



Editora Conhecimento Livre

COMO MONTAR UM ORÇAMENTO PARAMÉTRICO

UMA PROPOSTA DE MODELO DE REVISÃO
DE CUSTOS PARA EMPREENDIMENTOS

FELIPE DE SÁ MOREIRA



Felipe de Sá Moreira

Como montar um orçamento paramétrico: uma proposta de modelo de previsão de custos para empreendimentos

1ª ed.

Piracanjuba
Editora Conhecimento Livre
2019

1ª ed.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Moreira, Felipe de Sá

M838c Como montar um orçamento paramétrico: uma proposta de modelo de previsão de custos para empreendimentos. / Felipe de Sá Moreira. -- Piracanjuba: Editora Conhecimento Livre, 2019.

88 f.: il.

Formato PDF

ISBN: 978-65-80226-26-9

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

1. Orçamento paramétrico. 2. Custos. 3. Empreendimentos. Felipe de Sá Moreira. I. Título.

CDU: 620

Sumário

1. INTRODUÇÃO	4
2. ORÇAMENTOS	8
2.1 ORÇAMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL	8
2.2 TERMINOLOGIAS.....	9
2.3 CONCEITOS E TIPOS DE ORÇAMENTO.....	10
2.3.1 Orçamentos estimados	13
2.3.2 Reflexões sobre trabalhos anteriores	27
2.4 O EMPREENDIMENTO COMO PROJETO	29
3. NOÇÕES DE ESTATÍSTICA	31
3.1 MONTAGEM DO DIAGRAMA DE DISPERSÃO	32
3.2 MEDIDAS DE VARIABILIDADE	32
3.3 DETERMINAÇÃO DA EQUAÇÃO PARAMÉTRICA	34
4. MÉTODO PARA EXECUTAR UM ORÇAMENTO PARAMÉTRICO.....	34
4.1 CARACTERÍSTICAS DAS AMOSTRAS	35
4.2 CÁLCULO DAS ÁREAS PRIVATIVAS	36
4.3 DETERMINAÇÃO DOS SERVIÇOS A SEREM ANALISADOS	38
4.4 LEVANTAMENTO QUANTITATIVO	39
4.5 DEFINIÇÃO DO MODELO	40
5. RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO MÉTODO.....	41
5.1 ÁREAS PRIVATIVAS	41
5.2 ANÁLISES E RELAÇÕES PARAMÉTRICAS DOS SERVIÇOS	42
5.3 ESTIMANDO O ORÇAMENTO COM AS EQUAÇÕES PARAMÉTRICAS	73
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	77
7. REFERÊNCIAS	80

COMO MONTAR UM ORÇAMENTO PARAMÉTRICO: UMA PROPOSTA DE MODELO DE PREVISÃO DE CUSTOS PARA EMPREENDIMENTOS

Felipe de Sá Moreira (Universidade Federal do Pará)

APRESENTAÇÃO

Este trabalho derivou de uma Dissertação de mestrado desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) da Universidade Federal do Pará (UFPA). Entende-se que esta publicação em formato de livro pode atingir um número maior de pessoas e auxiliar ainda mais no avanço do conhecimento da engenharia de custos dentro da indústria da construção. Dentro deste ramo do conhecimento, os métodos utilizados pelas empresas de construção para avaliação dos custos dos empreendimentos são simples e podem apresentar problemas. Uma vez que o processo mais difundido para tal atividade (na fase de viabilidade) é o Custo Unitário Básico (CUB), no qual já foi atestado uma imprecisão significativa por vários autores, é necessário o desenvolvimento de modelos alternativos que possam estimar os custos com mais acurácia. Neste contexto, o objetivo desta pesquisa é a explanação de um modelo alternativo de previsão de custos na fase de viabilidade do empreendimento. Baseando-se na formulação de funções lineares simples que possibilitam o cálculo das quantidades de serviços através da área privativa, é possível desenvolver o denominado orçamento paramétrico. Na prática, ele baseia-se em parâmetros inerentes ao produto para estimar quantidade de serviços ou até os custos diretamente. Por meio dos projetos de outros empreendimentos similares, bem como pela utilização da regressão linear simples diversas equações

são criadas para estimar a quantidade de vários serviços a partir de um único dado, a área privativa. A variabilidade e diversidade de áreas comuns presentes nos mais diversos empreendimentos, bem como para manter uma maior eficiência do modelo, optou-se por restringir a pesquisa somente aos pavimentos tipos dos empreendimentos. Fora isto, está publicação objetiva demonstrar como é possível executar um modelo (e não propor um já pré-concebido) para que cada indivíduo ou empresa possa criar o seu. Como resultado, este estudo espera esclarecer ao leitor como executar um orçamento paramétrico bem como fomentar a adoção desta tecnologia nas organizações, tornando-as mais competitivas e aumentando a acurácia de seus orçamentos.

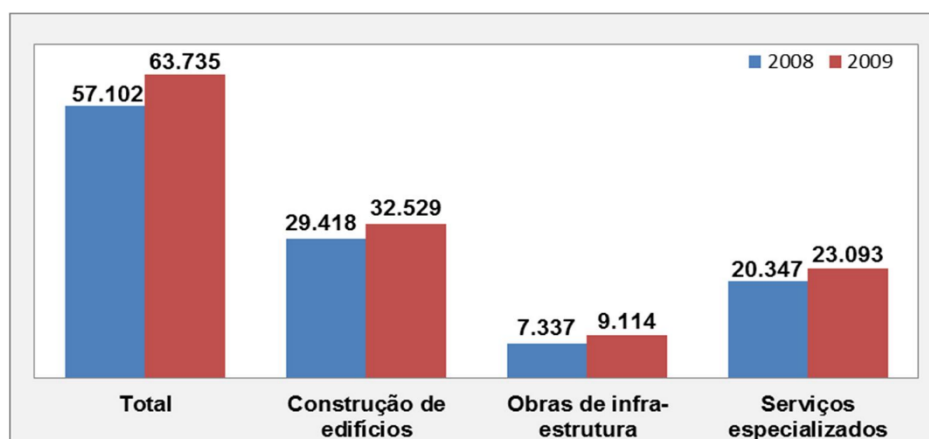
1. INTRODUÇÃO

As organizações empresariais de todo o mundo, independentemente de sua área de atuação, estão enfrentando uma nova realidade. Cenários cada vez mais competitivos as pressionam a se reestruturarem e se munirem de novos instrumentos e técnicas para sobreviver sob a égide dessa nova ordem (OLIVEIRA E MELHADO, 2006).

Segundo Mattos (2010), a indústria da construção tem sido um dos ramos mais produtivos que mais vem sofrendo alterações substanciais nos últimos anos. Com a intensificação da competitividade, a globalização dos mercados, a demanda por bens mais modernos, a velocidade com que surgem novas tecnologias e o aumento do grau de exigência dos clientes (sejam eles usuários ou não) as empresas se deram conta de que investir em gestão e controle de processos é inevitável, pois sem essa sistemática gerencial os empreendimentos perdem de vista seus principais indicadores¹: o prazo, o custo, o lucro, o retorno sobre o investimento e o fluxo de caixa.

Segundo a Pesquisa Anual da Indústria da Construção (PAIC) realizada em 2009, o número de empresas ativas de 2008 para 2009, ao passar de 57.102 para 63.735, registrou um aumento de 11,6%, o que significa 6.633 empresas a mais no mercado. Esse aumento ocorreu em todos os tipos de empresas de construção conforme se observa na Figura 1.

Figura 1: Número de empresas ativas com uma ou mais pessoas ocupadas, segundo as divisões da construção – Brasil – 2008-2009.

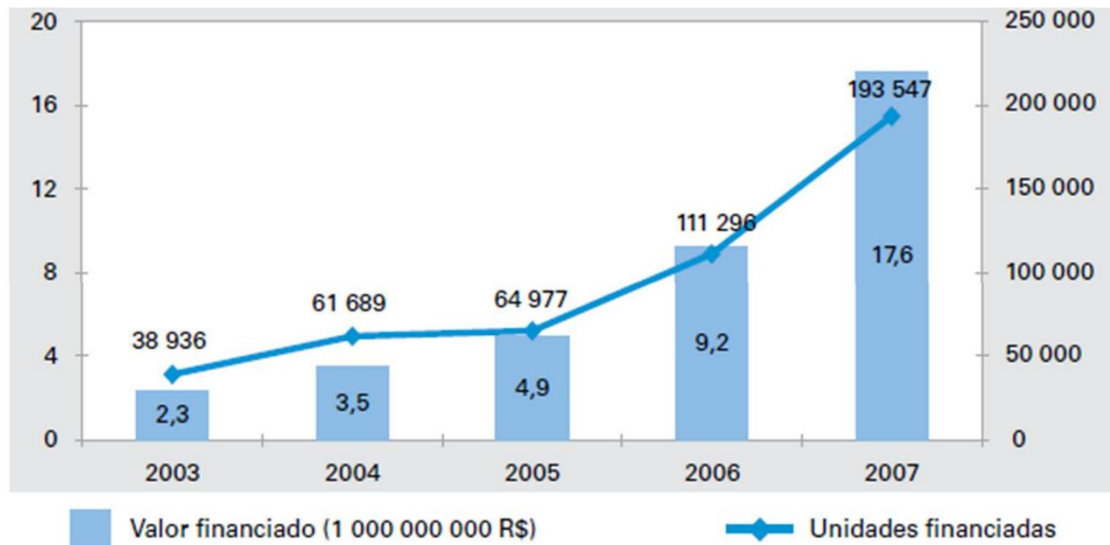


Fonte: PAIC (2009).

Neste mesmo ano as empresas de construção realizaram incorporações, obras e serviços no valor de R\$ 199,5 bilhões, registrando em termos reais expansão de 12,1% em comparação com o ano anterior

(PAIC, 2009). Esse crescimento no volume de construções vem se mostrando constante ao longo dos anos (ver Figura 2).

Figura 2. Volume de financiamentos imobiliários ao longo dos anos.



Fonte: PAIC (2007).

A atividade empresarial da construção foi influenciada positivamente por um conjunto de fatores diretamente relacionados com a dinâmica do setor, tais como: crescimento da renda familiar e do emprego; acréscimo no consumo das famílias; aumento do crédito; maior oferta de crédito imobiliário; crescimento nos desembolsos do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES; expansão das obras realizadas pelo Programa de Aceleração do Crescimento - PAC, que impulsionaram principalmente as obras de infraestrutura; e a redução do Imposto sobre Produtos Industrializados - IPI de diversos materiais de construção (PAIC, 2009).

Apesar disso, observou-se com esses aumentos que maior parte das empresas não estavam preparadas para tal crescimento, apresentando controles deficientes de seus processos construtivos e qualidade; estudos de viabilidade e custos imprecisos; fornecedores e mão-de-obra insuficiente para suprir a demanda.

Segundo Albuquerque e Melhado (1998), as realidades econômicas mundiais caracterizadas pela globalização, maior exigência de qualidade por parte dos clientes (junto com o código do consumidor), redução dos preços das obras públicas e privadas, entre outras, tem levado o setor da construção civil a buscar formas de melhorar sua eficiência no processo de produção. O desenvolvimento de novas tecnologias, racionalização do processo tradicional, desenvolvimento de novas formas de gestão e de

relacionamento entre os seus diversos agentes são ações que tem como objetivo tornar as empresas competitivas neste novo mercado. Este se amplia em extensão e diversidade pelo elenco de produtos e número de concorrentes, os quais se destacam pelas inovações contínuas e forçam mudanças e adaptações permanentes (SCHEER et al, 2005).

A procura pela sobrevivência revelou a necessidade por parte das empresas em adaptarem-se a essa nova realidade, utilizando-se para isto a busca do “saber fazer” dentro do seu capital intelectual, ou seja, da sua capacidade de responder às mudanças, no que tange a agilidade, eficácia e, sobretudo, adicionando-se um diferencial, representado por aquelas características que são exclusivamente suas, e que as fazem serem únicas nos mercados nos quais elas estão inseridas (MAUÉS e NETO, 2005).

Assim, estas transformações como um todo têm obrigado estas empresas a buscarem novas formas de atuação convergindo na busca de algumas destas características: qualidade, flexibilidade, preços compatíveis, visão de mercado e análise de ambiente, articulação na cadeia de valor, entre outras medidas (PORTER, 1993).

Neste cenário, um dos pontos fundamentais para a adequação das empresas a necessidade do mercado são os custos, desde a análise de viabilidade do empreendimento até o controle efetivo nas obras. O raciocínio simples e óbvio justifica esta importância: o resultado financeiro (lucro) é a diferença entre a receita e a despesa (custo). Uma vez que para sobrevivência de uma empresa este resultado no mínimo deve ser nulo, as duas variáveis devem ser planejadas e controladas com precisão adequada (BRITTO, 1999).

Para Andrade e Souza (2003) a atividade de estimar custos é bastante antiga e sua importância inquestionável, na medida em que o custo de um empreendimento é fator limitante para sua definição e implementação. Em todas as fases da construção são utilizados orçamentos ou estimativas. Goldman (1999) afirma que a participação do planejamento de custos no empreendimento se dá no estudo de viabilidade, na produção e controle, na entrega da edificação, nas análises dos resultados, nas análises do pós-entrega e nas retroalimentações para os estudos de novos empreendimentos.

Na fase inicial do empreendimento, no qual são realizados estudos de viabilidade, são utilizadas estimativas, uma vez que nesta etapa não se tem os projetos executivos completos. Nesta situação um grau de precisão adequado é essencial para que se não se estime custos inexequíveis ou fora da realidade da construção. Sendo o preço da construção balizado pelo mercado, custos estimados por índices como o Custo Unitário Básico (CUB) podem apresentar estas distorções significativas. O método de utilização deste índice se fundamenta numa relação linear entre a área construída e o custo

da construção. Isto significa que para cada acréscimo de uma unidade de área há um aumento de unidades constantes no custo.

Para Losso (1995), metodologias comumente utilizadas (como o CUB e o Sistema Nacional de Pesquisa de Custo e Índices da Construção Civil - SINAPI) podem fornecer uma noção do custo de construções semelhantes ao projeto padrão, nos quais se baseiam estas estimativas. Entretanto, sabe-se que cada empreendimento possui características qualitativas distintas, em consequência disto um custo/m² diferente de outros empreendimentos, conseqüentemente, distinto do projeto padrão. Em outras palavras, quando o projeto não se assemelha ao projeto padrão, estas metodologias de estimativa podem apresentar grandes distorções de valores.

Uma das possibilidades de uma estimativa com um maior grau de precisão encontra-se nos orçamentos paramétricos, cujas considerações são feitas através de correlações entre os custos dos serviços e outro parâmetro conhecido, como, por exemplo, a área privativa, construída ou número de pavimentos, gerando as chamadas equações paramétricas. Neste tipo de estimativa, consegue-se chegar a um grau de precisão maior, uma vez que se utilizam mais critérios que somente a área construída.

Segundo Long (2000), a estimativa paramétrica é a abordagem mais viável, mais rápida, de menor custo e de igual ou melhor precisão quando comparado a outras técnicas de estimativa de custo. A funcionalidade da estimativa paramétrica não se encontra somente na previsão de custos na fase preliminar do empreendimento, mas também:

Na fase de levantamento quantitativo para fins orçamentários, está serve para balizar o orçamentista a não cometer erros grosseiros, uma vez que estes são comuns;

Na fase de projeto, ela pode ser utilizada para verificar se alguma quantidade de serviço está fora do padrão das outras obras. Por exemplo, num projeto que não possua uma estrutura esbelta ou ao menos condizente com os outros projetos anteriores, será rapidamente identificado este gasto de estrutura desnecessário sem grandes esforços.

Assim, no processo de estudo de viabilidade de um empreendimento é essencial que o custo seja determinado com uma precisão adequada. Apesar de possuírem alguns métodos para esta determinação, as empresas não dispõem de um procedimento adequado para tal avaliação. Os preços são definidos ou balizados a partir dos preços de mercado, entretanto as empresas não avaliam se o

custo do empreendimento é viável. Isso evidencia a necessidade de estudos que forneçam embasamento para obtenção de métodos que estimem estes custos nas fases iniciais da construção.

2. ORÇAMENTOS

As teorias apresentadas neste capítulo abordam essencialmente temas relacionados a orçamentos de construções e projetos – base teórica que fundamenta o modelo paramétrico. Assim, apresenta-se: a necessidade e importância dos orçamentos; terminologias e conceitos; e os principais tipos utilizados pelos profissionais e pesquisadores; conceitos, fases e ciclo de vida de um projeto. Pretende-se com isso, embasar o trabalho e posteriormente utilizar esta teoria para desenvolver a pesquisa.

2.1 ORÇAMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Em todas as etapas da obra e até mesmo quando a mesma nem possui projetos, o processo orçamentário encontra-se presente, seja por meio de estimativa, seja por meio de aferição de custos reais, mostrando-se como peça fundamental para o sucesso da construção.

No cenário atual, não cabe aquele empresário que anseia pelo sucesso de seu trabalho na execução de um empreendimento, a falta de conhecimento de fatores chave para o perfeito gerenciamento de sua construção. É fundamental para ele a capacidade de obter a obra construída com qualidade satisfatória, dentro de um prazo determinado, e principalmente, seguindo os custos de execução previstos em um orçamento bem elaborado (LIMA, 2000).

Para Gonçalves (2011) muito já foi escrito sobre “orçamento e processo orçamentário” e este tema é objeto de um interesse crescente nos últimos anos. Embora seja considerado um assunto relativamente simples, ele enseja uma complexidade grande na sua operacionalização. Se considerado nas diversas fases de um empreendimento, ele evolui passando por: estimativas iniciais de custos, estudos de viabilidade, estudos de engenharia de valor, instrumento de apoio na evolução dos projetos e controle de custos durante a obra, tornando-se um assunto bastante amplo e complexo.

De suma importância, trata-se documento básico relativo aos custos de um empreendimento. Normalmente fundamenta a realização do negócio servindo de parâmetro básico tanto no estudo de viabilidade como nas negociações de preços com fornecedores e clientes (KERN, 2005).

Nesta perspectiva, é de grande responsabilidade profissional a preparação correta de um orçamento. Quanto mais competitiva se torna a área de engenharia civil com o surgimento de novas empresas, mais importante se torna a aplicação consciente dos princípios da engenharia de custos (DIAS, 2011).

Na busca pela lucratividade, as empresas ligadas a construção precisam aumentar as receitas ou cortar custos a fim de aumentarem ou manterem a margem de lucro desejada. O aumento de receita com base na elevação dos preços dos imóveis pode fazer com que a empresa não consiga vendê-los, ficando, assim, fora do mercado. Resta, portanto, às empresas de construção, o caminho de se empenhar na redução de custos de seus empreendimentos para se tornarem mais eficientes e, assim, alcançarem a margem desejada. Desta forma, conhecer os custos de produção é uma questão de sobrevivência para as empresas de construção (MARCHIORI, 2009).

Isso forçou uma mudança conceitual na visão do orçamento na construção civil. A antiga situação do mercado permitia que o preço do produto fosse tomado como o resultado da soma dos custos de produção da empresa e de um lucro previamente arbitrado (BRITTO, 1999). Atualmente, a situação atual impõe que o lucro passe a ser resultante da diferença entre o preço praticado pelo mercado e o custo de produção da empresa. A Tabela 1 resume esta mudança:

Tabela 1: Visão de lucro no mercado atual.

SITUAÇÃO DO MERCADO	
ANTES	AGORA
$\text{PREÇO} = \text{CUSTO} + \text{LUCRO}$	$\text{LUCRO} = \text{PREÇO DE MERCADO} - \text{CUSTO}$

Fonte: BRITTO (1999).

2.2 TERMINOLOGIAS

É importante esclarecer as diferenças entre os diversos vocabulários utilizados na área orçamentária, uma vez que são confundidos e mal-empregados por muitos profissionais. Neste sentido, é fundamental que se conceitue as principais terminologias sob o ponto de vista de diversos autores.

O termo custo significa a importância necessária para que se obtenha certo bem ou serviço (LOSSO, 1995). Para Lima (2000), é um termo genérico que se refere a qualquer gasto, monetário ou não, para a produção de um bem ou serviço através da utilização de diversos insumos tais como matérias-primas, mão-de-obra direta e atividades indiretas. E segundo Marchiori (2009), são todos os gastos incorridos no processo produtivo para produção do produto final (edificação). Incluem-se neste caso, matérias-primas, mão-de-obra produtiva, auxiliar de gerência, depreciação de equipamentos, energia elétrica, água, equipamentos de segurança, perdas, etc.

Apesar dos esforços em se estabelecer uma definição clara para os custos na construção civil, o seu entendimento torna-se mais assimilável quando apresentada suas formas de classificação (JESUS e BARROS, 2009).

Assim, os custos são divididos em diretos ou indiretos. A diferença básica entre eles é que o primeiro está diretamente e proporcionalmente ligado à produção, ou seja, quanto maior a obra a ser executada, maior o custo. Tem-se como exemplo os materiais, funcionários e equipamentos utilizados na obra. Já os indiretos, ocorrem independentemente das quantidades de serviços produzidos na obra e são inevitavelmente incorridos. Conta de telefone, salário de engenheiro e matérias de escritório são classificados como tal (MATTOS, 2007).

Os custos diretos, em parte, são definidos pelos projetos através da especificação de materiais e respectivas quantidades de utilização. Por outro lado, também são fortemente influenciados pelo processo de produção, em virtude dos métodos construtivos empregados, que definem a utilização de equipamentos especiais (custos de mobilização, operação e desmobilização) e os quantitativos de mão-de-obra para a materialização do projeto no produto final. No caso de utilização de mão-de-obra subempreitada, os custos da mão-de-obra são definidos nos contratos com os empreiteiros, que podem prever um preço global ou preços por unidade de serviços, considerando-se quantitativos dos projetos e métodos executivos. Os custos indiretos, na sua grande maioria, dependem do prazo de produção, pois a sua estimativa leva em conta o tempo que a obra utiliza os recursos da empresa (custos de administração). Desta forma, são definidos diretamente pelo processo de produção. Além disso, o contrato também influencia o custo indireto do empreendimento, uma vez que dentre os custos da empresa é considerada uma parcela para cobrir o risco do negócio (contingência), que depende essencialmente do tipo e escopo da contratação (KERN, 2005).

Não existe consenso pleno entre os autores a respeito das classificações de todos os itens que representam um custo na obra. Então, independentemente da classificação, eles devem ser considerados em sua totalidade para se obter um orçamento adequado.

2.3 CONCEITOS E TIPOS DE ORÇAMENTO

No conceito de Mattos (2007), o orçamento consiste numa técnica que envolve a identificação, descrição, quantificação e análise de valor dos itens que deverão compor o preço de venda de um empreendimento.

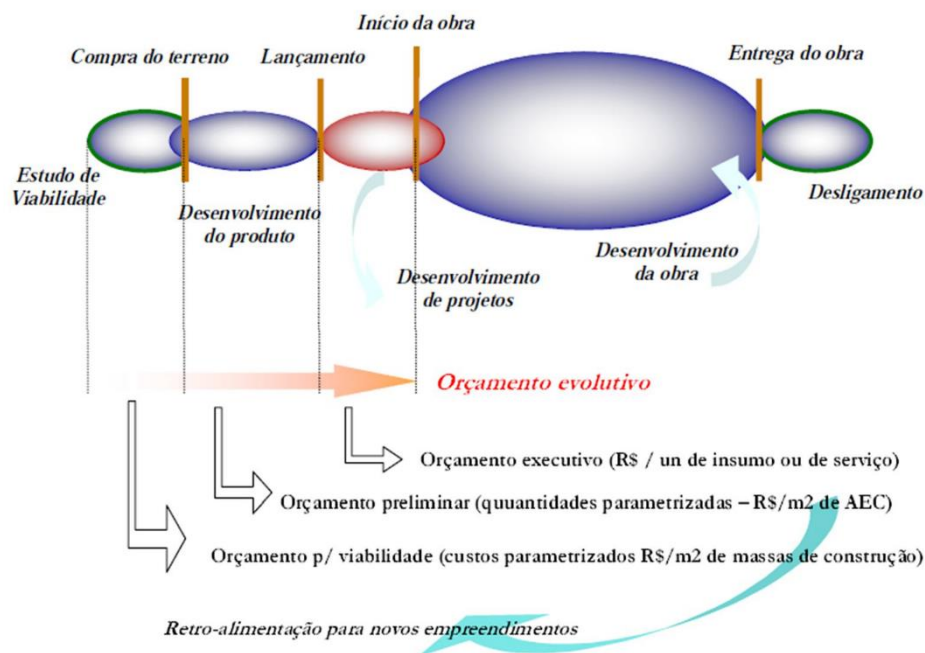
Diversos autores frisam a importância do orçamento e a necessidade imprescindível desse elemento nas empresas, colocando quase em uma condição *sine qua non*, ou seja, sem o qual não pode haver a construção.

De acordo com a fase da obra, o orçamento apresenta características diferentes. Isso ocorre devido à quantidade de informações disponíveis, as quais vão aumentando ao longo do tempo, possibilitando uma maior precisão na determinação dos custos. E por isso alguns autores usam este critério para classificar os tipos de orçamento. Assumpção e Fugazza (2000) apresentam o orçamento como sendo um processo evolutivo (ver Figura 3).

Gonçalves (2011) concorda com essa teoria quando diz que o orçamento deve ser sempre atualizado com as informações disponíveis em cada uma das fases em que evolui um empreendimento, da concepção à construção. Em todas as fases do empreendimento o orçamento é uma estimativa que vai ganhando acurácia à medida que o projeto avança e fornece melhor qualidade de dados, possibilitando quantificação e cotação dos insumos no mercado.

Apesar de conceitos similares, não há um critério para a determinação dos tipos de orçamento, havendo vários conceitos em trabalhos científicos. Na concepção de Marchiori (2009), quanto aos tipos de orçamento, não existe uma definição que seja de consenso entre os autores. Há autores que dividem o orçamento de acordo com as fases do projeto (estimativas de custo e orçamento propriamente dito), há os que preferem enxergá-lo de acordo com o formato em que os relatórios serão apresentados (sintético e analítico), há os que separam em níveis de detalhamento a serem alcançados (orçamento convencional e operacional), dentre outras divisões.

Figura 3: Evolução do empreendimento x orçamento.



Fonte: ASSUMPÇÃO e FUGAZZA (2000).

Já Andrade (1996), afirma que existem vários tipos de orçamentos, os quais possuem a mesma finalidade, mas métodos diferentes devido ao estágio de cada obra. Os principais são: (a) orçamento paramétrico; (b) orçamento baseado em características geométricas; (c) orçamento convencional; e (d) orçamento operacional. Para Goldman (1999) pode-se definir o orçamento da construção em função da precisão de sua elaboração e do conteúdo dos dados do projeto em questão. O autor estipula a seguinte classificação: (a) orçamento por estimativas; (b) orçamento preliminar; (c) orçamento detalhado. Ávila, Librelotto e Lopes (2003), além de caracterizar os tipos de orçamento, detalham os elementos técnicos necessários para executá-los e a margem de erro esperada, conforme Tabela 2.

Assim como este autor, Mattos (2007) utiliza a mesma classificação. Foi considerada adequada a visão destes dois autores neste trabalho, os quais classificam em três tipos os orçamentos: orçamento de estimativa de custos; orçamento preliminar; e o orçamento convencional, analítico ou detalhado. Entretanto, entende-se que há uma proximidade grande entre os orçamentos estimados e preliminares, mudando apenas o método, mas mantendo-se ainda um grau de imprecisão alto. Então, neste trabalho os orçamentos serão classificados como orçamentos estimados ou orçamentos analíticos (também denominado como detalhados).

Tabela 2: Diferenças e características das avaliações, estimativas e orçamentos.

Tipo	Margem de erro	Elementos técnicos necessários
Avaliações	De 30 a 20%	Área de construção
		Padrão de acabamento Custo unitário de obra semelhante ou custos unitários básicos
Estimativas	De 20 a 15%	Anteprojeto ou projeto indicativo
		Preços unitários de serviços de referência
		Especificações genéricas Índices físicos e financeiros de obras semelhantes
Orçamento Expedito	De 15 a 10%	Projeto executivo
		Especificações sucintas, mas definidas
Orçamento detalhado	De 10 a 5%	Composições de preços de serviços genéricas Preços de insumos de referência
		Projeto executivo
		Projetos complementares
		Especificações precisas
		Composições de preços de serviços específicas
Orçamento analítico	De 5 a 1%	Preços de insumos de acordo com a escala de serviços
		Todos os elementos ao orçamento detalhado mais o planejamento da obra

Fonte: Ávila, Librelotto e Lopes (2003).

Ávila, Librelotto e Lopes (2003), concordam com essa divisão quando afirmam que a realização do orçamento produto, basicamente, pode seguir dois procedimentos básicos: (a) por avaliação e estimativa e (b) por composição de custos unitários.

2.3.1 ORÇAMENTOS ESTIMADOS

Estimativa de custo é uma das tarefas mais importantes na fase inicial do projeto de um edifício, porque se deve lidar com inúmeras incertezas nos projetos e até a ausência deles em alguns casos (SUNG-HOON, HUNHEE e UNG-KYUN, 2011).

Quando há iniciativa de concretizar um projeto, por parte de uma empresa construtora, imediatamente surge a necessidade de prever os custos e riscos decorrentes da implantação do empreendimento, seja ele de que porte for. Sendo assim, faz-se necessário estimar os custos decorrentes da execução do projeto e as possíveis variações que possam surgir decorrentes das variáveis presentes em obras de construção civil em geral. Dentre essas variações estão desde o

tempo, até questões burocráticas, decorrentes da obtenção das licenças junto aos órgãos fiscalizadores (ALBUQUERQUE, 2011).

Assim, é comum a elaboração de estimativas de custos antes da elaboração do projeto arquitetônico, para que se analise o formato, o padrão, o público alvo, as dimensões e a tecnologia a ser utilizada (VALLE, 2006). São nestes estudos de viabilidade de determinado empreendimento que ocorre a decisão de implantação ou não de um determinado projeto, assim surge a importância destas estimativas de custos, que devem fornecer um custo com adequado grau de precisão em um curto espaço de tempo (LOSSO, 1995).

Algumas vezes, o pouco tempo disponível para tal atividade implica em um grau de imprecisão alto, dependendo do método utilizado. Para um orçamento consistente, com um grau de acerto elevado, é necessário à realização dos projetos executivos e complementares, assim como um trabalho preciso e demorado de orçamentação. Com isso, são válidos os métodos de estimativas de custo, uma vez que não se concebe todo esse esforço e tempo para uma avaliação preliminar.

Dentre os métodos para estimativa de custos existem dois a nível nacional que são mais difundidos e aceitos no subsetor de edificações, o método do Custo Unitário Básico – CUB e o método da relação linear entre o custo total e a área da construção (PARISOTO, 2003).

A simplicidade destes métodos justifica sua maior utilização por parte das empresas, porém existem vários outros métodos, por exemplo: estimativa de custo pelo percentual de etapa obra; estimativa de custo por características geométricas; e estimativa de custo paramétrica, o qual é o foco desta pesquisa.

ESTIMATIVAS DE CUSTO PELA RELAÇÃO ENTRE A ÁREA DA CONSTRUÇÃO E O CUSTO TOTAL

Um dos mais utilizados métodos de estimativa de custos é o que relaciona a área da edificação com seu custo. Neste sentido, podem-se utilizar índices históricos da empresa que mostram o quanto se gasta em média para cada metro quadrado de área construída. No entanto, para que esse método tenha uma confiabilidade adequada devem-se levar em conta vários fatores:

- a) Os tipos de obras utilizadas para a obtenção dos índices;
- b) O número de obras analisadas para o cálculo do índice;
- c) O tipo de obra que se pretende estimar o custo;
- d) O local onde foram construídas as obras de amostra;

e) O período no qual foram realizados os estudos.

Assim, a utilização de obras similares, em épocas semelhantes e em mesmas regiões, pode determinar uma maior precisão na utilização deste método. No entanto, quanto mais se varia tais fatores, mais provável uma estimativa de custo falha. O método seguinte segue o mesmo princípio deste, mas, com uma base de dados nacional, várias tipologias de projetos e atualização mensal de seus dados, fornecem mais subsídios para um processo orçamentário acurado.

ESTIMATIVAS DE CUSTO PELO CUSTO UNITÁRIO BÁSICO (CUB)

Segundo Mattos (2007), no caso de obras de edificações, um indicador bastante usado é o custo por metro quadrado construído, sendo o mais frequentemente empregado o CUB. Este método é similar ao processo de custo por área construída descrito acima, mas se difere pelo modo de obtenção dos índices de custos por metro quadrado.

O CUB foi criado através da Lei Federal 4.591 de dezembro de 1964 a qual determina que os Sindicatos da Construção Civil (SINDUSCON) de cada estado brasileiro devem divulgar a cada dia 5 de cada mês os resultados referentes ao mês anterior.

O objetivo básico do CUB é disciplinar o mercado de incorporação imobiliária, servindo como parâmetro na determinação dos custos dos imóveis. Em função da credibilidade do referido indicador, alcançado ao longo de seus mais de 40 anos de existência, a evolução relativa do CUB/m² também tem sido utilizada como indicador macroeconômico dos custos do setor da construção civil. Publicada mensalmente, a evolução do CUB/m² demonstra a evolução dos custos das edificações de forma geral (SINDUSCON-MG, 2007).

Para Castanhede (2003), a importância do CUB se encontra na sua utilização como instrumento de avaliação de valores aproximados de custo para execução de incorporações imobiliárias, no início do processo, onde, muitas vezes, o incorporador somente tem o projeto arquitetônico do prédio que pretende edificar.

A metodologia para o cálculo do CUB/m² é feita pela NBR 12.721:2006, a qual estabelece os critérios para a determinação dos custos. O cálculo é baseado em projetos padrões que, segundo a NBR 12.721 (2006), são projetos selecionados para representar os diferentes tipos de edificações, que são usualmente objeto de incorporação para construção em condomínio. Esses podem ser definidos por suas características principais:

a) Número de pavimentos;

- b) Número de dependências por unidade;
- c) Áreas equivalentes à área de custo padrão privativas das unidades autônomas;
- d) Padrão de acabamento da construção;
- e) Número total de unidades.

A NBR 12.721(2006) lista e caracteriza as classes de empreendimentos para o cálculo dos CUB/m². Para a maioria dos construtores, de posse da área construída do empreendimento e caracterizado seu tipo (segundo as classes apresentadas), o raciocínio é simples: basta realizar o produto entre esta área e o custo do metro quadrado referente ao projeto para se obter o custo da edificação. Por exemplo, uma construção que se enquadre como residência unifamiliar de padrão baixo com uma área de 60 m² teria um custo de R\$ 53.916,00 no mês de abril de 2012 no estado do Pará.

Entretanto, na formação destes custos unitários não foram considerados os seguintes itens, que devem ser levados em conta na determinação dos preços por metro quadrado de construção: fundações, submuramento, paredes diafragma, tirantes, rebaixamento de lençol freático, elevador(es), equipamentos e instalações, tais como: fogões, aquecedores, bombas de recalque, incineração, ar-condicionado, calefação, ventilação e exaustão; playground (quando não classificado como área construída); obras e serviços complementares; urbanização, recreação, piscinas, campos de esportes, ajardinamentos, instalação e regulamentação do condomínio; impostos, taxas e emolumentos cartoriais, projetos: projetos arquitetônicos, projeto estrutural, projeto de instalação, projetos especiais, remuneração do construtor e remuneração do incorporador (SINDUSCON-MG, 2007).

Devido a isto, alguns autores indicam uma redução na precisão de custo quando calculado por este método. Segundo Castanhede e Schmitt (2003) quando utilizado como instrumento de cálculo de custo, o CUB/m² tem se afastado do valor resultante do orçamento discriminado, sendo este valor geralmente maior que o primeiro.

Para se tornar mais preciso esta estimativa, a NBR 12.721 (2006) apresenta o conceito de área equivalente. Uma vez que as construções de áreas diferentes apresentam custos diferentes, o peso destas não pode ser igual. Por exemplo, um pátio descoberto sem cobertura, não poderá custar o mesmo que a construção de um banheiro, o qual possui cobertura, paredes e revestimentos. Assim, esta norma prevê os seguintes coeficientes a serem adotados:

- a) Garagem (subsolo): 0,50 a 0,75;

- b) Área privativa (unidade autônoma padrão): 1,00;
- c) Área privativa salas com acabamento: 1,00;
- d) Área privativa salas sem acabamento: 0,75 a 0,90;
- e) Área de loja sem acabamento: 0,40 a 0,60;
- f) Varandas: 0,75 a 1,00;
- g) Terraços ou áreas descobertas sobre lajes: 0,30 a 0,60;
- h) Estacionamento sobre terreno: 0,05 a 0,10;
- i) Área de projeção do terreno sem benfeitoria: 0,00;
- j) Área de serviço – residência unifamiliar padrão baixo (aberta): 0,50;
- k) Barrilete: 0,50 a 0,75;
- l) Caixa d'água: 0,50 a 0,75;
- m) Casa de máquinas: 0,50 a 0,75;
- n) Piscina, quintais, etc.: 0,50 a 0,75.

Apesar dos esforços para a apresentação de um método de estimativas confiável, segundo Gonçalves (2011), se usado apenas o parâmetro do custo por m² de área total (construída, privativa ou equivalente), é esperado que seja encontrada uma dispersão de valores com os elevados percentuais de erros. Dependendo do critério de equivalência e da homogeneidade dos empreendimentos, o conceito de área equivalente pode proporcionar uma melhoria na estimativa de custos em relação ao custo definido por m² de área construída.

Assim como o CUB, é publicado mensalmente o Custo Unitário PINI de Edificações, o qual também informa os custos por metro quadrado de construção de vários tipos de edificações – ver Tabela 3. Neste custo são considerados alguns itens a mais que o primeiro, tais como elevadores e fundações. Para se utilizar o Custo Unitário PINI de Edificações, os custos devem ser aplicados ao total de área construída que engloba áreas privativas e comuns (garagens, halls, escadas, etc.).

Tabela 3: Custos unitários PINI de edificações – Estado: Pará.

Custos Unitários PINI de Edificações (R\$/m ²)				
Uso de edificação		Global	Material	Mão-de- obra
Habitacional	Residencial padrão fino (1)	R\$ 1.328,67	R\$ 885,07	R\$ 443,60
	Sobrado padrão médio (2)	R\$ 911,85	R\$ 535,86	R\$ 375,99
	Residência térrea padrão popular (3)	R\$ 697,99	R\$ 418,93	R\$ 279,05
	Sobrado padrão popular (11)	R\$ 842,98	R\$ 513,29	R\$ 329,69
	Prédio com elevador fino (4)	R\$ 1.055,98	R\$ 698,71	R\$ 357,28
	Prédio com elevador padrão médio alto (12)	R\$ 1.025,20	R\$ 749,55	R\$ 275,65
	Prédio com elevador médio (10)	R\$ 970,67	R\$ 653,74	R\$ 316,93
	Prédio sem elevador médio (5)	R\$ 1.013,01	R\$ 585,21	R\$ 427,80
	Prédio sem elevador popular (6)	R\$ 755,93	R\$ 435,79	R\$ 320,14
Comercial	Prédio com elevador fino (7)	R\$ 1.111,85	R\$ 760,53	R\$ 351,32
	Prédio sem elevador médio (8)	R\$ 1.059,07	R\$ 648,50	R\$ 410,56
	Clínica veterinária (14)	R\$ 1.056,42	R\$ 726,01	R\$ 330,41
Industrial	Galpão de uso geral (9)	R\$ 1.031,89	R\$ 787,25	R\$ 244,64

Fonte: Revista Guia da Construção (2011).

Para Gonçalves (2011), para melhorar a eficiência na obtenção dos custos estimados das obras, é necessário abandonar a prática tão utilizada no mercado imobiliário (a qual relaciona custo e área) e buscar um método mais adequado. A Tabela 4 demonstra o quão pode variar o custo, quando determinado por este tipo de método.

Tabela 4: Custos finais de empreendimentos de quatro dormitórios – Alto padrão.

Alto Padrão									
04 dormitórios / 04 suítes	AE	AC	AP	AC/AP	R\$/m ²			% sobre a média na AP	
					AE	AP	AC		
Empreendimento 01	12.383	11.492	7.311	1,57	2.605	4.412	2.807	32,61%	
Empreendimento 02	19.025	17.918	12.619	1,42	2.647	3.991	2.811	19,98%	
Empreendimento 03	38.801	37.544	29.187	1,29	2.587	3.439	2.674	3,39%	
Empreendimento 04	30.735	29.532	22.822	1,29	2.331	3.139	2.425	5,65%	
Empreendimento 05	13.726	12.691	8.398	1,51	1.601	2.616	1.731	21,35%	

Empreendimento 06	34.626	31.933	21.470	1,49	1.465	2.363	1.589	28,97%
Médias					2.206	3.327	2.339	

Sendo: AE = Área Equivalente, AC = Área total construída e AP = Área Privativa.

Fonte: Gonçalves (2011).

ESTIMATIVA DE CUSTO PELO PERCENTUAL DE ETAPA DA OBRA

Este método baseia-se na representatividade de cada grupo de serviços da obra. Assim como na estimativa de custos pela relação da área de construção com o custo total, necessita-se de um grupo de obras significativo e de tecnologias construtivas similares.

Losso (1995) afirma que muitas são as publicações que apresentam distribuições percentuais dos custos de obras das mais diversas tipologias, entretanto muitas delas não indicam qual o tipo que está se tratando, o que representa uma grande desvantagem do método. Este necessita de obras de mesma tipologia da que se quer estimar os custos, pois dependendo desta, pode-se ter uma grande variação na distribuição dos custos da edificação. Uma obra com estrutura em paredes de concreto não pode apresentar a mesma distribuição percentual que uma de blocos de concreto.

Na verdade, este método só decompõe o custo estimado por outro método em faixas de serviços pré-estipulados, fornecendo um grau maior de detalhamento dos custos, como apresentado na Tabela 5. Assim, é necessário um auxílio de algum outro método que possa de forma consistente determinar o custo de pelo menos uma das etapas, sendo que as demais são calculadas aplicando-se percentuais pré-determinados sobre aquela etapa já obtida (VALLE, 2006).

Tabela 5: Distribuição dos percentuais de serviços proposto por Otero e Heineck (2004).

Grupo de serviços	Percentual (%)
Serviços gerais	14,75%
Fundações	7,23%
Estrutura	18,36%
Instalações hidro sanitárias	2,85%
Instalações elétricas e telefônicas	5,22%
Instalações complementares	3,70%
Impermeabilização	2,28%
Cobertura	0,40%
Alvenaria	4,91%
Contra-piso	1,03%
Emboço interno	2,72%
Emboço externo	1,92%
Revestimento de gesso	0,53%
Louças, metais e bancadas	2,97%
Revestimento de paredes internas	2,66%
Revestimento de piso	2,54%
Revestimento de fachadas	2,99%
Esquadrias de madeira	3,65%
Esquadrias metálicas	4,34%
Vidros	0,80%
Piso em madeira	1,81%
Carpetes	0,56%
Rodapés e alisares	0,39%
Forro em gesso	0,83%
Forro em madeira	0,37%
Pintura interna	2,81%
Pintura externa	0,50%

Fonte: Otero e Heineck (2004).

Para Mattos (2007), ao se trabalhar com a estimativa de custo por etapa da obra, deve-se ter em conta de que os percentuais são apenas referenciais sendo que, no caso de uma obra atípica – implantada em alicive pronunciado, em terreno muito fraturado, com grandes balanços na estrutura ou com sofisticada pele de vidro na fachada – os percentuais das tabelas certamente não serão muito exatos. Uma utilidade deste tipo de orçamento é que o orçamentista pode rapidamente avaliar se a cotação de um subempreiteiro está dentro ou fora da faixa esperada.

Assim, para evitar uma variação muito grande nos percentuais de participação dos serviços de custo de uma obra, Trajano³ apud Andrade (1996) faz uma análise de alguns aspectos, os quais são apresentados abaixo:

- a) Caracterização da amostra segundo o número de pavimentos, número de dormitórios e padrão de acabamento;

- b) Padronização no agrupamento de itens e na nomenclatura utilizada;
- c) Identificação dos itens de acordo com os tipos de dimensões e os tipos de custos;
- d) Identificação das unidadesadoras de cada serviço de modo a estruturar os itens orçamentários;
- e) Exclusão dos valores extremos das médias aritméticas;

Correlação dos custos das instalações hidro sanitárias e dos aparelhos com o número de dormitórios e padrão de acabamento.

ESTIMATIVA DE CUSTO PARAMÉTRICA

Métodos que estimam custo unicamente pela área edificada nada mais são do que comparações simplistas entre áreas de uma edificação e outra, desprezando-se as características geométricas que têm grande influência no custo e não variam em função da área (LOSSO, 1995).

Mascaró (2010) comprova esta afirmação com um simples exemplo: para uma mesma área, podem-se determinar projetos de diferentes formas, como exposto na Tabela 6. Para uma mesma área de 100m² pode-se obter diferentes perímetros, os quais estão diretamente relacionados aos custos de vedações verticais da obra, ou seja, quanto maior o perímetro maior o custo para vedar externamente o empreendimento.

Tabela 6: Formas geométricas com áreas semelhantes e perímetros distintos.

Forma	Dimensões	Área (m ²)	Perímetro (m)
Circular	-	100	35,44
	10x10	100	40
Quadrada	5x20	100	50
	4x25	100	58
Retangular	2x50	100	104
	1x100	100	202

Fonte: Mascaró (2010).

Além disso, os custos não mudam só devido ao quantitativo de serviço, mas também devido à complexidade do serviço, afinal é mais simples construir uma parede reta do que uma curva; pisos com arremates retos do que curvos; paredes retas e longas do que paredes estreitas e com muitas arestas.

Assim, apesar da figura geométrica que possui o menor perímetro para uma mesma área ser o círculo, não é a forma mais adequada para a construção de prédios tanto pela dificuldade construtiva, quanto pela adequação dos espaços (ROSSO4 apud OLIVEIRA, 1990).

Até mesmo ao se considerar a mesma figura, tem-se relações diferentes entre certos parâmetros, por exemplo: ao aumentar a área de um compartimento quadrado de 1m² em 4 vezes, a relação entre o perímetro e a área muda de 4m/m² para 2m/m² (LOSSO, 1995).

Uma das soluções para classificar o projeto quanto a esses aspectos de forma da construção é o indicador que mostra a eficiência ou o quão é racional é o projeto, chamado Índice de Compacidade (Ic). Ele relaciona o perímetro de um círculo que possui área igual a do projeto e o perímetro das paredes do próprio projeto, conforme a fórmula abaixo:

$$I_c = \frac{(2 \times \sqrt{A_p \times \pi}) \times 100}{P_p}$$

Onde:

Ic: é o índice de compacidade;

Pp: é o perímetro das paredes externas;

Ap: é a área da superfície do projeto.

O índice de compacidade assim definido é simples de calcular, mas não reflete com exatidão o custo das fachadas. Arestas e curvas nas fachadas implicam em um aumento de seu custo, com isso, torna-se recomendável trabalhar com um índice que incorpore esses incrementos de custos. Define-se assim o Índice Econômico de Compacidade (Iec), onde o perímetro (Pp) é substituído pelo Pep na mesma expressão já apresentada (MASCARÓ, 2010). Este incorpora o fator arestas e curvas, conforme fórmula abaixo.

Este incorpora o fator arestas e curvas, conforme fórmula abaixo:

$$P_{ep} = P_{pr} + 1,5 \cdot P_{pc} + \frac{nA}{2}$$

Onde:

P_{ep}: é o perímetro econômico do projeto;

P_{pr} : é o perímetro das paredes exteriores retas;

P_{PC} : é o perímetro das paredes exteriores curvas;

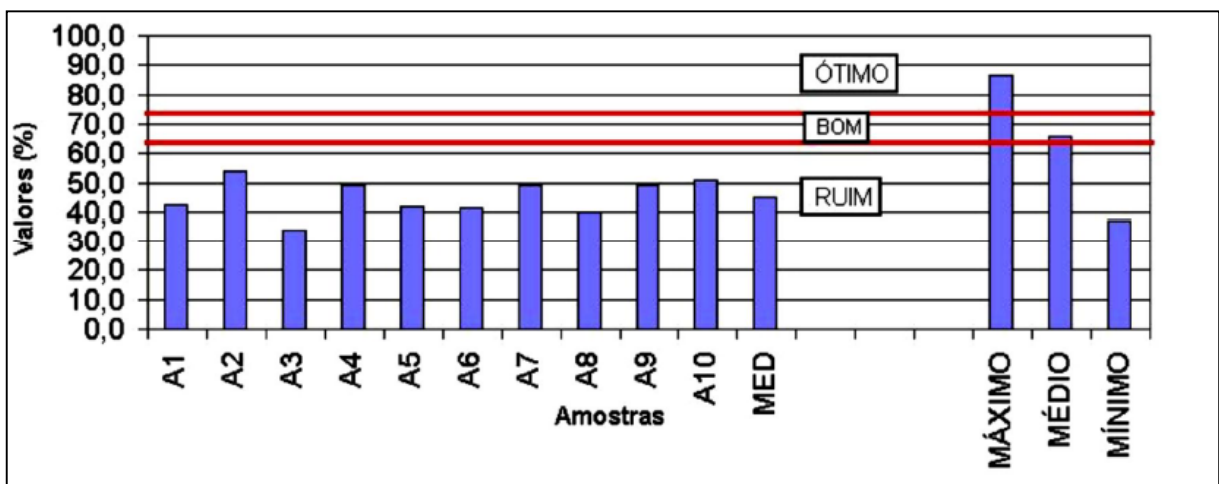
nA : é o número de arestas das fachadas.

Assim, para representar economicamente através do índice de compacidade o custo da geometria das fachadas é necessário acrescentar ao perímetro em metros a quantidade de arestas divididas por um número próximo a dois e acrescentar a quantidade de metros do perímetro que for curvo em um valor próximo de 50% (MASCARÓ, 2010). Estes acréscimos se fundamentam em:

- a) Normalmente a mão-de-obra de uma aresta custa por cada metro linear como se fosse um metro quadrado e como o material tende a ser o mesmo, cada aresta equivale a 0,5 metros de perímetro;
- b) Todo plano curvo custa em média, 50% mais que seu equivalente reto.

Estefani e Sposto (2002) analisam várias obras no quesito índice de compacidade (ver Figura 4) e concluem que apesar do número da amostra não ser significativo, há indícios de ineficiência de projetos quanto a este aspecto.

Figura 4: Índices de compacidade de amostras localizadas na cidade de Brasília.



Fonte: Estefani e Sposto (2002).

Para estes autores o uso de indicadores é muito importante para avaliar a qualidade dos projetos, principalmente em locais onde o custo do terreno é muito elevado, sendo que toda a área da edificação, principalmente a de caráter privativo, deve ser maximizada para que os custos finais dos imóveis sejam mais acessíveis e compatíveis com o mercado brasileiro.

Assim como índice de compacidade, é possível determinar vários outros parâmetros que permitam caracterizar edifícios semelhantes para que se possam utilizar métodos de estimativas de custo com uma acurácia adequada.

Flanagan e Norman apud Oliveira (1990) estudaram a relação entre a altura e o custo da edificação e verificaram a existência de quatro categorias de serviços:

- a) Aquela que o custo unitário diminui com o aumento do número de andares, por exemplo, o telhado;
- b) Aquela em que o custo unitário aumenta com o acréscimo do número de andares, por exemplo, a instalação dos elevadores;
- c) Aquela que o custo unitário não é afetado pelo aumento de andares, por exemplo, o número de portas;
- d) Aquela em que inicialmente há uma diminuição no custo unitário e então começa a aumentar com o acréscimo do número de andares, por exemplo, a estrutura.

Com base nestes e em diversos outros aspectos, muitos autores criticam os métodos que estimam o custo diretamente em função da área, e buscam métodos alternativos que consigam com informações prematuras do projeto, determinar com uma margem de erro aceitável, o custo do empreendimento. Um deles é denominado de orçamento paramétrico.

A estimativa paramétrica de custo define-se como um método que calcula o custo de um projeto ou uma tarefa através de relações sob a forma de algoritmos matemáticos ou lógicos de modo a obter uma estimativa. Tais relações, denominadas Relações Paramétricas de Custo (RPC) ou em inglês, *Cost Estimating Relations* (CER's), podem variar desde simples regras informais ou analogias básicas até funções matemáticas complexas decorrentes da análise estatística de dados. Dentro delas estabelece-se uma clara ligação entre determinado custo e uma característica técnica do produto. Este parâmetro técnico deve ser de tal ordem que caracterize de modo claro o produto sob estudo e também mantenha uma boa correlação com o custo a ser estimado dentro da relação paramétrica que o utiliza (UNITED STATES OF AMÉRICA apud OTERO, 2000).

As equações aplicadas neste método são utilizadas para extrapolar a experiência passada e atual, prevendo os custos de outros produtos (DEAN, 1995). Desde que o modelo seja desenvolvido a partir de dados passados relevantes de projeto, o sucesso somente dependerá da capacidade de capturar estes dados em padrões passados. Desta forma, o modelo paramétrico desenvolvido também pode

ser usado para estimar o custo de um projeto futuro (PHAOBUNJONG, 2002). Em constante atualização quando abastecido com novos dados, ele propicia um conjunto de informações detalhadas e atualizadas para qualquer usuário.

Para Long (2000) a base para aplicação da estimativa paramétrica são as RCP's, as quais definem o custo como a variável dependente de uma ou mais variáveis independentes, chamados Direcionadores de Custos. Assim o custo é calculado em função de um ou mais parâmetros técnicos tais como características físicas ou características de funcionamento.

Ainda segundo o autor, uma RCP pode comparar relações custo / custo ou custo para não custo. Um exemplo de custo para custo é utilizar o gasto de horas de fabricação (variável independente) para estimar o gasto total do produto (variável dependente). E um exemplo clássico de um custo para não custo é estimar o custo de produção (variável dependente), usando o peso do produto (variável independente). Estas relações permitem o estimador fornecer estimativas rápidas sem uma grande quantidade de informações detalhadas.

Estes direcionadores de custo são características controláveis do produto, estabelecido em plantas, especificações e cronogramas, e possuem efeito predominante sobre o sistema. Deste modo, utilizam-se poucos parâmetros importantes que possuem o impacto mais significativo sobre o produto em estudo. Um dos requisitos fundamentais para a inclusão de uma variável numérica ou não, como direcionador de custo em relações paramétricas é que este seja um fator estatisticamente significativo sobre o custo do produto ou parte deste. Neste sentido, as ferramentas estatísticas mais utilizadas são teste de hipótese sobre regressões lineares ou linearizadas, regressões múltiplas e análise de variância (UNITED STATES OF AMÉRICA *apud* OTERO, 2000). Este autor divide em quatro etapas a estipulação do modelo paramétrico:

- a) Levantamento de dados;
- b) Avaliação e tratamento de dados;
- c) Reconhecimento de direcionadores de custos;
- d) Análise de direcionadores de custos;
- e) Estabelecimento de relações paramétricas;
- f) Seleção de relações válidas;
- g) Validação do modelo paramétrico.

Para Gonçalves (2011) as quantidades obtidas através da parametrização não são exatas, mas uma estimativa confiável para um estágio onde não existem projetos iniciados. Essas informações são balizadoras e referenciais factíveis de quantidades e custos, e, à medida que o projeto evolui, serão gradativamente substituídas por quantidades provenientes do projeto e informações de custo mais específicas através de consulta a fornecedores.

Ainda segundo a autora, uma das vantagens de se ter o orçamento de custo parametrizado é permitir a contratação da construção nas fases iniciais do processo de projeto, balizando com propriedade o custo de cada uma das partes da obra, permitindo um processo lógico de contratação. Isso permite que os projetistas possam utilizar-se da sua experiência nas soluções de projeto, o que pode melhorar muito sua construtibilidade. A contratação de uma construtora sem este orçamento inicial pode provocar surpresas, motivando as incorporadoras a só contratarem somente após a conclusão dos projetos, seja qual for a modalidade de contrato.

ESTIMATIVA DE CUSTO POR CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

Segundo Parisotto (2003), o processo de estimativa de custo por características geométricas também utiliza informações menos detalhadas, ou seja, aquelas disponíveis nas primeiras etapas de elaboração do projeto. Desta forma, parte-se pela definição da tipologia do edifício sendo considerado: (a) a localização; (b) os índices urbanísticos; (c) o padrão de acabamento; (d) o programa de apartamento; (e) a capacidade econômica.

Em seguida são definidas as características geométricas mais representativas do edifício de maneira a estabelecer relações que estimam os custos das diversas partes componentes da edificação em termos de serviços, materiais e mão-de-obra. Algumas delas são apresentadas abaixo: (a) área total da construção; (b) área dos pavimentos tipo e subsolo; (c) o período de construção; (d) o número de apartamentos por andar; (e) o número de banheiros; (f) o número de elevadores.

Neste tipo de orçamento são considerados vários fatores relacionados à forma geométrica da edificação. Ainda utiliza relações paramétricas para a determinação do custo, seja de uma forma direta ou de uma forma indireta. Isso o diferencia do orçamento paramétrico, o qual relaciona diretamente custo com os direcionadores de custo nas relações paramétricas. Esta diferença sutil faz que alguns autores o classifiquem como sendo o mesmo tipo de orçamento. Neste trabalho utilizam-se conceitos dos dois tipos de orçamento.

2.3.2 REFLEXÕES SOBRE TRABALHOS ANTERIORES

O método tradicional de estimativa paramétrica relaciona diretamente o custo com uma variável independente qualquer, no entanto tal método não foi utilizado nesta pesquisa. A relação adotada ocorre de forma indireta: primeiro determina-se a quantidade dos serviços através da variável independente; posteriormente é estipulado o custo unitário de cada serviço, o qual viabiliza a obtenção do custo total. Tal metodologia possibilita a consideração de aspectos singulares de cada empresa e região, uma vez que seus custos unitários refletem suas realidades individuais. Estas restrições propositais foram estipuladas de modo a estabelecer a uma adequação no método de orçamentação paramétrico.

Muitas pesquisas de vários autores seguiram uma linha de raciocínio distinta e também contribuíram para a metodologia de modelagem das relações paramétricas. Basicamente estes trabalhos analisaram relações entre:

- a) Custos (globais, de serviços, mão-de obra e materiais) e quantidades de serviços;
- b) Custos e custos (globais, de serviços e mão-de-obra);
- c) Custos e quantidade de mão-de-obra (na unidade homem-hora) ou de materiais.

Entretanto, percebem-se algumas dificuldades quanto a estes parâmetros. Otero (2000), em sua dissertação intitulada “Análise paramétrica de dados orçamentários para estimativa de custos na construção de edifícios” analisou várias relações paramétricas em trinta edifícios de tipologias semelhantes.

Ao se relacionar custos, seja como variável dependente ou independente, o autor frisa que uma das dificuldades na utilização prática de modelos paramétricos encontra-se na atualização destes. Uma vez que estes custos foram estipulados em uma região e período específicos, a mudança de região de onde foram coletados estes custos ou até a execução em datas distintas poderiam comprometer os resultados do modelo. O uso de índices inflacionários pode não se mostrar adequado a este processo.

Parisotto (2003), em sua pesquisa “Análise de estimativas paramétricas para formular um modelo de quantificação de serviços, consumo de mão-de-obra e custos de edificações residenciais” recomenda como trabalhos futuros uma análise de variabilidade de equações paramétricas ao longo do tempo.

Percebe-se com isso que todos os modelos que utilizam em sua parametrização o fator custo são afetados neste aspecto. É indiscutível entre os autores que o método é adequado ao propósito,

entretanto a atualização constante das relações paramétricas é um trabalho que requer tempo e esforço consideráveis.

Outra dificuldade reside no fato da heterogeneidade das construções. Os produtos do setor de construções podem ser analisados como combinações de categorias conhecidas de diferentes componentes, sendo que o projeto de um edifício representa apenas uma das combinações possíveis (OTERO, 2000). Este autor coloca que diante disso, determinadas edificações podem ser reunidas em conjunto nos quais se aponta uma extrema similaridade entre as opções adotadas, levando a existência de um padrão ou pequenas variações sobre este valor.

Assim como ele, Losso (1995) afirma que mesmo sendo a heterogeneidade uma das principais características dos produtos da construção civil, existe a possibilidade de tipificação destes conjuntos com o estabelecimento de determinados índices que representam sua distribuição geométrica e elementos funcionais.

A visão destes autores pode ser extrapolada para a visão dos demais. Entretanto, além destes proporem estudos para mais tipos de edificações que não as que apresentam em seus trabalhos, não há um consenso generalizado sobre as tipificações existentes. Assim, devem ser avaliados outros aspectos, tais como:

- a) A área de periferia de diversos empreendimentos ditos com a mesma tipologia pode ser totalmente diferente devido a fatores como o tamanho do terreno. O número de itens de lazer também deve ser analisado, pois atualmente percebe-se uma forte tendência na construção inúmeros destes itens, como por exemplo, *CarWash* (espaço de lavagem de carros), salas de cinema e brinquedoteca. Nos diversos estudos apresentados, poucos avaliaram este tipo de diferença.
- b) A diferença tipológica deve considerar as tecnologias construtivas utilizadas. Então, mesmo que se tenham obras similares (de área privativa, área total, número de pavimentos, dentre outros fatores que classificam a tipologia da edificação), podem-se ter obras com estruturas diferentes (como de bloco estrutural, paredes de concreto ou convencional); fundações diferentes devido ao perfil geológico do terreno; revestimentos diferentes, por exemplo, ao se utilizar blocos de concreto na estrutura, o revestimento de paredes para pintura se dá através da utilização de gesso, entretanto ao se trabalhar com tijolos cerâmicos pode-se aplicar o reboco e a massa corrida.

2.4 O EMPREENDIMENTO COMO PROJETO

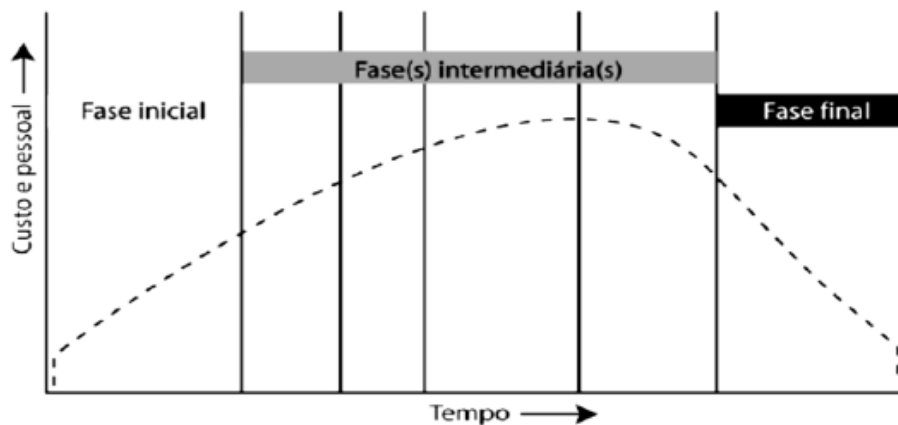
Os conceitos e teorias de projetos tratados neste capítulo não estão propriamente ligados aos projetos executivos de construções, mas sim com o projeto da concepção como um todo. Segundo PMBOK (2004), um projeto pode ser definido resumidamente como um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo. A partir deste conceito os projetos possuem três características fundamentais:

- a) São temporários: significa que todos os projetos possuem um início e um final definido. O final é alcançado quando os objetivos do projeto tiverem sido atingidos, quando se tornar claro que os objetivos do projeto não serão ou não poderão ser atingidos ou quando não existir mais a necessidade do projeto e ele for encerrado. Temporário não significa necessariamente de curta duração; muitos projetos duram vários anos. Em todos os casos, no entanto, a duração de um projeto é finita. Projetos não são esforços contínuos.
- b) São exclusivos: Um projeto cria entregas exclusivas, que são produtos, serviços ou resultados. Pode criar: um produto ou objeto produzido, quantificável e que pode ser um item final ou um item componente; uma capacidade de realizar um serviço, como funções de negócios que dão suporte à produção ou à distribuição; um resultado, como resultados finais ou documentos. Por exemplo, um projeto de pesquisa desenvolve um conhecimento que pode ser usado para determinar se uma tendência está presente ou não ou se um novo processo irá beneficiar a sociedade. A singularidade é uma característica importante das entregas do projeto. Por exemplo, muitos milhares de prédios de escritórios foram construídos, mas cada prédio em particular é único - tem proprietário diferente, projeto diferente, local diferente, construtora diferente, etc. A presença de elementos repetitivos não muda a singularidade fundamental do trabalho do projeto.
- c) São elaborados progressivamente: A elaboração progressiva é uma característica de projetos que integra os conceitos de temporário e exclusivo. Elaboração progressiva significa desenvolver em etapas e continuar por incrementos. Por exemplo, o escopo do projeto será descrito de maneira geral no início do projeto e se tornará mais explícito e detalhado conforme a equipe do projeto desenvolve um entendimento mais completo dos objetivos e das entregas.

Nesta perspectiva, pode-se dividir um projeto em fases para oferecer melhor controle gerencial com ligações adequadas com as operações em andamento da organização executora. Coletivamente, essas

fases são conhecidas como o ciclo de vida do projeto (PMBOK, 2004). Segundo Silva (2008), o ciclo de vida de um empreendimento corresponde ao período do início da concepção à conclusão do mesmo. Conforme a evolução do projeto ocorre, seus custos operacionais tanto quanto os recursos humanos aumentam proporcionalmente, atingindo um ápice nas fases intermediárias e decrescendo na fase final. Tal comportamento é demonstrado na Figura 5.

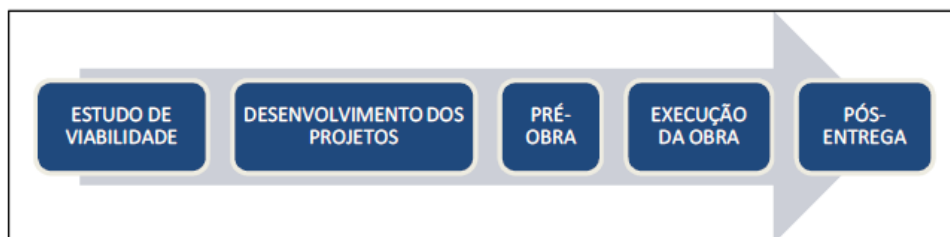
Figura 5: Variação de custos em função das fases do projeto.



Fonte: PMBOK (2004).

Quanto à divisão em fases, o projeto especificamente de uma construção é comumente dividido nas etapas de: estudo de viabilidade, desenvolvimentos dos projetos executivos, pré-obra, execução da obra e pós entrega (ver Figura 6).

Figura 6: Fases do projeto de uma construção.

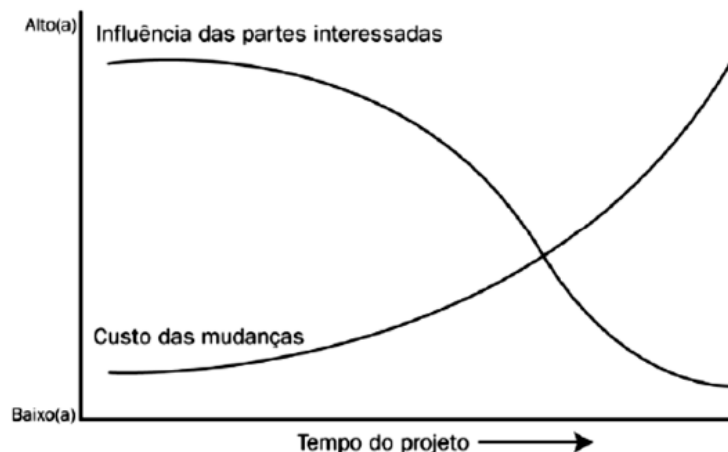


Fonte: Adaptado Marchiori (2009).

A presente pesquisa tem sua aplicação justamente na fase de viabilidade do empreendimento, onde são definidas informações fundamentais do produto e as modificações geram menores dispêndios financeiros - na análise do custo de inferência no projeto em função do tempo, verifica-se que quanto maior o tempo, mais custos se tem para modificar parâmetros do projeto. No contexto, qualquer

modificação na concepção do projeto inicial de uma construção acarreta num maior custo quanto maior o tempo decorrido (ver Figura 7).

Figura 7: Custos das influências ou modificações nos projetos ao longo do tempo.



Fonte: PMBOK (2003).

Assim, esta pesquisa, sendo aplicada na fase de viabilidade do empreendimento – na qual quaisquer modificações no projeto geram menores ônus – possibilita e ganhos significativos para as empresas na medida em que contribui para uma estimativa acurada de custos dos empreendimentos.

3. NOÇÕES DE ESTATÍSTICA

A estatística inferencial leva em consideração as técnicas pelas quais as decisões sobre uma população ou processo estatístico são tomadas, baseadas somente na observação de uma amostra. Como estas decisões são tomadas sob condições de incerteza, é necessário o emprego dos conceitos de probabilidade. Dentro destes conceitos, encontra-se a chamada regressão linear e análise de correlação (KAZMIER, 2004).

Sendo a primeira a principal ferramenta utilizada no modelo, pode-se caracterizá-la como uma técnica em estatística paramétrica que é comumente utilizada para analisar a resposta média de uma variável Y que muda de acordo com a magnitude da intervenção uma variável X (OXFORD JOURNALS, 2012).

Para que os modelos paramétricos sejam criados é preciso determinar as equações paramétricas analisando o quanto as relações entre suas variáveis dependentes e independentes são fortes. Quando estas variáveis estão ligadas por uma relação estatística, afirma-se que há uma correlação entre elas (CRESPO, 2002). Segundo Larson e Faber (2010), esta é uma relação entre duas variáveis, sendo os

dados representados por pares ordenados (x, y) , onde x é a variável independente (ou explanatória) e y é a variável dependente (ou resposta).

Quando há somente um regressor (variável independente), classifica-se a regressão como simples. Entretanto há muitas situações de construções de modelos em que existe mais de um. Quando se pretende relacionar vários regressores a fim de explicar ou estimar uma variável dependente, é utilizado um modelo de regressão múltipla (MONTGOMERY, RUNGER e HUBELE, 2001). Como esta pesquisa aplica o modelo de regressão linear simples, são embasados abaixo tópicos que englobam tal conhecimento.

3.1 MONTAGEM DO DIAGRAMA DE DISPERSÃO

O diagrama de dispersão mostra uma ideia da correlação existente entre as variáveis através de uma nuvem formada pelos pontos plotados em um sistema cartesiano ortogonal (X_i, Y_i) . Segundo Crespo (2002), é possível verificar que cada relação está associada com uma “imagem”, uma relação funcional. Através do diagrama pode-se visualmente determinar se existe esta relação funcional (nesta pesquisa, a correlação linear), assim como se ela é:

- a) Positiva: quando os pontos da imagem formada no diagrama configuram ou se assemelham a uma reta ascendente;
- b) Negativa: quando os pontos da imagem formada no diagrama configuram ou se assemelham a uma reta descendente;
- c) Não linear: quando os pontos da imagem formada no diagrama configuram ou se assemelham a uma curva;
- d) Nula: quando os pontos da imagem formada no diagrama não se assemelham a nenhuma relação funcional.

A análise inicial do diagrama de dispersão fornece uma ideia se há uma correlação entre as variáveis. No entanto, como a análise visual não pode ser considerado um critério, pois apresentam características subjetivas, o próximo passo é confirmar numericamente o indício percebido no diagrama de dispersão.

3.2 MEDIDAS DE VARIABILIDADE

O parâmetro utilizado para medir numericamente a correlação linear entre as variáveis dependentes e independentes é o coeficiente de correlação linear de Pearson. Esse coeficiente deve indicar o grau de intensidade da correlação entre duas variáveis e, ainda, o sentido dessa correlação (positivo ou

negativo). Para que uma relação possa ser descrita por meio deste coeficiente é imprescindível que ela se aproxime de uma função linear (CRESPO, 2002). O coeficiente é calculado pela seguinte expressão:

$$r = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{[n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2][n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2]}}$$

Onde:

n : é o número de observações;

x_i : é o valor de cada dado da amostra da variável independente;

y_i : é valor de cada dado da amostra da variável dependente.

Os autores Solano apud Parisotto (2003) e Crespo (2002) utilizam critérios semelhantes (mas não idênticos) para analisar o quanto à relação é forte ou fraca. Para esta pesquisa será considerado o seguinte critério:

- r igual à zero indica que a relação não existe;
- r entre zero e $\pm 0,30$ indica que a correlação é fraca;
- r entre $\pm 0,30$ e $\pm 0,60$ indica que a correlação é média;
- r entre $\pm 0,60$ e $\pm 0,90$ indica uma correlação forte;
- r entre $\pm 0,90$ e $\pm 0,99$ indica uma correlação fortíssima;
- r igual a ± 1 indica que a correlação é perfeita.

Determinado o coeficiente de Pearson, pode-se ser determinado o coeficiente de determinação (r^2) que é a relação da variação explicada com a variação total. É importante frisar a interpretação correta de tal indicador: se r é igual a 0,90, r^2 é 0,81 – isso significa que 81% da variação da variável dependente podem ser explicados pela relação entre x e y; os 19% restantes da variação é explicada em função de outros fatores ou a erro de amostra (LARSON e FABER, 2010).

Otero (2000) explica que valor do coeficiente de determinação depende do número de observações da amostra, tendendo a crescer quando este número se reduz; no limite, para duas observações, teríamos sempre um valor igual a um, pois dois pontos determinam uma reta e os desvios, portanto são nulos. Numa tentativa de superar esse inconveniente, é definido o coeficiente de determinação ajustado, R^2 ajustado, corrigido para graus de liberdade e definido pela fórmula:

$$R^2_{ajustado} = R^2 - \frac{1}{n-2}(1 - R^2)$$

Onde:

R^2 : é o coeficiente de determinação;

3.3 DETERMINAÇÃO DA EQUAÇÃO PARAMÉTRICA

Através da análise de regressão pode-se estabelecer e quantificar a dependência entre duas ou mais variáveis, expressando os valores esperados de uma delas em função da outra. Assim, a variável sobre a qual desejamos fazer uma estimativa recebe o nome de variável dependente e a outra recebe o nome de variável independente (SEGURA, 2002).

Então, comprovada a correlação entre as variáveis através do diagrama de dispersão e do coeficiente de correlação de Pearson, a próxima etapa é a determinação da equação paramétrica da análise de regressão, a qual tem por objetivo descrever, utilizando um modelo matemático, a relação entre duas variáveis, partindo de n observações das mesmas. É importante frisar que a equação é geralmente feita com dados passados, então, caso a relação entre as variáveis se modificarem por alguma razão imprevista, não se poderá prever dados futuros (DOWNING e CLARK, 2002).

Neste contexto, as equações paramétricas desta pesquisa foram determinadas através do seguinte procedimento: admitindo-se que a função linear se apresenta na forma $y = ax + b$, deve-se obter os coeficientes “a” e “b” utilizando-se as seguintes fórmulas:

$$a = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

$$b = \bar{y} - a\bar{x}$$

Onde:

- n : é o número de observações;
- \bar{x} : é a média dos valores x_i ;
- \bar{y} é a média dos valores y_i .

4. MÉTODO PARA EXECUTAR UM ORÇAMENTO PARAMÉTRICO

Este capítulo tem como proposição apresentar a forma como foi desenvolvido o modelo paramétrico. Primeiramente, é fundamental a caracterização das amostras utilizadas na pesquisa. Em seguida, são apresentadas as etapas metodológicas que possibilitaram a realização do trabalho, dispostas na

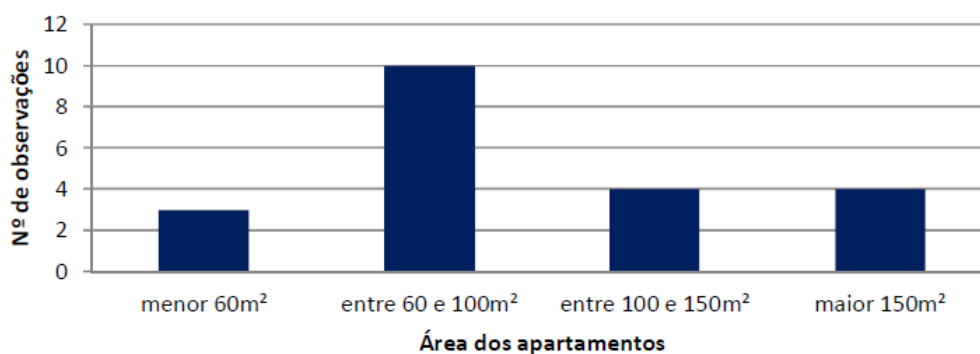
seguinte ordem: Cálculo das áreas privativas; determinação dos serviços a serem analisados; levantamento quantitativo dos serviços; definição do modelo.

4.1 CARACTERÍSTICAS DAS AMOSTRAS

A tipificação dos projetos é concebida através da caracterização das obras. Uma vez que as tipologias não são consenso entre os autores, busca-se, com a descrição das características, fornecer e fomentar cada vez mais subsídios para contribuir com tal classificação. Apesar da probabilidade de se obter uma relação paramétrica forte entre as variáveis dependentes e independentes ao se agrupar edificações semelhantes, buscou-se trabalhar com 21 edifícios de tipologias e padrões distintos de 7 empresas diferentes, os quais têm como semelhança apenas o fato de serem residenciais. Destas obras, 2 são localizadas na cidade de Macapá, Estado do Amapá; 7 situadas em Porto Velho, Estado do Acre; e 12 em Belém, Estado do Pará. Neste sentido, buscou-se obter bons resultados, mesmo se utilizando de empreendimentos com padrões distintos.

O padrão dos apartamentos está diretamente ligado com a área, ou seja, quanto maior o tamanho, maior o padrão, sendo as amostras utilizadas nesta pesquisa diversificadas neste aspecto, conforme mostrado na Figura 8:

Figura 8: Distribuição das amostras quanto a área privativa dos apartamentos.



Fonte: o autor

Quanto à caracterização geral das amostras, as informações das edificações utilizadas nesta pesquisa encontram-se discriminadas na Tabela 7:

Tabela 7: Características gerais dos empreendimentos das amostras.

Obra	Tipologia do edifício	Programa dos apartamentos	Área privativa do apartamento
Obra 1	1Ss.1Te.1Ga.1La.25Ti.1Co.1Ba.1Cm.1V i	1Cz/As.1Sa.4Bh.3Te.2Qu	92,88 m ²
Obra 2	1Te.2Ga.1La.22Ti.1Co.1Ba.1Cm.1Vi	1Cz/As.1Sa.3Bh.2Te.2Qu	85,35 m ²
Obra 3	1Ss.1Te.1La.12Ti.1Ba.1Cm.1Vi	1Cz/As1Sa1 Gb3Bh1Te3Qu	122,8 m ²
Obra 4	1Te.11Ti.1Ba.1Cm.1Vi	1Cz/As1Sa1 Gb2Bh1Te3Qu	80,71 m ²
Obra 5	1Ss.1Te.1La.11Ti.1Co.1Ba.1Cm.1Vi	Tipo1: 1Cz/As1Sa1Lt3 Bh1Te3Qu	91,24 m ²
		Tipo2:1Cz/As1Sa3 Bh2te3Qu	92,27 m ²
Obra 6	1Ss.1Te.1La.19Ti.1Co.1Ba.1Cm.1Vi	Tipo 1: 1Cz/As1Sa3Bh1Te1Lt2Qu	82,96 m ²
		Tipo 2: 1Cz/As1Sa3Bh2Te1Lt3Qu	111,54 m ²
		Tipo 3: 1Cz/As1Sa3Bh2Te1Lt2Qu	102,02 m ²
Obra 7	1Te.1La.12Ti.1Ba.1Cm.1Vi	Tipo 1: 1Cz/As.1Sa.3Bh.1Te.3Qu	75,35 m ²
		Tipo 2: 1Cz/As.1Sa2Bh1Te2Qu	61,5 m ²
Obra 8	1Te.1La.30Ti.1Co.1Ba.1Cm.1Vi	1Cz/As.1Sa.1Lt.6Bh.1Te.3Qu	208,24 m ²
Obra 9	1Ss.1Te.1Ga.1La.19Ti.1Co.1Ba.1Cm.1V i	1Cz/As.1Sa.1Dp.1Lt.5Bh.2Te.3Qu	163,82 m ²
Obra 10	1Ss.1Te.1Ga.1La.22Ti.1Ba.1Cm.1Vi	1Cz/As.1Sa.1Lt.3Bh.1Te.3Qu	109,36 m ²
Obra 11	1Te.6Ti.1Ba.1Cm.1Vi	1Cz/As1Sa2Bh1Te3Qu	72,38 m ²
Obra 12	1Ss.1Te.2Ga.2La.22Ti.1Ba.1Cm.1Vi	1Cz/As1Sa6Bh3Te5Qu	179,08 m ²
Obra 13	2Ga.1La.26Ti.1Ba.1Cm.1Vi	1Cz/As1Sa5Bh2Te4Qu	131,78 m ²
Obra 14	4Ti.1Co	1Cz/As1Sa2Bh2Te3Qu	97,92 m ²
Obra 15	2Ga.1La.16Ti.1Ba.1Cm.1Vi	1Cz/As1Sa2Bh2Te2Qu	63,66 m ²
Obra 16	4Ti.1Ba.1Cm.1Vi	1Cz/As1Sa1Bh1Te2Qu	49,61 m ²
Obra 17	1Te.1La.30Ti.1Ba.1Cm.1Vi	1Cz/As1Sa1Dp1Lt5Bh4Te3Qu	232,64 a 236,15 m ²
Obra 18	7ti.1Ba.1Cm.1Vi	1Cz/As1Sa1Bh1Te2Qu	51,17 m ²
Obra 19	1Te.1La.14Ti.1Ba.1Cm.1Vi	Tipo 1: 1Cz/As1Sa3Bh1Te3Qu	89,12 m ²
		Tipo 2: 1Cz/As1Sa2Bh1Te2Qu	71,78 m ²
Obra 20	4Ti.1Ba.1Cm.1Vi	1Cz/As1Sa1Bh2Qu	41,38 m ²
Obra 21	1Ss.1Te.11Ti.1Ba.1Cm.1Vi	1Cz/As1Sa1Lt1Te2Bh3Qu	82,97 m ²

Ss: Subsolo; Te: Térreo; La: Lazer; Ti: Pavimento Tipo; Co: Cobertura; Ba: Barrilete; Cm: Casa de Máquinas; Vi: Visita; Cz: Cozinha; As: Área de Serviço; Sa: Sala; Bh: Banheiro; Te: Terraço; Lt: Laje técnica; Qu: Quarto.

4.2 CÁLCULO DAS ÁREAS PRIVATIVAS

A NBR 12.721 (2006) divide as áreas de uma edificação, classificadas em função do uso, em dois tipos: comum e privativo. A primeira é definida pela norma como: “Área coberta e descoberta situada nos diversos pavimentos da edificação e fora dos limites de uso privativo, que pode ser utilizada em comum por todos ou por parte dos titulares de direito das unidades autônomas”. Este tipo de área, não será utilizado nesta pesquisa, pois a quantidade não é determinada precisamente na fase de viabilidade do projeto.

Já a área privativa é descrita pela norma como: “Áreas cobertas ou descobertas que definem o conjunto de dependências e instalações de uma unidade autônoma, cuja utilização é privativa dos respectivos titulares de direito”. Esta, por sua vez é dividida em:

- a) Área privativa principal: Área da unidade autônoma de uso exclusivo, destinada à moradia, atividade ou uso principal da edificação, situada em determinado andar ou em dois ou mais andares interligados por acesso também privativo (NBR 12.721, 2006).
- b) Área privativa acessória: Área da unidade autônoma de uso exclusivo, situada fora dos limites físicos de sua área privativa principal, destinada a usos acessórios, tais como: depósitos, box de lavanderia, vagas de garagem (NBR 12.721, 2006).

Dentre estas áreas, foi como parâmetro para a análise desta pesquisa o somatório das áreas privativas principais de cada empreendimento. Esta escolha fundamenta-se na hipótese de que no início da fase de viabilidade não existem informações detalhadas do empreendimento, mas sim informações preliminares. Assim, a área privativa do apartamento, assim como o número de unidades são informações possíveis de serem delimitadas com uma acurácia significativa neste contexto.

A metodologia de cálculo da área privativa da unidade autônoma é indicada pela NBR 12.721 (2006): “Área da superfície limitada pela linha que contorna as dependências privativas, cobertas ou descobertas, da unidade autônoma, excluídas as áreas não edificadas, passando pelas projeções: das faces externas das paredes externas da edificação e das paredes que separam as dependências privativas da unidade autônoma, das dependências de uso comum; e dos eixos das paredes que separam as dependências privativas da unidade autônoma considerada, das dependências privativas de unidades autônomas contíguas”.

Este conceito é adotado por todas as empresas incorporadoras para a legalização do empreendimento junto aos órgãos competentes. Entretanto, nesta pesquisa, fez-se a análise não só utilizando este conceito de cálculo, mas também:

- a) Utilizando as considerações determinadas na NBR 12.721, excluindo-se as áreas de pilares;
- b) Utilizando-se a “área de vassoura”, a qual é calculada através da área exclusiva de piso da unidade privativa autônoma, ou seja, projeção de paredes, pilares e *shafts* não são contabilizados. Estas áreas foram denominadas de A1, A2 e A3 respectivamente.

4.3 DETERMINAÇÃO DOS SERVIÇOS A SEREM ANALISADOS

A construção de edifícios possibilita inúmeras combinações de tipos de serviços e de acabamentos, dificultando a aglomeração de tipos de obras semelhantes. O Apêndice A mostra dois fluxos distintos de serviços para obras de padrão popular que apresentam custos unitários distintos. Apesar disso, o cálculo do custo global através de métodos tradicionais não leva em consideração tais fatores.

A possibilidade de tais aspectos singulares de cada construção pode ser obtida através da utilização de modelos paramétricos propiciando a diferenciação de:

- a) Estruturas: de concreto armado, de paredes em concreto, de blocos estruturais ou cerâmicos;
- b) Fundações: em radier, sapata, estacas cravadas ou perfuradas;
- c) Fachadas: em cerâmicas, pastilhas ou pintadas, dentre outros.

Por isso, o critério utilizado neste trabalho para a determinação dos serviços não determina tipos de materiais ou especificações, mas sim as quantidades dos serviços (áreas, volumes, unidades e comprimentos), com exceção da estrutura - estrutura de concreto armado convencional (ver Tabela 8).

Tabela 8: Discriminação dos grupos e serviços analisados.

Grupos	Descrição dos serviços analisados
Estrutura	Fôrma para pilares, vigas e lajes
	Armação de ferragem para pilares, vigas e lajes
	Concretagem para pilares vigas e lajes
Paredes	Alvenaria de vedação
Revestimento de piso	Contra-piso, revestimento cerâmico, rejunte e pisos cimentados
Revestimento de teto	Forro de gesso, correção em gesso e pintura de teto
Revestimento de parede	Reboco, emboço, selador, massa corrida, pintura, revestimento cerâmico e rejunte
Portas	Portas em madeira
Esquadrias de alumínio e vidro	Portas, janelas e balancins de vidro
Bancadas	Bancadas
Louças e metais	Vasos, lavatórios, torneiras
Corrimão e guarda-corpos	Corrimão e guarda-corpos

Fonte: o autor.

As descrições destes serviços listados na Tabela 8 são referentes a tecnologias normalmente utilizadas em edificações de concreto armado convencional. Por exemplo, áreas secas (como salas e quartos) possuem suas paredes rebocadas, seladas, emassadas e pintadas. Não entram no escopo desta

pesquisa os serviços de instalações elétricas, hidro sanitárias e equipamentos. As restrições de projetos relativos a estes itens impossibilitaram a análise destes itens.

4.4 LEVANTAMENTO QUANTITATIVO

A etapa de levantamento de quantidades (ou quantitativos) demanda leitura de projeto, cálculos de áreas e volumes, consulta a tabelas de engenharia, tabulação de números, etc. A quantificação dos diversos materiais (ou levantamento de quantidades) de um determinado serviço deve ser feita com base em desenhos fornecidos pelos projetistas considerando-se as dimensões especificadas e suas características técnicas (MATTOS, 2007).

A fim de evitar erros e gerar um histórico das etapas de cálculo dos quantitativos, foram utilizadas tabelas usando a plataforma do programa Excel, da empresa Microsoft. A lógica destas é estipulada de acordo com o seu objetivo, ou seja, de acordo com os serviços determinados a serem calculados.

É importante que os critérios de medição sejam bem claros, pois existem algumas divergências entre os autores. Como exemplo, a TCPO (2003) – Tabela de Composições de Preços para Orçamentos – mostra, além de cada composição, vários itens referentes ao serviço:

- a) Conteúdo do serviço;
- b) Critério de medição;
- c) Procedimento executivo;
- d) Normas técnicas.

Neste segundo item, é determinado o modo que se irá fazer o levantamento do serviço, sendo apresentado nos serviços de vedações o seguinte critério: “Pela área, vãos com área inferior ou igual a 2m^2 devem ser considerados cheios... Vãos com área superior a 2m^2 , descontar apenas o que exceder essa área” (TCPO, 2003).

Segundo Mattos (2007), essa regra parte do pressuposto que a execução da alvenaria nas bordas da abertura demanda tempo com ajustes, arestamento, escoramento dos blocos, colocação de verga e contra-verga, e que esse tempo seria equivalente ao que o pedreiro levaria para preencher o vão se a parede fosse inteira. A regra não é perfeita porque faz uma compensação de homem-hora por material, mas ainda assim é uma prática muito difundida entre os orçamentistas.

Assim, os critérios de medição para levantamento quantitativo dos serviços adotados nesta pesquisa estão listados abaixo:

- a) Alvenaria e revestimentos de piso, parede e teto: apropriados por metro quadrado sendo descontados todos os vãos por completo;
- b) Esquadrias de madeira e vidro e Bancadas: apropriados por unidade e metro quadrado;
- c) Corrimão: apropriada por metro linear.
- d) Guarda-corpo: apropriado por metro quadrado.

4.5 DEFINIÇÃO DO MODELO

Após o cálculo das áreas privativas e do levantamento quantitativo dos serviços, foram feitas as análises de regressão (determinação do coeficiente de Pearson e de determinação ajustado) e a criação das equações de previsão paramétrica através da regressão linear simples. Definidas tais relações e parâmetros, o modelo paramétrico de cálculo do custo do pavimento tipo pôde ser executado. Neste, foi definido uma função de n variáveis na qual a variável dependente é o custo do pavimento tipo e as independentes serão os custos dos serviços, os quais dependem da quantidade de serviço (calculada nas equações anteriormente definidas) e do custo unitário de cada serviço. A expressão abaixo demonstra o acima exposto:

$$f(\text{Área}) = Q_{\text{serviço } 01} \cdot C_{\text{serviço } 01} + Q_{\text{serviço } 02} \cdot C_{\text{serviço } 02} + \dots + Q_{\text{serviço } n} \cdot C_{\text{serviço } n} \quad (7)$$

Onde:

Q_n : Quantidade do serviço n calculada pelas equações paramétricas;

C_n : Custo unitário do serviço n .

Deve-se frisar dois aspectos metodológicos importantes:

- a) Os custos unitários podem variar de acordo com cada empresa. Assim, foram utilizados os pertencentes ao mês de janeiro/2013 da base SINAPI. Com tal consideração, o modelo poderá ser adaptado a diferentes empresas e incorporando no cálculo tais aspectos, pois isola o fator custo unitário na função.
- b) A variável independente já foi estipulada no início desta pesquisa como sendo a área privativa principal total. Para as análises de regressões utilizaram-se A1, A2 e A3, a fim de verificar através de quais delas obtém-se melhores resultados. Para o modelo final de previsão de custo, utilizou-se a A1, devido à familiaridade dos profissionais com tal critério.

5. RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO MÉTODO

5.1 ÁREAS PRIVATIVAS

Em uma análise de regressão simples, os direcionadores de custos se configuram como variável independente na função. Este deve ser baseado nas características do edifício que podem ser estipuladas ainda na fase de viabilidade do empreendimento. Pressupõe-se que nesta fase, as características passíveis de determinação englobam: número de pavimentos, área privativa dos apartamentos, tipologia do edifício e programa dos apartamentos. Destas informações é possível extrair informações como as áreas privativas principais totais do empreendimento. Abaixo foram calculadas as áreas privativas de cada empreendimento (ver Tabela 9):

Tabela 9: Áreas privativas principais totais dos empreendimentos.

Obras	A1 área privativa principal (m ²)	A2 privativa principal sem área de pilar (m ²)	A3 área privativa principal de vassoura (m ²)
Obra 01	4644	4564	4070
Obra 02	3755,4	3709,64	3342,68
Obra 03	5894,4	5834,88	5066,4
Obra 04	7102,48	7003,04	6215,44
Obra 05	6044,5	5959,14	5482,4
Obra 06	4613,68	4520,44	3894,03
Obra 07	15278,4	15078,24	13645,44
Obra 08	6247,2	6119,1	5511,6
Obra 09	6225,16	6125,98	5574,22
Obra 10	4811,84	4745,84	4317,72
Obra 11	5211,36	5136,48	4640,4
Obra 12	7879,52	7800,32	7189,16
Obra 13	13705,12	13414,96	11505,52
Obra 14	4700,16	4626,12	4316,64
Obra 15	8148,48	8020,12	7170,56
Obra 16	1190,64	1171,88	1067,76
Obra 17	5772,63	5587,23	5219,58
Obra 18	5731,04	5640,76	5094,88
Obra 19	45052	44444,4	39883,2
Obra 20	1986,24	1954,95	1698,24
Obra 21	14602,72	14460,16	12724,8

Fonte: o autor.

Em média, a redução da área privativa principal (A1) quando desconsideradas as áreas de projeção dos pilares é de apenas 1,58%; no total esta segunda área representa somente 98,42% da primeira. Já a área de vassoura (A3) apresenta em média uma redução de 11,61% em relação à área privativa

principal, representando 88,39% da mesma. Esta diferença percentual entre as áreas influencia diretamente na análise de correlação. Neste sentido, é possível encontrar resultados semelhantes entre A1 e A2 devido à diferença entre elas ser baixa. Entretanto, na análise entre A1 e A3, a diferença encontrada pode influenciar nos resultados de correlação.

5.2 ANÁLISES E RELAÇÕES PARAMÉTRICAS DOS SERVIÇOS

A partir das variáveis independentes determinadas, cada serviço (variáveis dependentes) foi analisado de forma a extrair a equação que representa a quantidade do mesmo em função da variável independente. Em alguns casos, buscou-se melhorar o resultado da análise utilizando parâmetros diferentes, por exemplo: ao se analisar somente a relação da quantidade de portas de madeira com medidas de 0,60 de largura, observou-se que em comparação ao número total de portas, houve uma menor correlação. Os resultados obtidos a partir do processo do levantamento quantitativo dos serviços e das áreas privativas A1 dos empreendimentos estão detalhados no Apêndice B – equações paramétricas de previsão de quantitativo dos serviços. A análise de regressão está discriminada abaixo.

SERVIÇO 01: ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO

O serviço de estrutura de concreto armado é composto de três serviços: confecção e montagem de fôrma; armação de ferragem; e lançamento e adensamento de concreto. Neste sentido a análise foi feita nestes serviços separadamente, utilizando-se de apenas 6 amostra, ao invés de 21. Tal fato ocorreu devido a diferenças tecnológicas estruturais entre as obras.

No serviço de confecção e montagem de fôrmas, obteve-se um coeficiente de determinação ajustado de 77,82% ao se relacionar A2 própria área de fôrma (ver Tabela 10). Quando relacionada com A3, obteve-se 73,20%, sendo esta a relação com menor poder explicativo entre as variáveis estudadas.

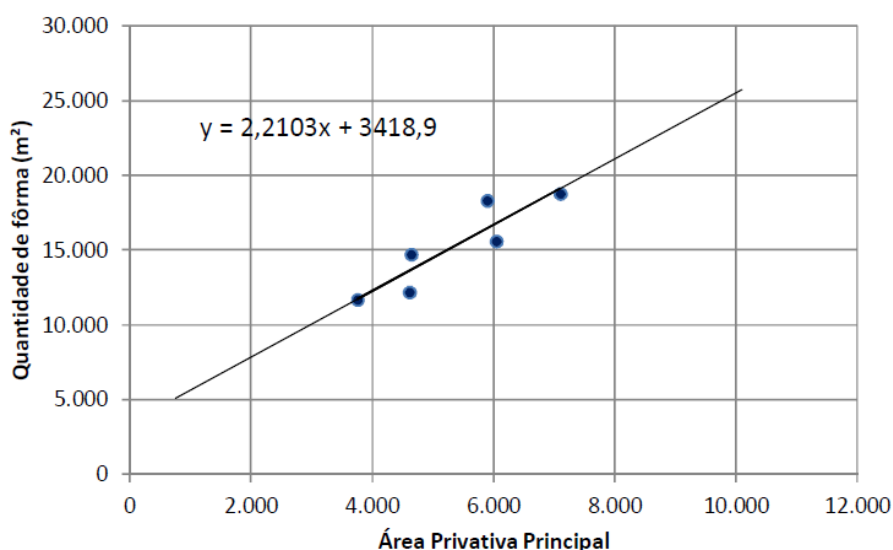
Tabela 10: Resultados da análise de regressão entre as áreas privativas principais e a quantidade de fôrma (m²).

Resumos dos resultados	A1	A2	A3
<i>Estatística de regressão</i>			
R múltiplo	0,9032	0,9069	0,8863
R-Quadrado	0,8157	0,8225	0,7856
R-quadrado ajustado	0,7696	0,7782	0,732
Erro padrão	1432,168	1405,3477	1544,7507
Observações	6	6	6

Fonte: o autor.

Na Figura 9 está a representação gráfica da função que representa a relação no diagrama de dispersão.

Figura 9: Representação gráfica da regressão entre A1 e a quantidade de fôrma (m²).



Fonte: o autor.

Devido à quantidade reduzida de amostras, a análise de regressão entre as áreas privativas e a quantidade de aço não apresentaram resultados possíveis de serem adotados no modelo. O coeficiente de determinação ajustado indicou que a variação da variável independente não explica a variação na quantidade de aço (ver Tabela 11).

Tabela 11: Resultados da análise de regressão entre as áreas privativas principais e a quantidade de aço (kg).

Resumos dos resultados	A1	A2	A3
<i>Estatística de regressão</i>			
R múltiplo	-0,1447	-0,1404	-0,0539
R-Quadrado	0,0209	0,0197	0,0029
R-quadrado ajustado	-0,2238	-0,2253	-0,2464
Erro padrão	20442,9549	20455,5125	20630,2105
Observações	6	6	6

Fonte: o autor.

Além disso, o coeficiente de Pearson se mostrou negativo e próximo de zero (-0,1447 a 0,0539), o que mostra não só uma correlação muito fraca entre as variáveis, mas também que a função é decrescente (o que significaria que, quanto maior a área, menos quilogramas de aço terá a obra).

Para a quantificação deste serviço será utilizada uma taxa que estima a quantidade de quilogramas de aço em função da quantidade de metros cúbicos de concreto – 90kg/m³. Apesar do resultado, vários outros trabalhos encontraram correlações fortes entre variáveis que relacionam a área construída com

o serviço tratado, demonstrando que a razão de tal resultado negativo é consequência do número reduzido de amostras.

O serviço de execução do concreto da estrutura apresentou correlação média entre as variáveis. Utilizando-se de A1 para análise, o coeficiente de Pearson resultou em 0,3641, o melhor resultado entre as áreas pesquisadas (ver Tabela 12). Entretanto a diferença de resultados não se mostrou significativa, sendo a maior discrepância entre A1 e A2, cerca de 0,125.

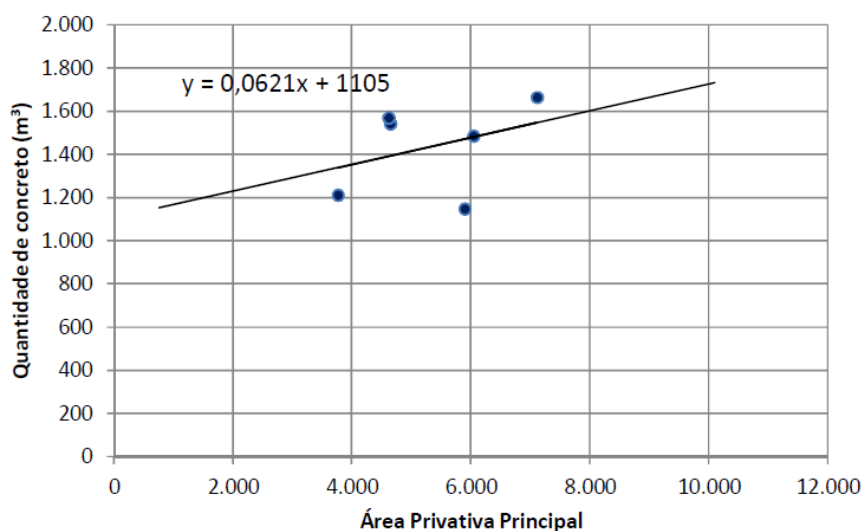
Tabela 12: Resultados da análise de regressão entre as áreas privativas principais e a quantidade de concreto (m³).

Resumos dos resultados	A1	A2	A3
<i>Estadística de regressão</i>			
R múltiplo	0,3641	0,3516	0,3611
R-Quadrado	0,1326	0,1237	0,1304
R-quadrado ajustado	-0,0843	-0,0954	-0,087
Erro padrão	216,4687	217,5783	216,7392
Observações	6	6	6

Fonte: o autor.

A demonstração gráfica do resultado da regressão está mostrada na Figura 10, no qual é representado o diagrama de dispersão, a reta e a equação que melhor representa a função que estima a quantidade de metros cúbicos de concreto a partir da área principal privativa – A1.

Figura 10: Representação gráfica da regressão entre A1 e a quantidade de concreto (m³).



Fonte: o autor.

SERVIÇO 02: ALVENARIA DE VEDAÇÃO

O serviço de alvenaria de vedação foi medido nos projetos desconsiderando os vãos de portas, janelas ou aberturas, sendo contabilizadas apenas as áreas de parede. Como resultado (ver Tabela 13), a diferença entre as regressões lineares entre as três áreas estudadas e a quantidade do serviço não se mostrou significativa, variando o coeficiente de determinação ajustado de 97,11% a 97,4%. Nesta análise, percebeu-se que as três áreas possuem uma alta capacidade de explicação da variação na quantidade de alvenaria, podendo ser utilizada adequadamente para a previsão deste quantitativo.

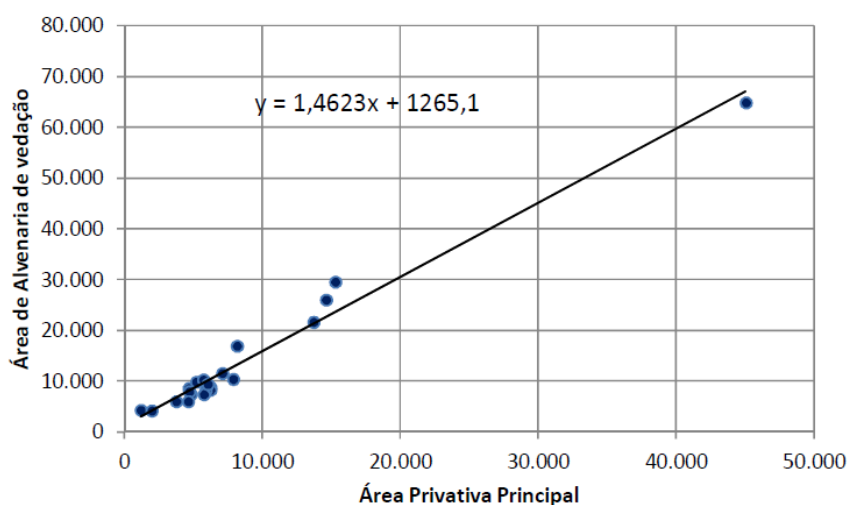
Tabela 13: Resultados da análise de regressão entre as áreas privativas principais e a quantidade de alvenaria (m²).

Resumos dos resultados	A1	A2	A3
<i>Estadística de regressão</i>			
R múltiplo	0,9868	0,9869	0,9862
R-Quadrado	0,9737	0,974	0,9726
R-quadrado ajustado	0,9723	0,9726	0,9711
Erro padrão	2.255,41	2.242,41	2.303,43
Observações	21	21	21

Fonte: o autor.

A equação obtida através da regressão está discriminada abaixo, juntamente com o diagrama de dispersão (ver Figura 11).

Figura 11: Representação gráfica da regressão entre A1 e a quantidade de alvenaria (m²).



Fonte: o autor.

SERVIÇO 03: CONTRA-PISO, REVESTIMENTO CERÂMICO E REJUNTE DE PISO

O serviço de contra-piso é executado em todo o pavimento, com exceção da área de escada, ambiente normalmente tratado com o piso cimentado (serviço similar ao primeiro). Após a regularização da laje através desse serviço, toda a área é comumente revestida com cerâmica (seja ela de padrão alto, como porcelanato, ou com cerâmica comum). Após este serviço, nas juntas entre as peças é executado o rejuntamento, o qual tem a quantidade aferida pela mesma área que primeiro serviço citado.

Por isso, a análise de regressão possui o mesmo resultado para estes três serviços, sendo estes demonstrados na Tabela 14. A variação da área de vassoura um mostrou maior poder de explicação da variação da área de revestimento cerâmico de piso, 99,89%. Apesar disso, assim como na regressão feita para a previsão da quantidade de serviço de alvenaria, a diferença entre os coeficientes de determinação das três áreas não se mostra significativa, chegando somente a 0,09%.

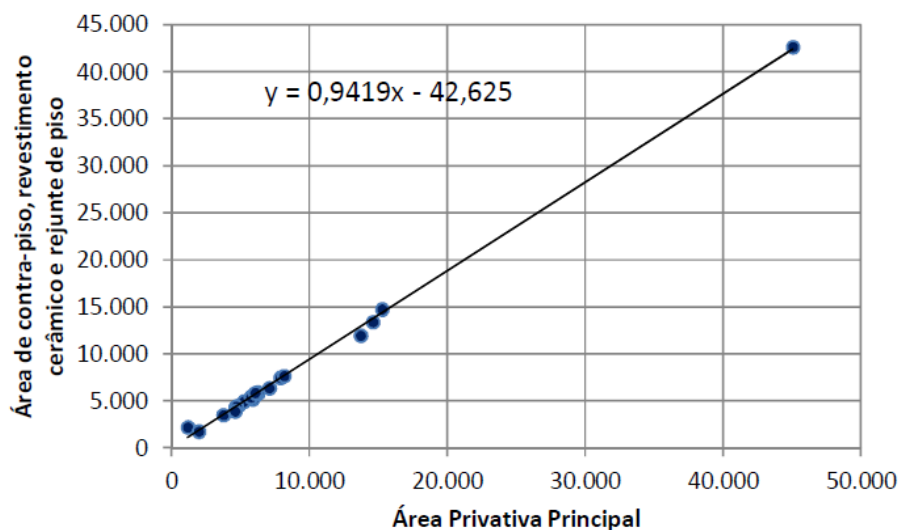
Tabela 14: Resultados da análise de regressão entre as áreas privativas principais e a quantidade de contra-piso, revestimento cerâmico e rejunte de piso (m²).

Resumos dos resultados	A1	A2	A3
<i>Estatística de regressão</i>			
R múltiplo	0,999	0,9991	0,9995
R-Quadrado	0,9981	0,9982	0,999
R-quadrado ajustado	0,998	0,9981	0,9989
Erro padrão	385,66	376,50	284,86
Observações	21	21	21

Fonte: o autor.

O diagrama de dispersão que representa graficamente a equação de previsão de quantidade de serviço cerâmico em função da área privativa principal está apresentado na Figura 12.

Figura 12: Representação gráfica da regressão entre A1 e a quantidade de contra-piso, revestimento cerâmico e rejunte de piso (m²).



Fonte: o autor.

SERVIÇO 04: PISO CIMENTADO

A execução do piso cimentado é utilizada em áreas de garagens e escadas a fim de regularizar as imperfeições da laje e dos degraus. A área na qual este serviço é aplicado possui uma boa correlação com a área privativa principal, cerca de 53,49% (ver Tabela 15). As áreas A2 e A3 apresentaram resultados inferiores ao da A1, entretanto com uma diferença insignificante, 0,18%, podendo também ser utilizada para uma extrapolação.

Tabela 15: Resultados da análise de regressão entre as áreas privativas principais e a quantidade de piso cimentado (m²).

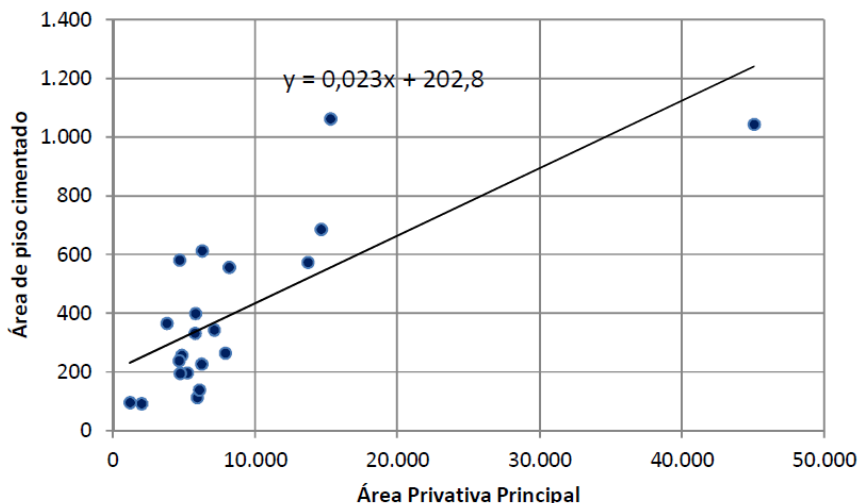
Resumos dos resultados	A1	A2	A3
<i>Estatística de regressão</i>			
R múltiplo	0,7471	0,7467	0,7459
R-Quadrado	0,5582	0,5576	0,5564
R-quadrado ajustado	0,5349	0,5343	0,5331
Erro padrão	192,38	192,51	192,76
Observações	21	21	21

Fonte: o autor.

Na medida em que o aumento na área privativa não significa necessariamente um aumento na área de escada, o resultado, apesar de bom, não tem o poder explicativo tão alto quanto aos serviços de revestimento cerâmico e alvenaria. É possível se ter áreas semelhantes de piso da escada para um

pavimento tipo com 4 e 6 pavimentos com a mesma área privativa, por exemplo. Para a extrapolação dos dados, usa-se a equação demonstrada na Figura 13.

Figura 13: Representação gráfica da regressão entre A1 e a quantidade de piso cimentado (m²).



Fonte: o autor.

SERVIÇO 05: REBOCO INTERNO

O serviço de aplicação de reboco nas paredes, quando utilizada alvenaria de vedação, localiza-se nas paredes de áreas secas, tais como, salas, circulação, quartos, hall e escada. A correlação deste serviço com as áreas A1, A2 ou A3 apresentasse fortíssima, sendo a segunda a que melhor explica a variação deste (ver Tabela 16). O coeficiente de determinação ajustado entre a A2 e a quantidade deste serviço é de 98,70%. Apesar dos resultados distintos com as áreas analisadas, observa-se uma diferença de apenas 0,05% nos coeficientes de determinação calculados.

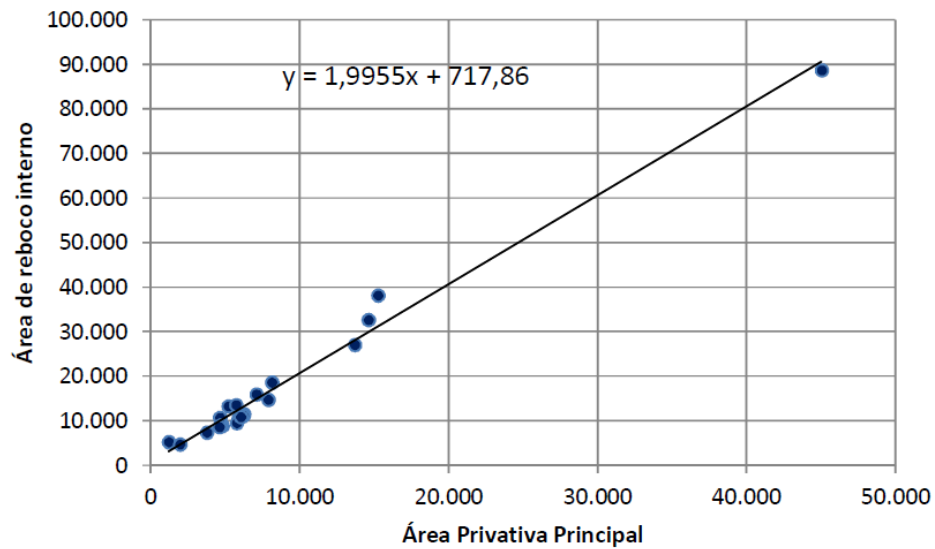
Tabela 16: Resultados da análise de regressão entre as áreas privativas principais e a quantidade de reboco interno (m²).

Resumos dos resultados	A1	A2	A3
<i>Estatística de regressão</i>			
R múltiplo	0,9937	0,9938	0,9936
R-Quadrado	0,9874	0,9876	0,9871
R-quadrado ajustado	0,9868	0,987	0,9865
Erro padrão	3.075,89	3.047,33	3.108,41
Observações	21	21	21

Fonte: o autor.

O diagrama de dispersão e a equação que representa a função entre a área de reboco e a área privativa principal estão apresentados na Figura 14.

Figura 14: Representação gráfica da regressão entre A1 e a quantidade de reboco interno (m²).



Fonte: o autor.

SERVIÇO 06: EMBOÇO, REVESTIMENTO CERÂMICO E REJUNTE DE PAREDES INTERNAS

Assim como no contra-piso, os serviços que seguem após a regularização da parede com argamassa, necessariamente são o revestimento cerâmico e o rejunte. Então o resultado do cálculo do coeficiente de determinação para este serviço é o mesmo para os três serviços.

Para A1, A2 e A3 a análise de regressão apresentou o mesmo resultado (ver Tabela 17). Estas áreas tem uma capacidade explicativa de 98,53% para a previsão do serviço de emboço, cerâmica e rejunte, mostrando uma relação forte entre estas variáveis.

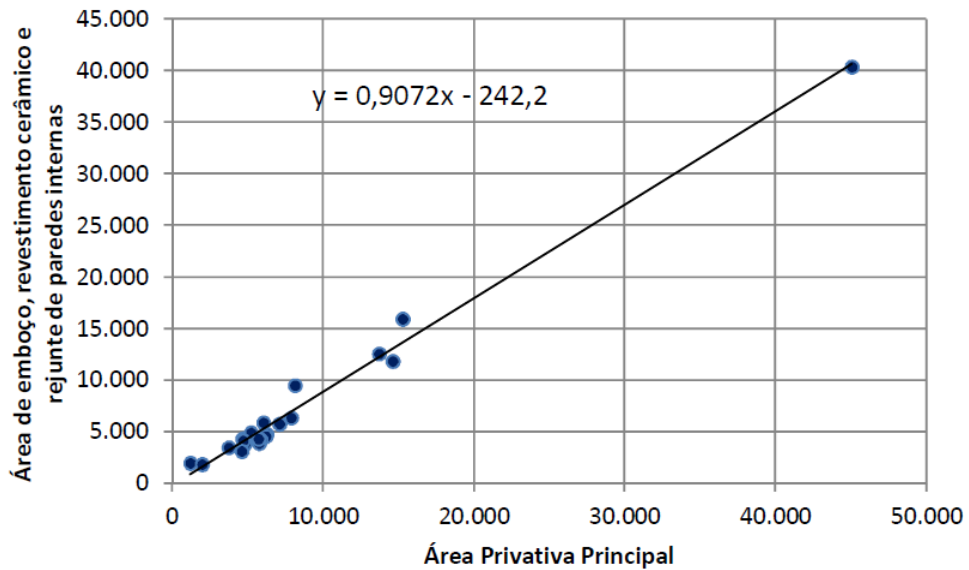
Tabela 17: Resultados da análise de regressão entre as áreas privativas principais e a quantidade de emboço, revestimento cerâmico e rejunte de paredes internas (m²).

Resumos dos resultados	A1	A2	A3
<i>Estatística de regressão</i>			
R múltiplo	0,993	0,993	0,993
R-Quadrado	0,9861	0,9861	0,9861
R-quadrado ajustado	0,9853	0,9853	0,9853
Erro padrão	1.012,81	1.012,31	1.011,87
Observações	21	21	21

Fonte: o autor.

A equação que relaciona a quantidade destes serviços com a área privativa principal total está apresentada na Figura 15.

Figura 15: Representação gráfica da regressão entre A1 e a quantidade de emboço, revestimento cerâmico e rejunte de paredes internas (m²).



Fonte: o autor.

SERVIÇO 07: TEXTURA DE PAREDE DAS ESCADAS

Assim como no piso da área de escada, a área privativa principal não possui um alto poder explicativo da área de revestimento de parede das escadas. Na análise de regressão, o coeficiente de determinação ajustado, quando relacionada à área privativa principal de vassoura (A3) com a quantidade do serviço em questão, é de 46,22%, mostrando-se como a relação mais forte (ver Tabela 18). A diferença não se apresenta significativa, cerca de 0,13%.

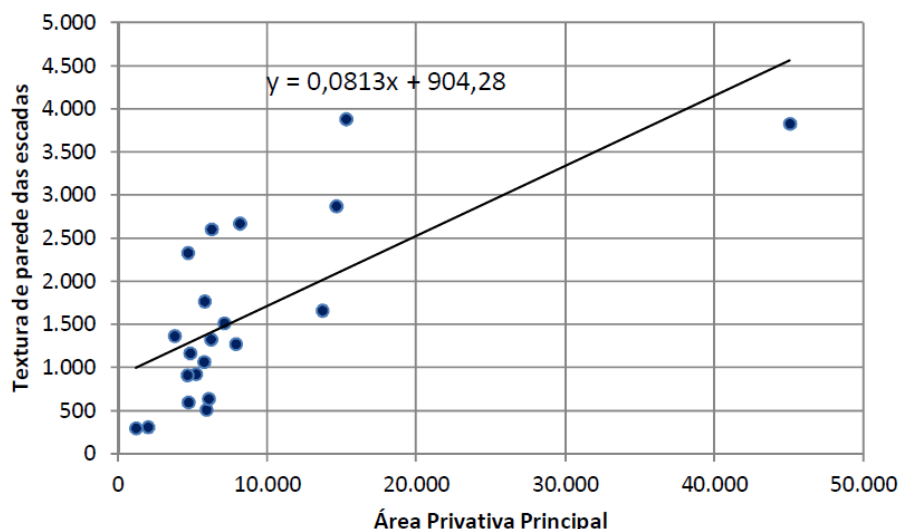
Tabela 18: Resultados da análise de regressão entre as áreas privativas principais e a quantidade de textura de parede das escadas (m²).

Resumos dos resultados	A1	A2	A3
<i>Estatística de regressão</i>			
R múltiplo	0,6986	0,6985	0,6993
R-Quadrado	0,4881	0,4879	0,4891
R-quadrado ajustado	0,4612	0,4609	0,4622
Erro padrão	781,37	781,55	780,62
Observações	21	21	21

Fonte: o autor.

O diagrama de dispersão da relação entre a área privativa principal (A1) e a quantidade de revestimento de parede da escada está apresentado na Figura 16:

Figura 16: Representação gráfica da regressão entre A1 e a quantidade de textura de parede das escadas (m²).



Fonte: o autor.

SERVIÇO 08: SELADOR, MASSA CORRIDA E PINTURA DE PAREDES INTERNAS

Nas paredes internas rebocadas (com exceção da parede de escadas) são, posteriormente, aplicados selador, massa corrida e a pintura (1ª e 2ª demãos). Por isso, os resultados da análise de regressão não idênticos para estes serviços. O coeficiente de determinação ajustado para A2 é o que mais explica a variação na área destes serviços, 95,65% (ver Tabela 19). Entretanto, assim como em alguns outros serviços já apresentados, a variação deste coeficiente, quando calculados pelas áreas A1 e A3, é insignificante, cerca de 0,05%.

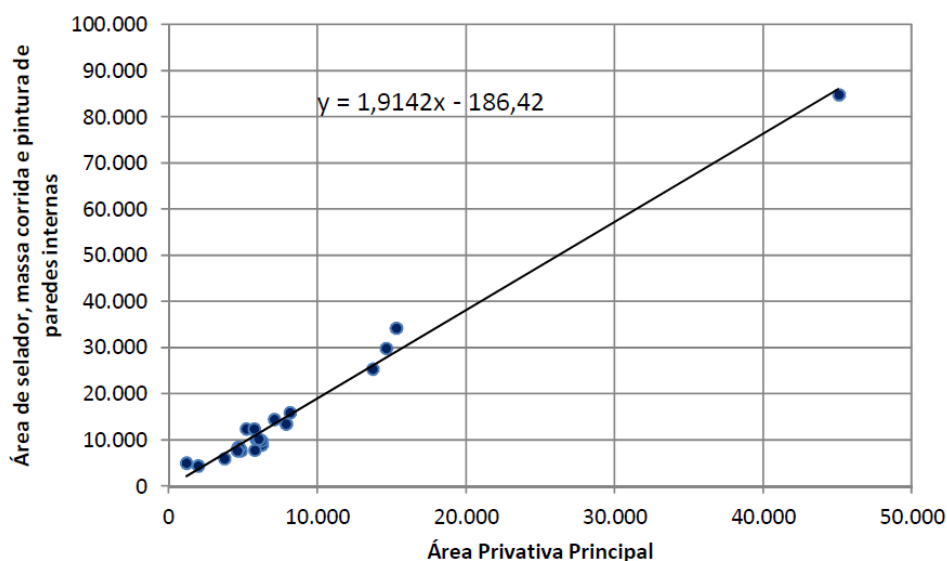
Tabela 19: Resultados da análise de regressão entre as áreas privativas principais e a quantidade de selador, massa corrida e pintura de paredes internas (m²).

Resumos dos resultados	A1	A2	A3
<i>Estadística de regressão</i>			
R múltiplo	0,9934	0,9935	0,9931
R-Quadrado	0,9868	0,9871	0,9863
R-quadrado ajustado	0,9861	0,9865	0,9855
Erro padrão	2.081,00	2.051,95	2.120,05
Observações	21	21	21

Fonte: o autor.

Graficamente, analisa-se a regressão através da Figura 17, no qual se apresenta também a equação de regressão entre a área privativa principal e a área do serviço de selador, massa corrida e pintura de paredes internas.

Figura 17: Representação gráfica da regressão entre A1 e a quantidade de selador, massa corrida e pintura de paredes internas (m²).



Fonte: o autor.

SERVIÇO 09: CORREÇÃO DE GESSO NO TETO

Em geral, nos tetos das áreas secas dos apartamentos é aplicada uma correção de massa de gesso, pois não há necessidade de esconder a tubulação de ramais hidro sanitários. Para este serviço, encontrou-se um coeficiente de determinação ajustados alto de 98,83% quando feita a regressão com A3, sendo está a variação de área que melhor explica a previsão de aplicação de correção de gesso no teto; para A1 encontrou-se 98,76%; e para A2, 98,81% (ver Tabela 20). A diferença de resultados mostrou-se insignificante, cerca de até 0,07%.

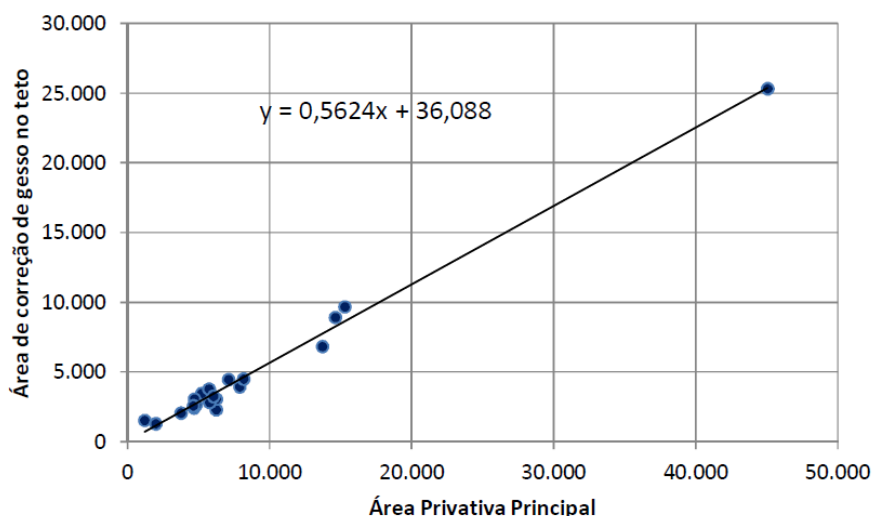
Tabela 20: Resultados da análise de regressão entre as áreas privativas principais e a quantidade de correção de gesso no teto (m²).

Resumos dos resultados	A1	A2	A3
<i>Estatística de regressão</i>			
R múltiplo	0,9941	0,9943	0,9944
R-Quadrado	0,9883	0,9887	0,9889
R-quadrado ajustado	0,9876	0,9881	0,9883
Erro padrão	575,44	564,25	559,60
Observações	21	21	21

Fonte: o autor.

A análise gráfica da regressão entre a área principal privativa e o serviço em questão encontra-se no Figura 18.

Figura 18: Representação gráfica da regressão entre A1 e a quantidade de correção de gesso no teto (m²).



Fonte: o autor.

SERVIÇO 10: FORRO DE GESSO EM PLACAS

Nas áreas molhadas dos apartamentos, necessariamente as tubulações de ramais hidro sanitários devem ser escondidas, necessitando para isso do revestimento de gesso em placa ou acartonado. A variação deste serviço é mais bem explicada pela variação da área privativa principal de vassoura, sendo o coeficiente de determinação ajustado de 97,85%, o que mostra este alto poder de explicação. Na análise de regressão utilizando-se as outras áreas foram encontrados os seguintes resultados para este coeficiente (ver Tabela 21):

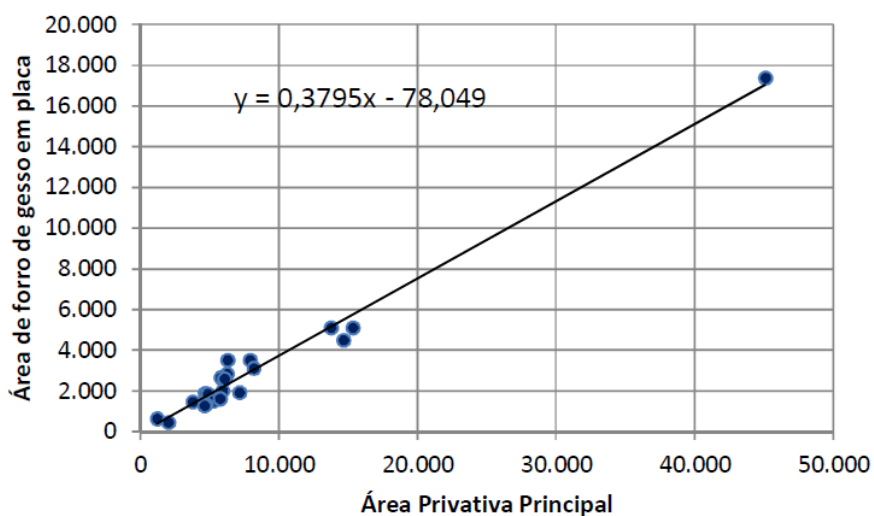
Tabela 21: Resultados da análise de regressão entre as áreas privativas principais e a quantidade de forro de gesso em placa (m²).

Resumos dos resultados	A1	A2	A3
<i>Estatística de regressão</i>			
R múltiplo	0,9891	0,9889	0,9897
R-Quadrado	0,9784	0,978	0,9796
R-quadrado ajustado	0,9773	0,9768	0,9785
Erro padrão	529,13	534,61	514,60
Observações	21	21	21

Fonte: o autor.

O diagrama de dispersão entre A1 e a área de aplicação de forro de gesso no teto, assim como a equação que representa a função entre tais variáveis, está apresentado na Figura 19.

Figura 19: Representação gráfica da regressão entre A1 e a quantidade de forro de gesso em placa (m²).



Fonte: o autor.

SERVIÇO 11: PINTURA DO TETO

O serviço de pintura do teto ocorre tanto nas áreas de secas quanto molhadas, ou seja, nas áreas de correção em gesso e nas áreas de forro em placa. O coeficiente de determinação ajustado calculado entre A1 e área de pintura de teto foi o maior, cerca de 99,89%, mostrando o maior poder de explicação em relação a A1 e A2 (ver Tabela 22). Apesar disso, a diferença de resultados mostrou-se insignificante (somente 0,09%).

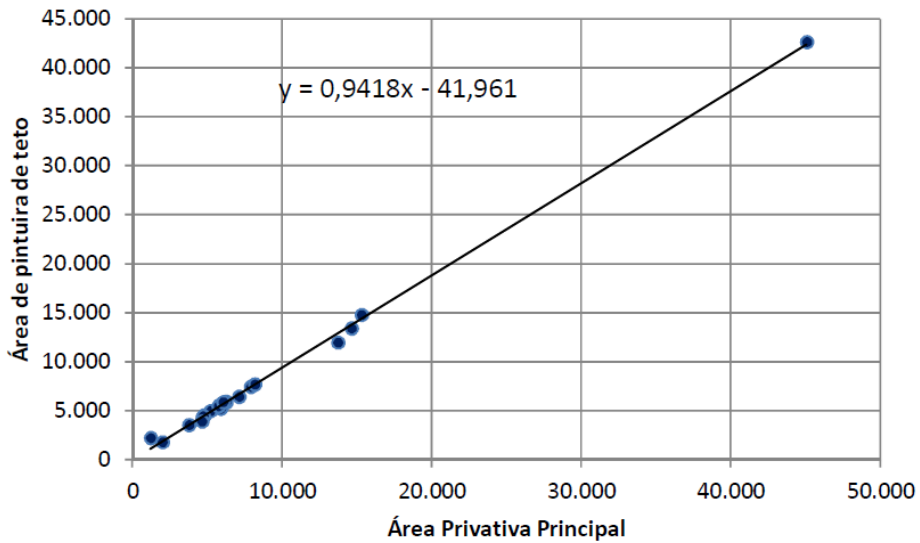
Tabela 22: Resultados da análise de regressão entre as áreas privativas principais e a quantidade de pintura no teto (m²).

Resumos dos resultados	A1	A2	A3
<i>Estatística de regressão</i>			
R múltiplo	0,999	0,9991	0,9995
R-Quadrado	0,9981	0,9982	0,999
R-quadrado ajustado	0,998	0,9981	0,9989
Erro padrão	385,78	376,76	284,75
Observações	21	21	21

Fonte: o autor.

A análise gráfica da regressão está apresentada abaixo (ver Figura 20). Neste são apresentadas a equação e a representação gráfica da reta de regressão:

Figura 20: Representação gráfica da regressão entre A1 e a quantidade de pintura no teto (m²).



Fonte: o autor.

SERVIÇO 12: REVESTIMENTO DE FACHADA

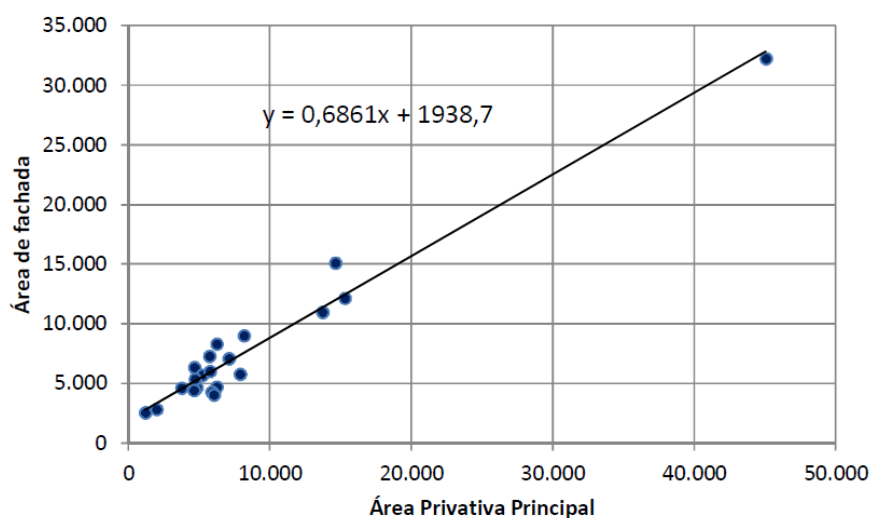
O tratamento de vedação das paredes externas de uma edificação varia de acordo com a região e padrão da edificação. Fachadas que possuem como acabamento final uma pintura, normalmente são aquelas aplicadas em edifícios de padrões populares devido ao seu custo inferior em relação às fachadas revestidas com pastilhas ou cerâmicas. A análise de regressão adotada nesta pesquisa foi realizada entre a área de fachada (descontados os vãos) e as áreas privativas em estudo. O melhor coeficiente de determinação ajustado encontrado é relacionado às áreas A1 e A2, cerca de 95,73%, mostrando um alto poder de explicação da variável área de fachada através destas variáveis (ver Tabela 23).

Tabela 23: Resultados da análise de regressão entre as áreas privativas principais e a quantidade de revestimento de fachada (m²).

Resumos dos resultados	A1	A2	A3
<i>Estadística de regressão</i>			
R múltiplo	0,9795	0,9795	0,9785
R-Quadrado	0,9594	0,9594	0,9574
R-quadrado ajustado	0,9573	0,9573	0,9551
Erro padrão	1.324,68	1.324,50	1.357,61
Observações	21	21	21

Fonte: o autor.

A análise gráfica da regressão é demonstrada na Figura 21.

Figura 21: Representação gráfica da regressão entre A1 e a quantidade de revestimento de fachada (m²).

Fonte: o autor.

SERVIÇO 13: INSTALAÇÃO DE BANCADAS E LAVATÓRIOS

Conceitualmente, edificações de padrão popular possuem instaladas em seus banheiros e lavabos os lavatórios devido ao seu custo ser mais barato; já em padrões de classe média e alta, são instaladas bancadas. Quando analisadas amostras de diversos padrões, esta diferença conceitual causa distorções nos resultados, pois pode haver edificações com áreas privativas semelhantes com somente lavatórios ou somente bancadas.

Para orçar o serviço de instalação de bancadas existem dois modelos usuais de medir a quantidades: fazendo a medição por metro quadrado ou por unidade instalada. Para medir a quantidade de lavatórios, a unidade utilizada necessariamente número de unidades. Na medida em que se pode encontrar uma correlação melhor utilizando o metro quadrado de bancadas, as análises de lavatórios precisam ser necessariamente separadas, devido a esta diferença de unidade de medição de serviço.

Para evitar a distorção na análise de regressão devido a padrões de edificação e diferença de unidades de medição, a unidade de medição utilizada foi a unidade, seja ela de bancadas ou lavatórios (de banheiros, sacadas e lavabos), conforme Tabela 24. Nesta, o coeficiente de determinação ajustado utilizando A1 possui o maior poder de explicação, cerca de 96,97%. Assim como nos outros serviços, a diferença da análise quando feita com as outras áreas mostra-se insignificante, sendo a maior 0,08%.

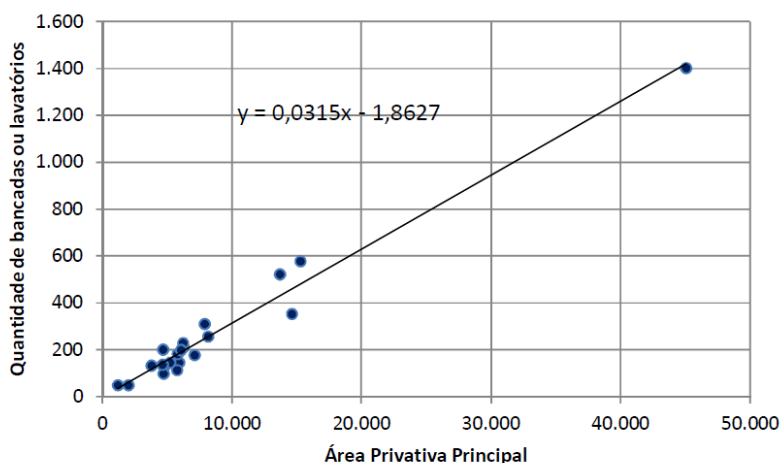
Tabela 24: Resultados da análise de regressão entre as áreas privativas principais e a quantidade de lavatórios e bancadas de banheiro (und).

Resumos dos resultados	A1	A2	A3
<i>Estatística de regressão</i>			
R múltiplo	0,9855	0,9853	0,9851
R-Quadrado	0,9713	0,9707	0,9705
R-quadrado ajustado	0,9698	0,9692	0,9689
Erro padrão	50,93	51,40	51,62
Observações	21	21	21

Fonte: o autor.

O resultado gráfico da análise de regressão feita entre a área privativa principal e a quantidade de unidades de bancadas e lavatórios de banheiros, sacadas e lavabos é apresentado na Figura 22.

Figura 22: Representação gráfica da regressão entre A1 e a quantidade de bancadas de banheiros e lavatórios (und).



Fonte: o autor.

Como o padrão dos apartamentos é determinado na fase de viabilidade, a opção de utilizar bancadas ou lavatórios pode ser determinada ainda sem projeto. Este tipo de hipóteses incorporado ao modelo proposto neste estudo, possibilita uma maior acurácia no custo, pois leva em consideração diferenças pertinentes no custo final da obra.

Quanto ao tamanho das bancadas, estas variam de 0,24 a 1,06m², dependendo do padrão do apartamento. Sua média de tamanho é de 0,55m² com um desvio padrão de 0,18m², ou seja, se 68% das amostras variam em um intervalo de 0,73 e 0,37m² (ver Tabela 25).

Tabela 25: Análise de variação do tamanho de bancadas de banheiros e lavabos (m²).

Média	Desvio Padrão	Coefficiente de variação	Número de amostras
0,55	0,18	0,32	74,00

Fonte: o autor.

Para as bancadas de cozinha, o material de confecção varia de acordo com o padrão do apartamento (metal inoxidável ou granito). Assim a análise delas foi feita separada das bancadas e lavatórios de banheiro, lavabos e sacada. Em relação à unidade de medição, foi feita a análise em metro quadrado e unidade.

Na análise de regressão da quantidade de bancadas obteve-se um coeficiente de determinação ajustado de 93,52% utilizando-se a A3, 93,38% para A2 e 93,29% para A1 (ver Tabela 26). A maior diferença ocorreu encontrada foi de 0,23% entre o primeiro e o terceiro coeficientes apresentados.

Tabela 26: Resultados da análise de regressão entre as áreas privativas principais e a quantidade de bancadas de cozinha (und).

Resumos dos resultados	A1	A2	A3
<i>Estadística de regressão</i>			
R múltiplo	0,9676	0,9681	0,9688
R-Quadrado	0,9363	0,9371	0,9385
R-quadrado ajustado	0,933	0,9338	0,9352
Erro padrão	30,26	30,06	29,73
Observações	21	21	21

Fonte: o autor.

Na análise de regressão com a medição das bancadas em metro quadrado, obteve-se um coeficiente de determinação ajustado de 95,58% para A1 e A2 e 95,56% para A3 (ver Tabela 27).

Tabela 27: Resultados da análise de regressão entre as áreas privativas principais e a quantidade de bancadas de cozinha (m²).

Resumos dos resultados	A1	A2	A3
<i>Estadística de regressão</i>			
R múltiplo	0,9801	0,9801	0,9787
R-Quadrado	0,9607	0,9607	0,9578
R-quadrado ajustado	0,9586	0,9586	0,9556
Erro padrão	17,27	17,27	17,90
Observações	21	21	21

Fonte: o autor.

A diferença entre os coeficientes de determinação quando feita a análise por número ou metro quadrado de bancadas de cozinha e as áreas privativas não se mostram suficientemente discrepantes para a exclusão de uma delas em favor da outra na análise.

Para a utilização do método de regressão adotando a quantidade de unidades de bancadas, deve-se ainda determinar o tamanho delas. Neste sentido, a média de área de cada bancada é de 0,91m², sendo seu desvio padrão 0,28m² e 30,78% o coeficiente de variação, ou seja, o intervalo de 1,19 a 0,63 engloba ou atinge 68% das amostras (ver Tabela 28).

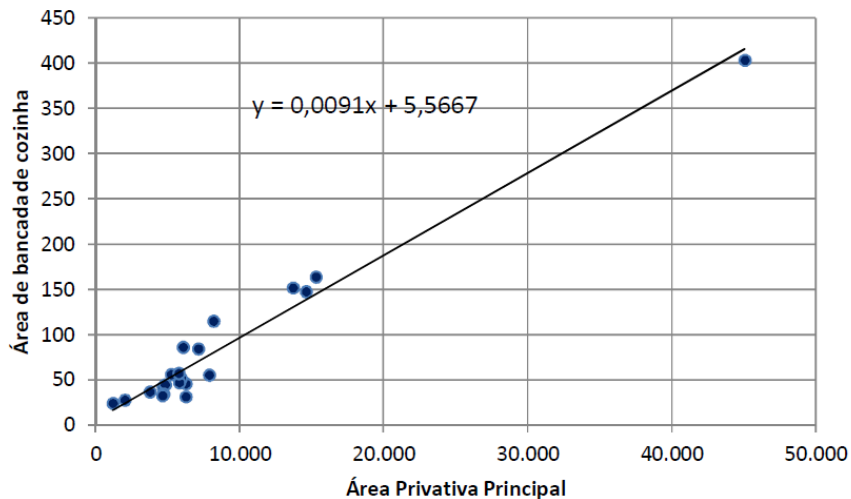
Tabela 28: Análise de variação do tamanho de bancadas de cozinha (m²).

Média	Desvio Padrão	Coefficiente de variação	Número de amostras
0,91	0,28	0,31	24,00

Fonte: o autor.

A fim de desconsiderar esta margem de erro da Tabela 28 referente à análise de variabilidade dos tamanhos das bancadas de cozinha e considerar o maior coeficiente de determinação ajustado dentre as duas análises, nesta pesquisa foi adotado, para efeito do cálculo de custo do modelo, a regressão que relaciona diretamente a área privativa principal com a quantidade de metros quadrados. Esta está representada graficamente na Figura 23.

Figura 23: Representação gráfica da regressão entre A1 e a quantidade de bancada de cozinha (m²).



Fonte: o autor.

SERVIÇO 14: INSTALAÇÃO DE VASOS SANITÁRIOS

Na análise de regressão entre as áreas privativas principais e a quantidade de vasos sanitários, o coeficiente de determinação ajustado que mais explica a variação da primeira na segunda variável é o

relacionado à A1, cerca de 97,28%. Utilizando-se as outras áreas não se obtêm resultados discrepantes, 97,23% para A2 e 97,12% para A3 (ver Tabela 29). Assim a maior diferença entre os resultados é de 0,16%, podendo ser utilizadas qualquer uma para extrapolação de dados.

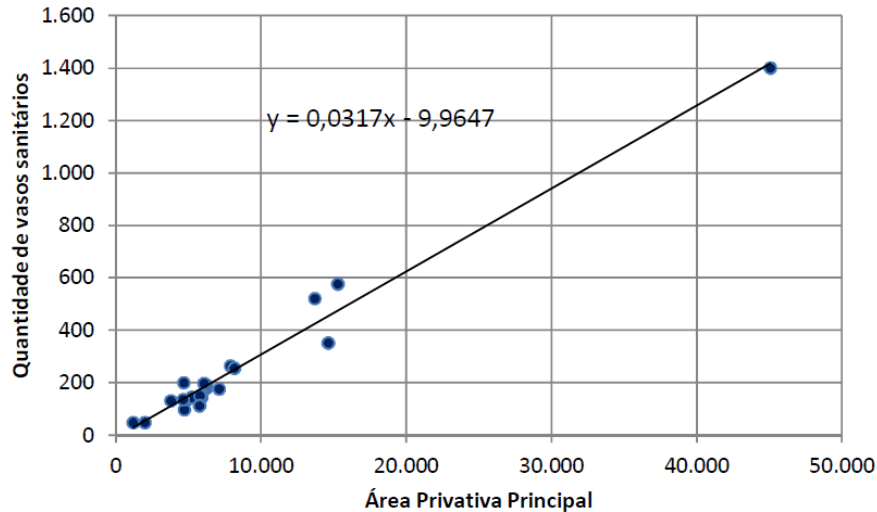
Tabela 29: Resultados da análise de regressão entre as áreas privativas principais e a quantidade de vasos sanitários (und).

Resumos dos resultados	A1	A2	A3
<i>Estatística de regressão</i>			
R múltiplo	0,987	0,9868	0,9862
R-Quadrado	0,9741	0,9737	0,9727
R-quadrado ajustado	0,9728	0,9723	0,9712
Erro padrão	48,48	48,91	49,86
Observações	21	21	21

Fonte: o autor.

A reta que representa o resultado gráfico da análise de regressão entre a área privativa principal e a quantidade de vasos está destacada na Figura 24.

Figura 24: Representação gráfica da regressão entre A1 e a quantidade de vasos sanitários (und).



Fonte: o autor.

Deve-se observar que o valor de resultado da função destacada na Figura 24 poderá gerar valores fracionados, os quais devem ser corrigidos para não gerar frações numéricas, pois o material não pode ser fracionado, ou seja, não se pode comprar ou instalar meio vaso sanitário.

SERVIÇO 15: INSTALAÇÃO DE TANQUES

Normalmente cada apartamento possui somente um tanque instalado na área de serviço. Ao partir do pressuposto que, na fase de viabilidade, determina-se a quantidade de apartamentos, a relação perfeita entre o número de apartamentos e a quantidade de tanques pode ser obtida através da regressão entre estas duas variáveis.

Entretanto, baseado na área privativa também se pode determinar esta quantidade através da regressão linear. Nesta análise, o coeficiente de determinação ajustado encontrado utilizando A3 foi de 93,52%, sendo o maior entre a análise com as três áreas (ver Tabela 30). No entanto a diferença entre os resultados não se mostrou significativa, chegando somente a 0,22%.

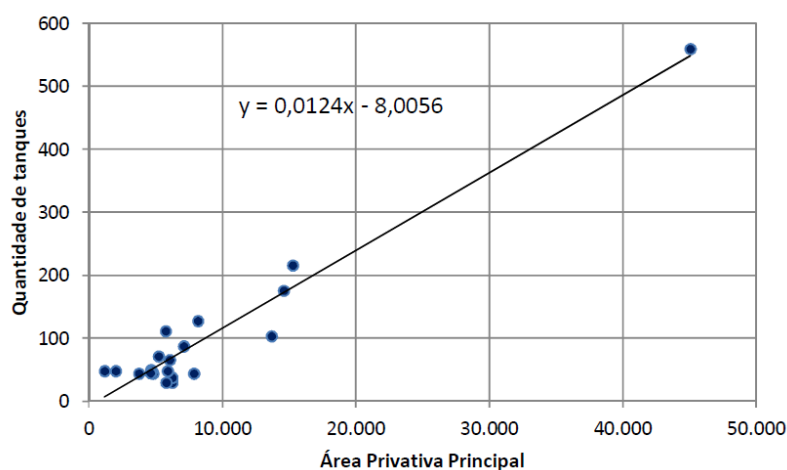
Tabela 30: Resultados da análise de regressão entre as áreas privativas principais e a quantidade de tanques (und).

Resumos dos resultados	A1	A2	A3
<i>Estadística de regressão</i>			
R múltiplo	0,9676	0,9681	0,9688
R-Quadrado	0,9363	0,9371	0,9385
R-quadrado ajustado	0,933	0,9338	0,9352
Erro padrão	30,26	30,06	29,73
Observações	21	21	21

Fonte: o autor.

A equação da reta que representa a função que relaciona a área privativa principal e a quantidade de tanques está apresentada na Figura 25. Assim como na equação que determina a quantidade de vasos, o resultado da função deve ser ajustado de modo que não se obtenham resultados fracionários.

Figura 25: Representação gráfica da regressão entre A1 e a quantidade de tanques (und).



Fonte: o autor.

SERVIÇO 16: INSTALAÇÃO DE TORNEIRAS

A regressão feita entre o número de torneiras do pavimento tipo e as áreas privativas, gerou um coeficiente de determinação ajustado maior para a A1, 98,47% (ver Tabela 31). No entanto, os resultados das outras áreas são similares a este: 98,44% para A2 e 98,4 para A3. Isso mostra uma diferença insignificante entre os resultados, podendo ser qualquer uma das áreas utilizadas para tal previsão.

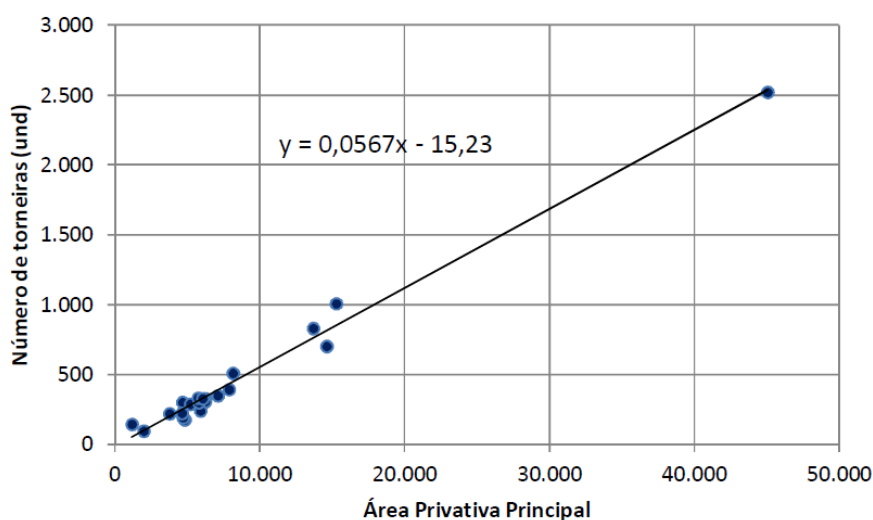
Tabela 31: Resultados da análise de regressão entre as áreas privativas principais e a quantidade de torneiras (und).

Resumos dos resultados	A1	A2	A3
<i>Estatística de regressão</i>			
R múltiplo	0,9927	0,9926	0,9924
R-Quadrado	0,9855	0,9852	0,9848
R-quadrado ajustado	0,9847	0,9844	0,984
Erro padrão	64,53	65,21	66,14
Observações	21	21	21

Fonte: o autor.

O resultado já era esperado, uma vez que a variação da quantidade das áreas privativas possui um alto poder de explicação da variação da quantidade de bancadas ou lavatórios. A representação gráfica desta análise de regressão é demonstrada na Figura 26. O resultado da equação deve ser ajustado para não haver números fracionários.

Figura 26: Representação gráfica da regressão entre A1 e a quantidade de torneiras (und).



Fonte: o autor.

SERVIÇO 17: INSTALAÇÕES DE PORTAS DE MADEIRA

O serviço de instalação de portas de madeiras pode ser medido em duas unidades: por metro quadrado e por unidade (separando-as por tamanho). Na primeira hipótese, a posterior estimativa de custo por metro quadrado é dificultada devido à necessidade de rateio das dobradiças e fechaduras pelo metro quadrado calculado. Na segunda hipótese, a falta de padrão utilizado para o tamanho das portas para acesso aos determinados ambientes pode gerar erros na análise de regressão.

A maioria dos projetos prevê portas de madeira (ou vãos) com as seguintes dimensões para os ambientes: (1) entre sala e cozinha: portas de 0,80x2,10m ou vãos abertos; (b) acesso aos quartos: portas de 0,70x2,10m; (c) acesso aos Banheiros: portas de 0,60x2,10; (d) acesso ao apartamento (seja pela cozinha ou pela sala): portas de 0,80x2,10m.

Apesar de haver um padrão entre os projetos, estas medidas para portas de acessos aos ambientes não são unânimes, o que gerou análises de regressões com médio ou baixos coeficientes de determinação ajustados para certos tamanhos de portas.

Por isso, há duas análises adotadas neste estudo: entre as áreas privativas principais e a quantidade de unidades de portas de madeira (desconsiderando o tamanho); entre as áreas privativas principais e a quantidade de metros quadrados totais de portas. Para aquela, encontrou-se um coeficiente de determinação ajustado de 97,07% utilizando a A1 (ver Tabela 32) - para A2, 97,02; para A3 96,74. A diferença entre os resultados é insignificante, calculada em até 0,33%.

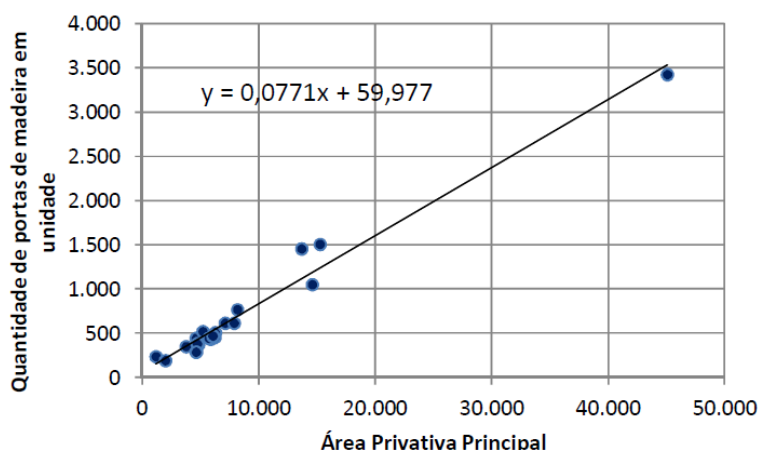
Tabela 32: Resultados da análise de regressão entre as áreas privativas principais e a quantidade de portas de madeira (und).

Resumos dos resultados	A1	A2	A3
<i>Estadística de regressão</i>			
R múltiplo	0,986	0,9857	0,9844
R-Quadrado	0,9722	0,9717	0,9691
R-quadrado ajustado	0,9707	0,9702	0,9674
Erro padrão	122,35	123,48	129,07
Observações	21	21	21

Fonte: o autor.

A demonstração gráfica de tal regressão encontra-se apresentado na Figura 27:

Figura 27: Representação gráfica da regressão entre A1 e a quantidade de portas de madeira (und).



Fonte: o autor.

Para a análise de regressão entre as áreas privativas principais e a quantidade de metro quadrado de portas, obteve-se o coeficiente de determinação ajustado de 97,20% utilizando-se A1, sendo este o melhor resultado entre as três áreas (ver Tabela 33). A maior diferença de resultados de coeficientes foi de 0,37%, entre A1 e A3, mostrando que as outras áreas também possuem alto poder explicativo da variação da variável dependente.

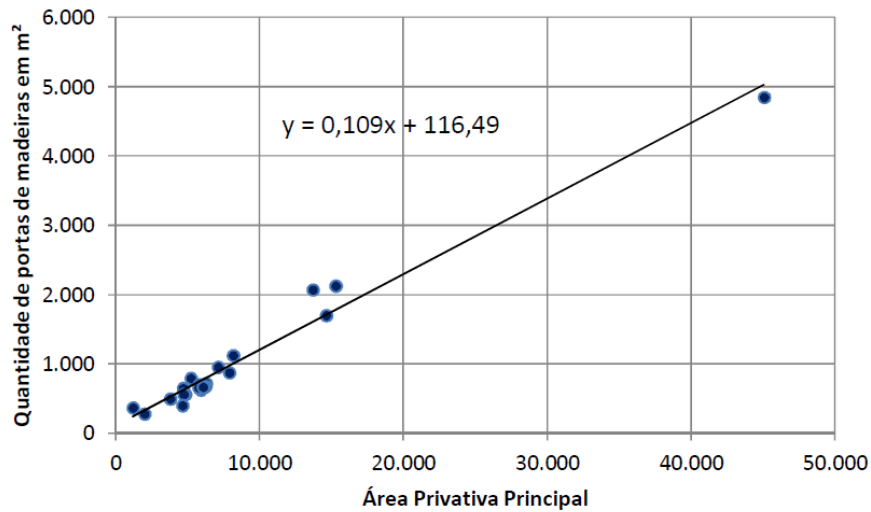
Tabela 33: Resultados da análise de regressão entre as áreas privativas principais e a quantidade de portas de madeira (m²).

Resumos dos resultados	A1	A2	A3
<i>Estadística de regressão</i>			
R múltiplo	0,9866	0,9864	0,9848
R-Quadrado	0,9734	0,9729	0,9699
R-quadrado ajustado	0,972	0,9715	0,9683
Erro padrão	169,31	170,66	180,08
Observações	21	21	21

Fonte: o autor.

A análise gráfica desta regressão linear está demonstrada na Figura 28:

Figura 28: Representação gráfica da regressão entre A1 e a quantidade de portas de madeira (m²).



Fonte: o autor.

No cálculo de custo foi considerada a relação entre a área privativa principal e a quantidade de unidades de portas. Apesar de ter um coeficiente de determinação ajustado menor, tem uma possibilidade de determinação de custo mais fácil. Além disso, a diferença de 0,13% entre os coeficientes indica uma indiferença quanto à utilização de um ou outro.

SERVIÇO 18: INSTALAÇÃO DE ESQUADRIAS EM VIDRO

Os tipos e tamanhos de portas, janelas e balancins que formam o serviço de esquadrias de vidro são variados e não possuem tamanho padrão, entretanto a variação do custo do metro quadrado é similar para estes três itens. Isto impossibilita a regressão por tamanho das esquadrias de forma individual. Assim, a unidade do serviço adotada foi a quantidade de metros quadrados.

O coeficiente de determinação ajustado encontrado na regressão entre a área privativa principal A3 e a quantidade de metros quadrado das esquadrias de vidro foi de 94,33%, mostrando um alto poder explicativo (ver Tabela 34). Os resultados utilizando-se as áreas A1 e A2 foram 94,27% e 94,14% respectivamente, o que determina também a possibilidade de previsão quando utilizadas. Mais uma vez, a diferença entre os coeficientes apresentou-se insignificante – cerca de 0,19%.

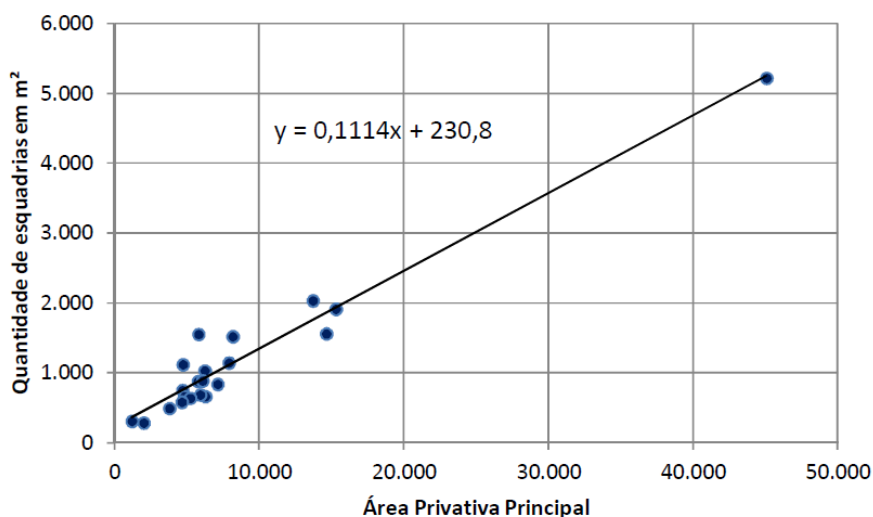
Tabela 34: Resultados da análise de regressão entre as áreas privativas principais e a quantidade de esquadrias em vidro (m²).

Resumos dos resultados	A1	A2	A3
<i>Estatística de regressão</i>			
R múltiplo	0,9724	0,9718	0,9727
R-Quadrado	0,9456	0,9444	0,9461
R-quadrado ajustado	0,9427	0,9414	0,9433
Erro padrão	250,88	253,64	249,55
Observações	21	21	21

Fonte: o autor.

É demonstrado na Figura 29 a representação gráfica e a equação da reta que melhor representa a relação entre a área privativa principal e a quantidade de metros quadrados.

Figura 29: Representação gráfica da regressão entre A1 e a quantidade de esquadrias em vidro (m²).



Fonte: o autor.

SERVIÇO 19: INSTALAÇÃO DE PORTA CORTA-FOGO (PCF)

O serviço de instalação de PCF está diretamente ligado ou relacionado com o número de pavimentos da edificação. A explicação de um coeficiente de determinação ajustado não tão alto quanto os outros se deve ao fato, por exemplo, de duas edificações com mesma área privativa possuírem quantidades de pavimentos distintos, implicando num maior número de PCF. Outro fator importante a ser analisado é o fato de prédios com antecâmaras, os quais possuem duas PCF por pavimento; e o caso de prédios sem elevadores, os quais não possuem PCF, pois o hall não é separado da área de escada.

Apesar deste fator, o coeficiente de determinação ajustado encontrado na relação entre as áreas principais privativas e a quantidade de PCF ainda se mostrou adequado. Utilizando a A1 ou A3, obtém-se um coeficiente de 66,32%; A2, 66,25% (ver Tabela 35)

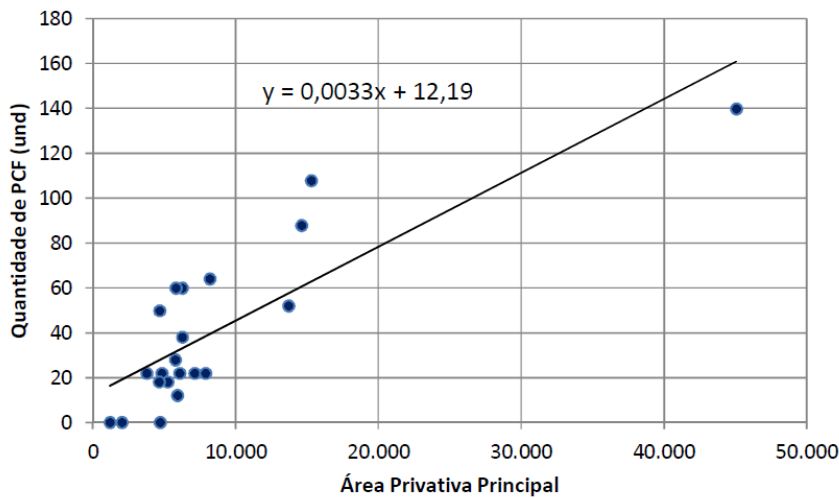
Tabela 35: Resultados da análise de regressão entre as áreas privativas principais e a quantidade de PCF (und).

Resumos dos resultados	A1	A2	A3
<i>Estatística de regressão</i>			
R múltiplo	0,8247	0,8242	0,8246
R-Quadrado	0,6801	0,6794	0,68
R-quadrado ajustado	0,6632	0,6625	0,6632
Erro padrão	21,27	21,29	21,27
Observações	21	21	21

Fonte: o autor.

A equação que melhor representa a variação da quantidade destas portas a partir da variação da área privativa principal esta apresentado na Figura 30.

Figura 30: Representação gráfica da regressão entre A1 e a quantidade de PCF (und).



Fonte: o autor.

SERVIÇO 20: INSTALAÇÃO E PINTURA DE CORRIMÃO DA ESCADA

Assim como outros serviços relativos à área de escada, o corrimão possui uma relação direta com a quantidade de pavimentos e um aumento da área privativa não necessariamente é acompanhado do aumento quantidade de metros deste item. Ainda sim, o coeficiente de determinação ajustado na regressão entre A3 e a quantidade de corrimão em metros atingiu cerca de 62,53% (ver Tabela 36). A diferença entre os coeficientes é cerca de 0,34% somente, o que se mostra insignificante.

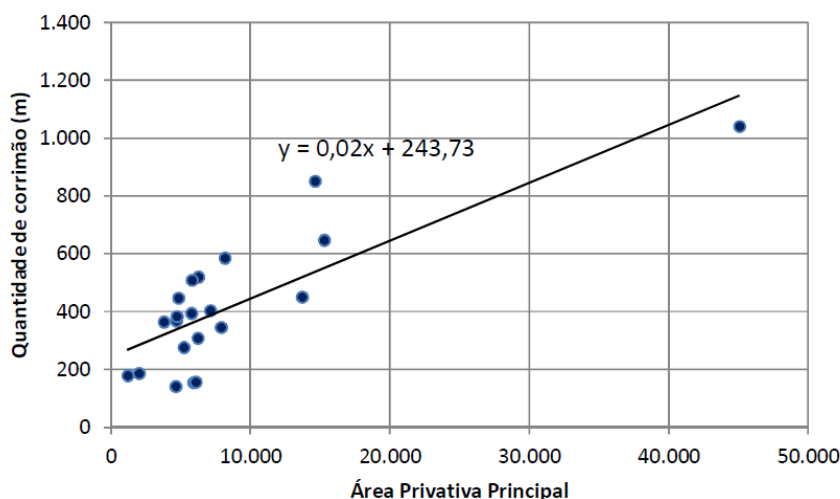
Tabela 36: Resultados da análise de regressão entre as áreas privativas principais e a quantidade de corrimão da escada (m).

Resumos dos resultados	A1	A2	A3
<i>Estatística de regressão</i>			
R múltiplo	0,8017	0,8017	0,8025
R-Quadrado	0,6427	0,6427	0,6441
R-quadrado ajustado	0,6239	0,6239	0,6253
Erro padrão	140,24	140,24	139,98
Observações	21	21	21

Fonte: o autor.

A análise gráfica da regressão encontra-se na Figura 31.

Figura 31: Representação gráfica da regressão entre A1 e a quantidade de corrimões (m).



Fonte: o autor.

SERVIÇO 21: COLOCAÇÃO DE RODAPÉS

Na análise de regressão para o serviço de colocação de rodapé, obteve-se o melhor resultado utilizando A2, no qual o coeficiente de determinação ajustado calculado é de 98,68% (ver Tabela 37). Para as áreas A1, o resultado encontrado foi 98,64; e para A2, 98,61%. Estes resultados mostram que as variações nas três áreas possuem um alto poder de explicação das variações nas quantidades de metros de rodapés. Assim como em outros serviços, a discrepância entre os coeficientes obtidos foi considerada insignificante, chegando a somente 0,07%.

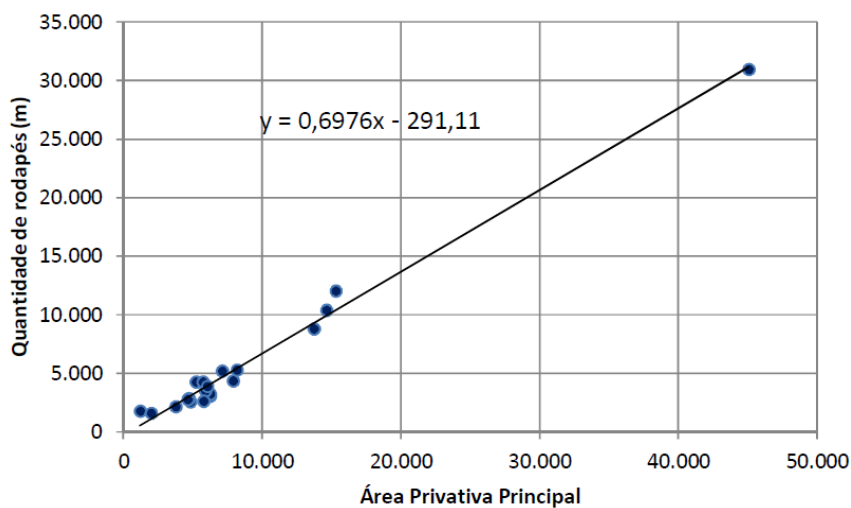
Tabela 37: Resultados da análise de regressão entre as áreas privadas principais e a quantidade de rodapés (m).

Resumos dos resultados	A1	A2	A3
<i>Estatística de regressão</i>			
R múltiplo	0,9935	0,9937	0,9934
R-Quadrado	0,9871	0,9875	0,9868
R-quadrado ajustado	0,9864	0,9868	0,9861
Erro padrão	749,05	738,31	758,05
Observações	21	21	21

Fonte: o autor.

A equação que representa a melhor função entre as variáveis dependente (A1) e independente (quantidade de rodapés em metros) está apresentada na Figura 32.

Figura 32: Representação gráfica da regressão entre A1 e a quantidade de rodapés (m).



Fonte: o autor.

SERVIÇO 22: COLOCAÇÃO DE SOLEIRAS E PEITORIS

Os serviços de colocação de soleiras e de peitoris possuem seus custos similares devido ao material normalmente empregado ser o mesmo. Além disso, a mão-de-obra utilizada para a colocação destas peças também se mostra similar, quando pesquisada nas bases composições abertas. Assim, avaliou-se a relação destes dois serviços juntos e separadamente, a fim de analisar a possibilidade de uma maior correlação com a área privativa nos dois casos.

O resultado encontrado para análise de regressão entre as áreas privadas principais e a quantidade de metros de soleira está diretamente ligado ao número de portas, o qual já se mostrou adequado. O coeficiente de determinação ajustado para a A1 foi o maior, cerca de 95,11% em relação às demais

áreas (A2, 95%; A3; 94,68) – ver Tabela 38. A relação também pode ser feita utilizando a unidade da variável dependente em metro quadrado, no entanto, como o resultado mostrou-se bom, optou-se por não fazer tal análise neste estudo.

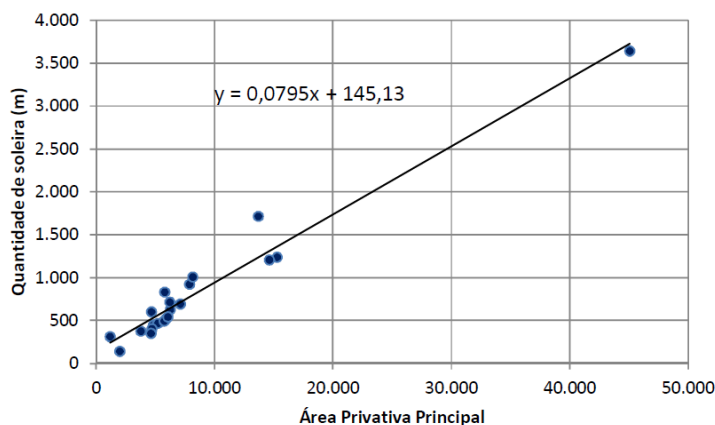
Tabela 38: Resultados da análise de regressão entre as áreas privativas principais e a quantidade de soleiras (m).

Resumos dos resultados	A1	A2	A3
<i>Estatística de regressão</i>			
R múltiplo	0,9765	0,9759	0,9744
R-Quadrado	0,9536	0,9525	0,9494
R-quadrado ajustado	0,9511	0,95	0,9468
Erro padrão	164,56	166,53	171,73
Observações	21	21	21

Fonte: o autor.

Assim como nos outros serviços, a análise gráfica está apresentada na Figura 33, o qual mostra a reta e a equação que representa a função que relaciona A1 e a quantidade de metros de soleira de um empreendimento.

Figura 33: Representação gráfica da regressão entre A1 e a quantidade de soleiras (m).



Fonte: o autor.

No serviço de colocação de peitoril, o maior coeficiente de determinação ajustado encontrado ocorreu na relação desta variável com A3 (87,06%) – ver Tabela 39. Em comparação às outras áreas, o mesmo coeficiente teve resultado de 86,79% para A1 e 86,85% para A2, mostrando que esta também tem um bom poder de explicação desta variável.

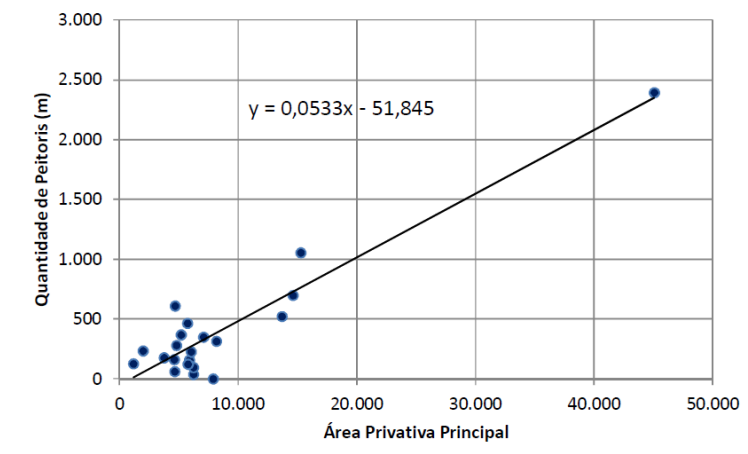
Tabela 39: Resultados da análise de regressão entre as áreas privativas principais e a quantidade de peitoris (m).

Resumos dos resultados	A1	A2	A3
<i>Estadística de regressão</i>			
R múltiplo	0,9352	0,9355	0,9365
R-Quadrado	0,8745	0,8751	0,8771
R-quadrado ajustado	0,8679	0,8685	0,8706
Erro padrão	189,66	189,24	187,75
Observações	21	21	21

Fonte: o autor.

O resultado gráfico da análise de regressão entre A1 e a quantidade de metros de peitoris está apresentada na Figura 34.

Figura 34: Representação gráfica da regressão entre A1 e a quantidade de peitoris (m).



Fonte: o autor.

Apesar das correlações individuais de cada um destes serviços com as áreas privativas principais ser forte, na análise da quantidade total de metros de soleiras e peitoris encontrou-se um coeficiente de determinação ajustado de 98,11% (ver Tabela 40). Isso indica um maior poder explicativo nesta correlação.

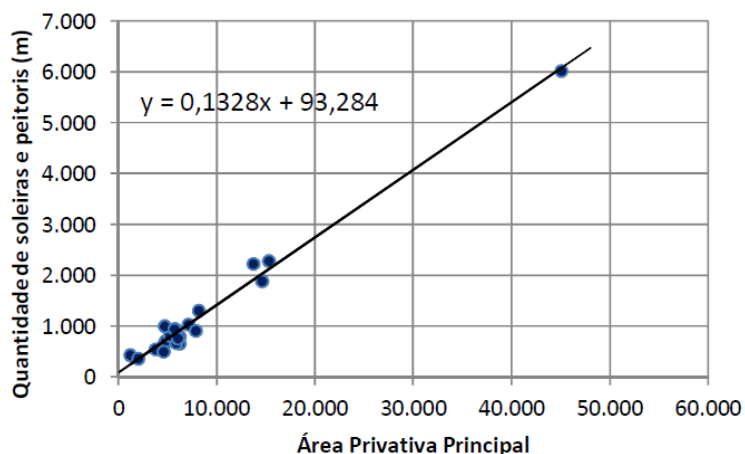
Tabela 40: Resultados da análise de regressão entre as áreas privativas principais e a quantidade de soleiras e peitoris (m).

Resumos dos resultados	A1	A2	A3
<i>Estatística de regressão</i>			
R múltiplo	0,991	0,9907	0,9903
R-Quadrado	0,982	0,9816	0,9806
R-quadrado ajustado	0,9811	0,9806	0,9796
Erro padrão	168,67	170,71	175,17
Observações	21	21	21

Fonte: o autor.

A razão de tal fato encontra-se no fato de que em prédios de padrões altos, utilizam-se normalmente portas de vidros para acesso a sacadas dos quartos, as quais requerem soleiras como acabamento; entretanto em prédios de classe média a popular, são utilizadas janelas devido à inexistência de sacadas para os quartos, o que implica em peitoris como acabamento. Esta diferença pode acabar gerando desvios na análise dos serviços separadamente, sendo maior a correlação feita com a junção dos serviços. O gráfico que representa a função entre estas quantidades de soleiras e peitoris e as áreas privativas está apresentado na Figura 35.

Figura 35: Representação gráfica da regressão entre A1 e a quantidade de soleiras e peitoris (m).



Fonte: o autor.

SERVIÇO 23: EXECUÇÃO DE GUARDA-CORPO

Nas diversas obras analisadas, vários tipos de materiais de guarda-corpos foram verificados: de ferro; de alumínio e vidro; de alvenaria e concreto. Assim como em outros serviços, no modelo utilizado neste estudo não determinado um material específico, a fim de que haja a opção de escolha.

Nesta análise de regressão o maior coeficiente de determinação ajustado encontrado ocorreu com a utilização de A1, o qual foi cerca de 79,71% (ver Tabela 41). Para A2 obteve-se 79,6% e para A3, 79,71%. Isto mostra novamente a baixa diferença entre os resultados de regressões das áreas.

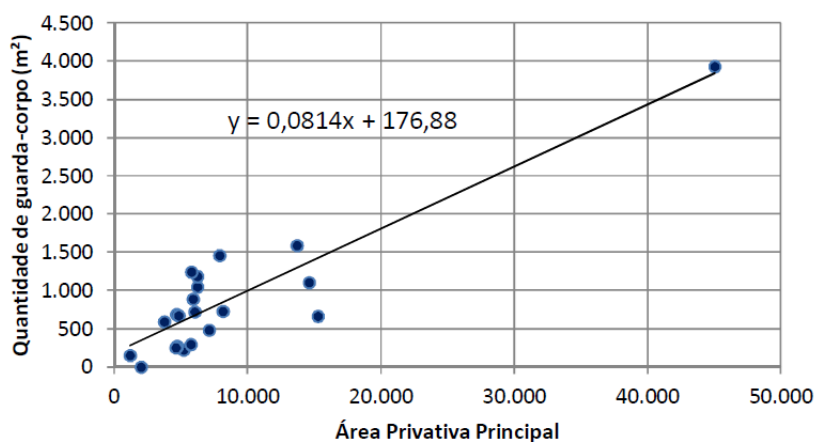
Tabela 41: Resultados da análise de regressão entre as áreas privativas principais e a quantidade de guarda-corpo (m²).

Resumos dos resultados	A1	A2	A3
<i>Estatística de regressão</i>			
R múltiplo	0,8985	0,8979	0,8984
R-Quadrado	0,8074	0,8062	0,8072
R-quadrado ajustado	0,7973	0,796	0,7971
Erro padrão	373,08	374,20	373,25
Observações	21	21	21

Fonte: o autor.

A análise gráfica da regressão acima apresentadas entre A1 e a quantidade de guarda-corpo encontra-se demonstrada na Figura 36.

Figura 36: Representação gráfica da regressão entre A1 e a quantidade de guarda-corpo (m²).



Fonte: o autor.

5.3 ESTIMANDO O ORÇAMENTO COM AS EQUAÇÕES PARAMÉTRICAS

Ao se determinarem as equações que estimam a quantidade dos serviços, torna-se possível a estipulação da função principal. Esta relaciona a área privativa principal com o custo final dos pavimentos tipos de um empreendimento, levando em consideração aspectos peculiares e individuais de cada empresa. Eles estão embutidos nos custos unitários adotados para cada serviço e nas características dos produtos tomadas na fase de viabilidade.

Nesta perspectiva, foram extraídos da Base de custos SINAPI (base janeiro/2013) os custos unitários de cada serviço, a fim de que se demonstre a execução do cálculo utilizando todas as amostras. As características adotadas para isto estão delineadas abaixo:

- a) Estrutura de concreto armado, sendo a fôrma de madeira plastificada;
- b) Alvenaria de vedação com a utilização de tijolos cerâmicos furados;
- c) Pisos e rodapés do hall e dos apartamentos de cerâmica comum e da escada em cimentado liso;
- d) Esquadrias e guarda-corpo em vidro e alumínio;
- e) Soleiras e peitoris em granito;
- f) Porta em madeira;
- g) Bancadas em granito sintético;
- h) Forro de gesso executado em placas.

Assim, a comparação entre os custos dos pavimentos tipos calculados com as quantidades reais e os resultados através do modelo paramétrico (utilizando a área privativa principal, ou seja, A1) estão apresentados na Tabela 42.

Tabela 42: Resultados dos orçamentos paramétricos.

Obra	Orçamento Real (1)	Orçamento Paramétrico (2)	Diferença (1-2)	% de Variação
Obra 01	R\$ 4.070.236,82	R\$ 3.893.759,18	R\$ 176.477,65	4,34%
Obra 02	R\$ 3.465.456,09	R\$ 3.450.533,49	R\$ 14.922,61	0,43%
Obra 03	R\$ 3.937.888,53	R\$ 4.517.447,45	-R\$ 579.558,93	-14,72%
Obra 04	R\$ 4.847.043,87	R\$ 5.120.026,90	-R\$ 272.983,03	-5,63%
Obra 05	R\$ 4.406.951,88	R\$ 4.592.315,98	-R\$ 185.364,11	-4,21%
Obra 06	R\$ 3.351.912,26	R\$ 3.878.635,83	-R\$ 526.723,58	-15,71%
Obra 07	R\$ 5.979.109,91	R\$ 5.589.163,46	R\$ 389.946,44	6,52%
Obra 08	R\$ 2.527.534,44	R\$ 2.487.350,28	R\$ 40.184,16	1,59%
Obra 09	R\$ 2.391.837,16	R\$ 2.479.780,52	-R\$ 87.943,36	-3,68%
Obra 10	R\$ 1.851.335,04	R\$ 1.994.368,33	-R\$ 143.033,29	-7,73%
Obra 11	R\$ 2.082.067,56	R\$ 2.131.585,58	-R\$ 49.518,02	-2,38%
Obra 12	R\$ 2.982.151,76	R\$ 3.047.979,18	-R\$ 65.827,42	-2,21%
Obra 13	R\$ 5.319.300,08	R\$ 5.048.812,17	R\$ 270.487,92	5,09%
Obra 14	R\$ 1.925.154,21	R\$ 1.938.170,44	-R\$ 13.016,23	-0,68%
Obra 15	R\$ 3.648.691,18	R\$ 3.140.354,90	R\$ 508.336,28	13,93%
Obra 16	R\$ 924.945,21	R\$ 740.266,45	R\$ 184.678,77	19,97%
Obra 17	R\$ 2.562.404,44	R\$ 2.324.356,71	R\$ 238.047,72	9,29%
Obra 18	R\$ 2.295.513,80	R\$ 2.310.072,41	-R\$ 14.558,61	-0,63%
Obra 19	R\$ 15.614.250,42	R\$ 15.815.063,13	-R\$ 200.812,72	-1,29%
Obra 20	R\$ 817.211,56	R\$ 903.580,72	-R\$ 86.369,16	-10,57%
Obra 21	R\$ 5.439.211,58	R\$ 5.357.097,61	R\$ 82.113,97	1,51%

Fonte: o autor.

Analisando a porcentagem da variação dos resultados encontrados, percebeu-se que em média houve uma variação de 6,39% quando analisadas todas as amostras (ver Tabela 43). Entretanto, quando se classificam as obras em padrões altos (apartamentos acima de 100m²) e médios ou baixos (apartamentos abaixo de 100m²) encontra-se uma média de 5,13% e 6,33%. Isto indica um erro menor quando avaliadas somente as obras de padrão baixo.

Tabela 43: Análise das variações dos resultados.

Amostras	Média de % de variação	Desvio padrão	Variância
Todas	6,39%	5,84%	91,39%
Padrão alto	5,13%	6,02%	117,34%
Padrões médio e baixo	6,33%	4,64%	73%

Fonte: o autor.

Na pesquisa de Otero (2002), (a qual utilizou semelhantes princípios de estimativa paramétrica) o percentual de variação média encontrada foi de 8,35%, com uma variância de 71,12%. Este autor,

entretanto, usou relações envolvendo custos diretamente nas regressões a fim de estimar a o custo total de uma obra.

A utilização de áreas privativas principais distintas para a regressão apresentou os resultados apresentados no Apêndice C, nos quais se podem desconsiderar os coeficientes obtidos nos serviços de estrutura. Tal consideração é explicada pela quantidade reduzida do número de amostras que gerou uma distorção na análise. Nestes resultados a maior diferença encontrada entre os resultados obtidos pelas áreas A1, A2 e A3 foi de 0,016 para o parâmetro R; e 33% para o R^2 ajustado.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A modelagem paramétrica para estimativa de custo já é utilizada pelos profissionais da construção há bastante tempo. Entretanto o parâmetro utilizado vem sendo avaliado constantemente, assim como a forma ou método de como se utilizar tal parâmetro. Como exemplos principais de parâmetros têm-se a área construída total e área privativa da construção.

Há método de estimativa principal, mais antigo e mais utilizado até hoje, relaciona simplesmente a área construída com o custo, existindo referências nacionais divulgadas mensalmente com tais parâmetros de avaliação. No entanto, apesar de certa eficiência comprovada, este método está sendo superado por outros que possibilitam uma maior acurácia nos resultados. Um deles utiliza a técnica de regressão advinda da estatística inferencial.

Ainda que se considerem apenas os processos e resultados obtidos através desta nova metodologia, há divergências e diferenças entre a forma como os parâmetros são utilizados, até mesmo divergências de quais os melhores parâmetros para uma avaliação precisa de custos. Então, os modelos que se utilizam da regressão como ferramenta estatística, podem adotar vários parâmetros separadamente ou até todos juntos, utilizando-se das regressões múltiplas, ou seja, a avaliação de um só item através do emprego de diversos parâmetros.

Dentre todos os métodos, a semelhança unânime encontra-se no objetivo deles que buscam a obtenção do custo das obras sem informações detalhadas, muitas vezes sem nem sequer haver um pré-projeto, mas apenas informações iniciais preliminares, como quantidade de pavimentos, área do terreno, área privativa dos apartamentos, número de apartamentos por pavimentos, tempo de construção e diversas outras possíveis na fase de viabilidade dos empreendimentos.

Com isso, a determinação dos custos dos pavimentos tipos de uma construção na fase de estudo de viabilidade utilizando somente informações preliminares com uma precisão adequada pode ser realizada através do modelo paramétrico de estimativa.

Para este modelo foi aplicado a ferramenta estatística de regressão linear simples entre a quantidade dos serviços executados na obra e três áreas privativas principais:

- a) A1: Área privativa principal adotada no conceito da NBR 12.721;
- b) A2: Área privativa principal adotada no conceito da NBR 12.721, excluindo-se a área de projeção dos pilares;

c) A3: Área de “vassoura” (Área exclusivamente de piso dos apartamentos).

A análise de variação destas áreas revelou uma diferença pequena entre as áreas A1 e A2. Em média, houve uma variação de apenas 1,58%, ou seja, a A2 representa cerca de 98,42% da A1. Já entre a A1 e a A3, verificou-se uma variação de 11,61% em média, ou seja, A3 representa 88,39% de A1.

No entanto, apesar da diferença significativa entre a A1 e A3, os resultados obtidos na regressão entre elas e a quantidade de cada serviço foi insignificante, fato que mostra a indiferença na utilização destas áreas para a modelagem proposta. Em números, a maior diferença encontrada entre os resultados obtidos com a utilização das áreas foi de 0,016 para o parâmetro R; e 33% para o R^2 ajustado. Assim, adotou-se para o modelo a A1, tanto devido a esta indiferença, quanto a familiaridade dos profissionais com a obtenção desta área.

Nas regressões adotadas para o modelo, as relações encontradas entre A1 e a quantidade dos serviços foram 77,42% fortíssimas, 16,13% fortes, 3,23% médias e 3,23% fracas, quando analisadas pelo critério da avaliação de R. Estes resultados mostram que a quantidade da maioria dos serviços está diretamente ligada a esta área, uma vez que o poder explicativo da variação de A1 na variação destas quantidades dos serviços é baseado no critério R^2 . Este, chamado de coeficiente de determinação, tem seu método de cálculo baseado no resultado de R, o que indica que quanto maior o módulo de R, maior o R^2 .

Este pode ser considerado o primeiro balizador de eficiência do modelo. A adoção de relações fracas ou médias podem comprometer os resultados pretendidos. Assim, tais números expostos já mostram uma credibilidade do modelo para a maior parte dos serviços. Através das regressões foi possível determinar as equações paramétricas que calculam a quantidade dos serviços.

Cada resultado tem uma explicação lógica, relacionada a aspectos físicos da construção. Por exemplo, os serviços relacionados à área de escada não possuem uma relação fortíssima com a área privativa. Tal conclusão é óbvia, na medida em que o aumento da área dos apartamentos não é acompanhado necessariamente do aumento da área de escada. Entretanto, é possível achar tal condição de relação, ao relacionar a área deste ambiente com a quantidade de pavimentos, por exemplo.

No caso dos serviços de estrutura, houve uma indisponibilidade de projetos suficientes para uma análise adequada. Isto gerou a obtenção de resultados inconsistentes, os quais afirmam que a quantidade de aço diminui com o aumento da área privativa, o que é uma hipótese absurda. Tal problema foi corrigido no modelo com a adoção de uma taxa de aço em função da quantidade de

concreto, número amplamente divulgado entre o ambiente de construção de edifícios. Assim, para uma análise mais adequada no grupo de serviços de estrutura, o número de amostras mínimas é fundamental para avaliações corretas, como visto nos trabalhos de vários outros autores.

Em relação aos trabalhos de referência dos outros autores, o modelo proposto neste estudo se distingue em vários pontos. Primeiramente os resultados obtidos nesta pesquisa visam a obtenção do custo somente dos pavimentos tipos e não da edificação como um todo. Esta premissa possibilitou melhores resultados em relação aos trabalhos que buscavam a obtenção de todo o custo. A explicação é simples, a existência de projetos com áreas privativas semelhantes podem ter áreas comuns completamente distintas, o que pode gerar distorções nas análises entre área privativa e custo total da construção.

Outro aspecto importante é a consideração de aspectos singulares de cada edificação e de cada empresa. Através da relação entre as quantidades de serviços e as áreas privativas, a possibilidade de consideração de tecnologias de serviços distintas e de produtividades distintas nos custos unitários torna o modelo mais adequado.

Assim, os resultados obtidos no modelo apresentaram um acurácia melhor quando comparados ao modelo de Otero (2000), o qual apresentou um erro médio de 8,35% contra um erro médio 6,39% obtido neste modelo.

Isto indica que a separação dos pavimentos tipos das áreas de periferia para efeito de análise de regressão pode proporcionar uma melhor precisão no resultado final de custo. Assim como este fator, a consideração de aspectos específicos de cada empresa e de tecnologias construtivas, podem também levar a melhores custos finais.

Por fim, a proposição feita por Ávila, Librelotto e Lopes (2003) indica que a margem de erro de 6,39% em média obtida nesta pesquisa enquadra-se em um orçamento detalhado. Entretanto a estimativa de custo nesta pesquisa é considerada uma avaliação (ainda segundo a mesma tabela), o se conclui que é possível através de informações preliminares, obter uma acurácia semelhante a um orçamento detalhado.

7. REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Juliana Guarda de Avaliação das características físicas e orçamentárias de empreendimentos do PAR para habitações de interesse social. 2011. 172 p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

ALBUQUERQUE, Edson Toledo de; MELHADO, Silvio Burrattino. A certificação de sistemas da qualidade pelas normas ISO 9000 e a sua aplicabilidade em escritórios de projetos no setor da construção civil no Brasil. In: Congresso Latino Americano: Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios. Anais. São Paulo. 1998. v.2, p. 601-7.

ANDRADE, Vanessa Adriano. Modelagem dos custos para casas de classe média. 1996. 216 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

ANDRADE, Artemália Coelho de; SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes de. Críticas ao processo orçamentário tradicional e recomendações para a confecção de um orçamento integrado ao processo de produção de um empreendimento. In: III Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção. Anais. São Carlos. 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12721: Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edilícios. São Paulo, 2006.

ASSUMPÇÃO, José Francisco P.; FUGAZZA, Antônio Emilio C. Execução de orçamento por módulos para obras de construção de edifícios. In: VIII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Anais. Salvador, 2000. v.1, p.469- 476.

ÁVILA, Antônio Victorino; LIBRELOTTO, Liziane Ilha; LOPES, Oscar Ciro. Orçamento de obras, Universidade do Sul de Santa Catarina – Curso de Arquitetura e Urbanismo – Planejamento e Gerenciamento de obras, Florianópolis, 2003.

BRITTO, Bellina Moresi. Diagnóstico do nível de competitividade na indústria da construção civil no subsetor edificações: Um estudo qualitativo. 1999. 138 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Fluminense, Niterói.

CASTANHEDE, David Alberto Grangeiro. Custo Unitário Básico (CUB): Verificação e validação do modelo de cálculo. 2003. 183 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

CANTANHEDE, David Alberto Grangeiro; SCHMITT, Carin Maria. Comparação entre os valores de CUB do projeto padrão H8/2N com o custo por área obtido pelo orçamento discriminado deste projeto. In: III Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios. Anais. Belo Horizonte. 2003.

CRESPO, Antônio Arnot. Estatística fácil. 18ª ed. São Paulo, Editora Saraiva, 2002.

DOWNING, Douglas; CLARK, Jeffrey. Estatística aplicada. 2ª ed. São Paulo, Editora Saraiva, 2002.

DEAN, Edwin B. (1995b). Parametric Cost Deployment. Paper in: Proceedings of the Seventh Symposium on Quality Function Deployment, Novi, MI, USA, p. 27-34, 1995.

DIAS, Paulo Roberto Vilela. Engenharia de custos: Metodologia de orçamentação para obras civis, 8ª ed. Rio de Janeiro, 2011.

ESTEFANI, Cristiano; SPOSTO, Rosa Maria. Indicadores da qualidade em projeto: Estudo de caso de edifícios habitacionais em Brasília. In: 2º Workshop Nacional Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, Anais, Porto Alegre, 2002. p 1- 6.

GONÇALVES, Cilene Marques. Método para Gestão do Custo da Construção no Processo de Projeto de Edificações. 2011. 182p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

GOLDMAN, Pedrinho. Sistema de planejamento e controle de custos na construção civil – Subsetor edificações. 1999. 107p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Fluminense, Niterói.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa Anual da Indústria da Construção, Rio de Janeiro, 2007.

<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/industria/paic/2007/paic2007.pdf>, acesso em: 17/05/2012.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa Anual da Indústria da Construção, Rio de Janeiro, 2009.

<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/industria/paic/2009/paic2009.pdf>, acesso em: 17/05/2012.

JESUS, Cristiano R. Marques de; BARROS, Mércia Maria Semensato Bottura de. Custos e orçamentos na construção civil, Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, BT/PCC/528. 20 p. São Paulo, EPUSP, 2009.

KAZMIER, Leonard J. Estatística aplicada á administração e economia. 4ª ed. Editora Artmed Editora S.A. Rio Grande do Sul. 2004.

KERN, Andrea Parisi. Proposta de um modelo de planejamento e controle de custos de empreendimento de construção. 2005. 234p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

LARSON, Ron. FABER, Besty. Estatística aplicada. 4ª ed. Editora Pearson Prentice Hall. São Paulo. 2010.

LIBRELOTTO, Lisiane Ilha; FERROLI, Paulo Cezar M.; RADOS, Gregório Varvakis. Custos na construção civil: Uma análise teórica e comparativa. Florianópolis. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. 7º. Anais. Florianópolis. 1998. v.2, p.399-406.

LIMA, Jorge Luiz Patriota, Custos na construção civil. 2000, 86 p. Projeto de dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Fluminense, Niterói.

LONG, John A. Parametric cost estimating in the new millennium. Paper in: SCEA-2000 Annual Conference Papers. Manhattan Beach Marriott: SCEA, 2000.

LOSSO, Iseu Reichmann. Utilização das características geométricas da edificação na elaboração de estimativas preliminares de custos: estudo de caso em uma empresa de construção. 1995. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

MARCHIORI, Fernanda Fernandes. Desenvolvimento de um método para elaboração de redes de composições de custos para orçamentação de obras de edificação. 2009. 237 p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

MASCARÓ, Juan Luis. O custo das decisões arquitetônicas. 5ª ed. Porto Alegre, Editora +4, 2010.

MATTOS, Aldo Dórea. Planejamento e controle de obras. 1ª ed. São Paulo, Editora PINI, 2010.

MATTOS, Aldo Dórea. Como preparar orçamentos de obras. 1ª ed. São Paulo, Editora PINI, 2007.

MAUÉS, Luiz Maurício Furtado; NETO, Jamil José Salim. A competitividade nas empresas de construção civil diante das necessidades do mercado atual. In: IV Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção. Anais. Porto Alegre. 2005.

MONTGOMERY, Douglas C. RUNGER, George C. HUBELE, Norma F. Estatística aplicada a engenharia. 2ª Ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. 2001.

OLIVEIRA, Mírian Oliveira. Caracterização de prédios habitacionais de Porto Alegre através de variáveis geométricas – Uma proposta á partir das técnicas de estimativas preliminares de custo. 1990. 136 p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

OLIVEIRA, Otávio J.; MELHADO, Silvio Burrattino. Como administrar empresas de projeto de arquitetura e engenharia civil. 1ªed. São Paulo. Editora PINI, 2006.

OTERO, Juliano Araújo. Análise paramétrica de dados orçamentários para estimativa de custos na construção de edifícios: Estudo de caso voltado para a questão da variabilidade. 2000. 214 p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

OTERO, Juliano Araújo; HEINECK, Luiz Fernando Mahlmann Heineck. Análise paramétrica para estimativa de custos na construção de edifícios. In: X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Anais. São Paulo. 2004.

OXFORD JOURNALS, 2012.

Disponível em: http://www.oxfordjournals.org/our_journals/tropej/online/ma_chap2.pdf. Acessado em 03/09/2012.

PARISOTTO, Jules Antônio, Análise de estimativas paramétricas para formular um modelo de quantificação de serviços, consumo de mão-de-obra e custos de edificações residenciais: estudo de caso para uma empresa construtora. 2003. 106p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

PHAOBUNJONG, Kan. Parametric cost estimating model for conceptual cost estimating of building construction projects. 2002. 219p. Ph.D. Thesis, University of Texas, USA.

PORTER, Michael. A vantagem competitiva das nações. 1ª ed. Rio de Janeiro, Editora Campus, 1993. REVISTA GUIA DA CONSTRUÇÃO, 2011, nº125, p. 62. Editora PINI, São Paulo.

SEGURA, Baldomero. Tratamiento cuantitativo para tasadores. Universidade Politécnica de Valência, 1998.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO DO ESTADO DE MINAS GERAIS, Custo Unitário Básico (CUB/m²): Principais aspectos, 2007. 112p. Belo Horizonte: SINDUSCON-MG, 2007.

SCHEER, S.; MIKALDO JUNIOR, Jorge; QUEVEDO, José Remigio Soto. A aliança estratégica de projetos como diferencial competitivo no mercado imobiliário. In: V Workshop Brasileiros da Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios. Anais. Florianópolis. 2005. v.1, p. 1-6.

SILVA, Alexandre Amarante. Planejamento e controle de empreendimentos com MS Project 2007. 1ª Ed. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2008.

SUNG-HOON, An; HUNHEE, Cho; UNG-KYUN, Lee. Reliability assessment of conceptual cost estimates for building construction projects. Journal of Construction Engineering and Management. Vol. 9, p. 9-19, 2011.

TCPO - Tabela de composições de preços para orçamentos, 12ª ed. São Paulo, Editora PINI, 2003.

VALLE, Eduardo Ferreira do. Análise de custos paramétricos de edificações não residenciais do oeste de Santa Catarina. 2006. 178p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

APÊNDICE A – FLUXOS DE SERVIÇOS EM TECNOLOGIAS CONSTRUTIVAS AS DISTINTAS



APÊNDICE B – FUNÇÕES E CUSTOS UNITÁRIOS DOS SERVIÇOS

Serviço	Unidade	Função	Custo Unitário (R\$)
Fôrma	m ²	$Q_{fôrma} = 2,2103 \times A_1 + 3418,9$	R\$ 42,56
Aço	Kg	$Q_{aço} = 90 \times Q_{concreto}$	R\$ 5,85
Concreto	m ³	$Q_{concreto} = 0,0621 \times A_1 + 1105$	R\$ 460,06
Alvenaria de vedação	m ²	$Q_{alvenaria} = 1,4623 \times A_1 + 1265,1$	R\$ 30,95
Contra-piso	m ²	$Q_{contra-piso} = 0,9419 \times A_1 - 42,625$	R\$ 14,24
Revestimento cerâmico de piso (incluso rejunte)	m ²	$Q_{cerâmica\ piso} = 0,9419 \times A_1 - 42,625$	R\$ 21,00
Piso cimentado	m ²	$Q_{piso\ cimentado} = 0,023 \times A_1 + 202,8$	R\$ 18,75
Reboco interno	m ²	$Q_{reboco\ interno} = 1,9955 \times A_1 + 717,86$	R\$ 11,98
Emboço	m ²	$Q_{emboço\ interno} = 0,9072 \times A_1 - 242,2$	R\$ 17,73
Revestimento cerâmico de parede (incluso rejunte)	m ²	$Q_{cerâmica\ parede} = 0,9072 \times A_1 - 242,2$	R\$ 21,00
Revestimento de parede da escada	m ²	$Q_{parede\ escada} = 0,0813 \times A_1 + 904,28$	R\$ 10,37
Selador	m ²	$Q_{selador\ parede} = 1,9142 \times A_1 - 186,42$	R\$ 2,37
Massa corrida	m ²	$Q_{massa\ corrida} = 1,9142 \times A_1 - 186,42$	R\$ 3,51
Pintura 1ª e 2ª demão	m ²	$Q_{pintura\ parede} = 1,9142 \times A_1 - 186,42$	R\$ 6,32
Correção de gesso no teto	m ²	$Q_{correção\ gesso} = 0,5624 \times A_1 + 36,088$	R\$ 9,01
Forno de gesso	m ²	$Q_{forno\ gesso} = 0,3795 \times A_1 - 78,049$	R\$ 18,84
Pintura 1ª e 2ª demão no teto	m ²	$Q_{pintura\ teto} = 0,9418 \times A_1 - 41,961$	R\$ 6,32
Revestimento de fachada	m ²	$Q_{fachada} = 0,6861 \times A_1 + 1938,7$	R\$ 64,27
Bancadas / lavatórios de BHO	und	$Q_{bancada\ bho} = 0,0315 \times A_1 - 1,8627$	R\$ 88,26
Instalação de bancadas cozinha	m ²	$Q_{bancada\ cozinha} = 0,0091 \times A_1 + 5,5667$	R\$ 382,92
Vasos sanitários	und	$Q_{vaso} = 0,0317 \times A_1 - 9,9647$	R\$ 186,18
Tanques	und	$Q_{tanque} = 0,0124 \times A_1 - 8,0056$	R\$ 94,82
Torneiras	und	$Q_{torneira} = 0,0567 \times A_1 - 15,23$	R\$ 31,07
Instalação de portas de madeira	und	$Q_{porta} = 0,0771 \times A_1 + 59,977$	R\$ 350,97
Esquadrias em vidro	m ²	$Q_{esquadria\ vidro} = 0,1114 \times A_1 + 230,8$	R\$ 319,73
PCF	und	$Q_{pcf} = 0,0033 \times A_1 + 12,19$	R\$ 644,06
Corrimão da escada	m	$Q_{corrimão} = 0,02 \times A_1 + 243,73$	R\$ 40,72
Rodapés	m	$Q_{rodapé} = 0,6976 \times A_1 - 291,11$	R\$ 7,63
Soleiras e peitoris	m	$Q_{soleira} = 0,1328 \times A_1 + 93,284$	R\$ 52,71
Guarda-corpo	m ²	$Q_{guarda-corpo} = 0,0814 \times A_1 + 176,88$	R\$ 319,73

APÊNDICE C – QUADRO COMPARATIVO DE RESULTADOS DAS ÁREAS A1, A2 E A3

Serviço	R			R ² Ajustado		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3
Fôrma	0,9032	0,9069	0,8863	76,96%	77,82%	73,20%
Aço	-0,1447	-0,1404	-0,0539	-22,38%	-22,53%	-24,64%
Concreto	0,3641	0,3516	0,3611	-8,43%	-9,54%	-8,70%
Alvenaria de Vedação	0,9868	0,9869	0,9862	97,23%	97,26%	97,11%
Contra-piso; Revestimento cerâmico e rejunte de piso	0,999	0,9991	0,9995	99,80%	99,81%	99,89%
Piso cimentado	0,7471	0,7467	0,7459	53,49%	53,43%	53,31%
Reboco Interno	0,9937	0,9938	0,9936	98,68%	98,70%	98,65%
Emboço, revestimento cerâmico e rejunte de paredes internas	0,993	0,993	0,993	98,53%	98,53%	98,53%
Revestimento de parede da escada	0,6986	0,6985	0,6993	46,12%	46,09%	46,22%
Selador, massa corrida e pintura de paredes internas	0,9934	0,9935	0,9931	98,61%	98,65%	98,55%
Correção de gesso no teto	0,9941	0,9943	0,9944	98,76%	98,81%	98,83%
Forro de gesso em placas	0,9891	0,9889	0,9897	97,73%	97,68%	97,85%
Pintura do teto	0,999	0,9991	0,9995	99,80%	99,81%	99,89%
Revestimento de fachada	0,9795	0,9795	0,9785	95,73%	95,73%	95,51%
Instalação de bancadas e lavatórios (und)	0,9855	0,9853	0,9851	96,98%	96,92%	96,89%
Instalação de vasos sanitários	0,987	0,9868	0,9862	97,28%	97,23%	97,12%
Instalação de tanques	0,9676	0,9681	0,9688	93,30%	93,38%	93,52%
Instalação de torneiras	0,9927	0,9926	0,9924	98,47%	98,44%	98,40%
Instalações de portas de madeira (und)	0,986	0,9857	0,9844	97,07%	97,02%	96,74%
Instalação de esquadrias em vidro	0,9724	0,9718	0,9727	94,27%	94,14%	94,33%
Instalação de porta corta-fogo (PCF)	0,8247	0,8242	0,8246	66,32%	66,25%	66,32%
Instalação e pintura de corrimão da escada	0,8017	0,8017	0,8025	62,39%	62,39%	62,53%
Colocação de rodapés	0,9935	0,9937	0,9934	98,64%	98,68%	98,61%
Colocação de soleiras e peitoris	0,991	0,9907	0,9903	98,11%	98,06%	97,96%
Execução de guarda-corpo	0,8985	0,8979	0,8984	79,73%	79,60%	79,71%