amélia. Métodos quantitativos e qualitativos: um resgate teórico. *Revista interdisciplinar científica aplicada*, v. 2, n. 3, p. 1-13, 2008.

DIAS, M. O. D. S. Simulação do Processo de Produção de Etanol a Partir do Açúcar e do Bagaço, Visando a Integração do Processo e a Maximização da Produção de energia e excedentes do Bagaço. (2008).

FONSECA, Maria Helena da. Proposta de ações redutoras de anomalias por meio do plano de ação 5W1H. 2016.

GASPARINI, Claudia. Como fazer uma sessão de brainstorming funcionar? Artigo publicado pela Exame, 2014. Disponível em < <https://exame.abril.com.br/carreira/como-fazer-uma-sessao-de-brainstorming-funcionar/>>. Acesso em:30/10/2018.

GOMES, Marina. Variação histórica dos preços e das reservas de petróleo brasileiras e internacionais no período 1992-2011. 2013.

- KUMAIRA, Lucas. 5W1H: Aprenda a Elaborar um Plano de Ação. Artigo foi escrito por Lucas Kumaira, ex Presidente e atual Conselheiro da UFMG Consultoria Jr, 2018. Disponível em: <<https://ucj.com.br/5w1h-plano-de-acao/>>. Acesso em: 10/11/2018.
- LEITE, Rogério Cezar de Cerqueira; LEAL, Manoel Régis LV. O biocombustível no Brasil. Novos estudos-CEBRAP, n. 78, p. 15-21, 2007.
- LIMA, U. D.A. Aguardente: Fabricação em Pequenas Destilarias. FEALQ, Piracicaba, 1999. 187 p. il.
- LINS, Bernardo F. E. Ferramentas básicas da qualidade. Ciência da Informação, v. 22, n. 2, 1993.
- LOBO, Vinicius Colombo. Melhorias na Operação e Eficiência em Moendas e Difusores de Cana-de-açúcar. Monografia. Centro Universitário Anhanguera, Pirassununga, 2017.
- LORA, Electo Eduardo Silva; VENTURINI, Osvaldo José. Biocombustíveis. Vol. 1. Interciência, São Paulo, 2012.
- MACHADO, Cristina Maria Monteiro; ABREU, Frederique Rosa. Produção de álcool combustível a partir de carboidratos. Área de Informação da Sede-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2006.
- MARCONDES, A. A.; LIMA, L.R. Álcool carburante: uma estratégia brasileira. Curitiba: UFPR, 248p., 2002.
- MARJOTTA-MAISTRO, Marta Cristina. Ajustes nos mercados de álcool e gasolina no processo de desregulamentação. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- MARQUES, D. Conselho de Informações sobre Biotecnologia, Guia da cana-de-açúcar. 2009.
- MATTOS, Diogo. Brainstorming: o guia completo que você sempre quis. Artigo publicado na Design Culture, 2015. Disponível em: <<https://designculture.com.br/brainstorming-o-guia-completo-que-voce-sempre-quis>>. Acesso em: 30/10/2018.
- MEIRELES, Manuel. Ferramentas administrativas para identificar observar e analisar problemas. Arte & Ciência, 2001.
- MENEGUETTI, C.; MEZAROBA, S.; GROFF, A. Processos de produção do álcool etílico de cana-de-açúcar e os possíveis reaproveitamentos dos resíduos resultantes do sistema. Encontro de Engenharia de Produção Agroindústria, Paraná, 2010.
- MIGUEL, P.A.C. Qualidade: enfoques e ferramentas. 1 ed. São Paulo: Artliber, 2006.
- NAZATO, C. et al. Moenda x Difusor: diferentes pontos de vista sobre o assunto. Bioenergia em Revista: Diálogos (ISSN: 2236-9171), v. 1, n. 1, p. 129-139, 2011.
- OHNO, T. O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala. Porto Alegre: Bookman, 149 p., 1997

PACHECO, T. F. Tecnologia industrial. Embrapa Agroenergia-Capítulo em livro científico (ALICE), 2012.

PAMPLONA, Confúcio. Proálcool: impacto em termos técnico-econômicos sociais do programa no Brasil. 3 ed. IAA, 1984.

PAOLIELLO, José Maria Morandini. Aspectos ambientais e potencial energético no aproveitamento de resíduos da indústria sucroalcooleira. 2006. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista.

PAYNE, John Howard. Operações unitárias na produção de açúcar. NBL Editora, p. 59, 1989.

PEREIRA, R. C. Ensilagem e fenação do bagaço de cana-de-açúcar proveniente da produção de cachaça. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Lavras, 2006.

PRODANOV, Cleber Cristiano; de FREITAS, Ernani Cesar. Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico-2ª Edição. Editora Feevale, 2013.

PUPPIM, Atila. Detecção de gasolina adulterada pela técnica de TGA-FTIR. 2016.

RAMOS, M.A.P. A Crise do Etanol no Brasil. 2016. 32f. Monografia (Graduação) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro Departamento de Economia, Rio de Janeiro, 2016.

RODRIGUES, William Costa et al. Metodologia científica. Faetec/IST. Paracambi, p. 2-20, 2007.

SABINO, Claudia de Vilhena Schayer et al. O uso do diagrama de Ishikawa como ferramenta no ensino de ecologia no ensino médio. Educação & Tecnologia, v. 14, n. 3, 2011.

Santos, F. A., Queiróz, J. D., Colodette, J. L., Fernandes, S. A., Guimarães, V. M., & Rezende, S. T. Potencial da palha de cana-de-açúcar para produção de etanol. Química nova, v. 35, n. 5, 2012.

SEJIMO, W. N. Obtenção do álcool anidro. 45 f. Trabalho de Graduação (Tecnologia em Biocombustíveis) – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, Faculdade de tecnologia em Araçatuba, Araçatuba, 2011.

SHINGO, Shigeo. O sistema Toyota de produção. Bookman Editora, 1996.

SILVA, Augusto Severino Bernardes. Um estudo detalhado das perdas no processo sucroalcooleiro: planejamento e controle da produção. 2009.

SILVEIRA, C. B.; 7 desperdícios na produção. Artigo publicado pela Citisystems, 2018. Disponível em: <<https://www.citisystems.com.br/7-desperdicios-producao/>>. Acesso em: 16/09/2018.

TAVARES, Marina Fernanda. Artigo publicado pela Marketing Futuro, 2012. 5W1H – Ferramenta da qualidade. Disponível em: <<https://marketingfuturo.com/5w1h-ferramenta-da-qualidade/>>. Acesso em: 10/11/2018.

TRIVELLATO, A. A. Aplicação das Sete Ferramentas Básicas da Qualidade no Ciclo PDCA para Melhoria Contínua: Estudo de Caso numa Empresa de Autopeças. 2010. 72 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos, p. 72. 2010.

(UDOP) UNIÃO DOS PRODUTORES DE BIOENERGIA. Processo de Fabricação de Álcool Etílico Hidratado C. Disponível em:<<http://www.udop.com.br/index.php?item=noticias&cod=894>>. Acesso em: 30/05/2017.

VIEIRA, D. A. D. P.; FERNANDES, N. C. D. A. Q. Microbiologia Aplicada. Universidade Federal de Santa Maria, Inhumas, 2012.

VIEIRA, João Antônio Soares et al. Utilização das ferramentas de qualidade para melhor gerenciar o processo produtivo em uma empresa de produtos ortopédicos. VI Encontro Paraense de Engenharia de Produção EPAEP, p. 1-8, 2015.

WAINER, Jacques et al. Métodos de pesquisa quantitativa e qualitativa para a Ciência da Computação. Atualização em informática, v. 1, p. 221-262, 2007.

WERKEMA, Cristina. Ferramentas estatísticas básicas do lean seis sigma integradas ao PDCA e DMAIC. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

YIN, R. Estudo de caso: planejamento e métodos. 2a ed. Porto Alegre: Bookman; 2001.