

JULES ANTONIO PARISOTTO

**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

Florianópolis
Agosto de 2003

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

**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

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito para obtenção de título de Mestre em Engenharia de Produção.

JULES ANTONIO PARISOTTO

Florianópolis
Agosto de 2003

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

JULES ANTONIO PARISOTTO

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, área de concentração Inteligência Organizacional, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina.

Prof. Roberto de Oliveira, PhD.

Orientador

Prof. Edson Pacheco Paladini, Dr.

Coordenador do PPGEC-UFSC

Banca Examinadora:

Prof. Roberto de Oliveira, Ph.D.

Prof. Luiz Fernando Mählmann Heineck, Ph.D.

Prof. Humberto Ramos Roman, Ph.D.

Prof. Carin Maria Schmitt, Dr.a

Aos meus pais, Nelson e Anair e
minhas irmãs Tânia e Daiana.

AGRADECIMENTOS

Diversas pessoas contribuíram para a consecução deste trabalho, desde discussões conceituais, estruturais, normativas até pequenos e importantes gestos de atenção, segurança e motivação.

Ao professor Roberto de Oliveira pela oportunidade, presteza, orientação e compreensão.

Ao professor Luiz Fernando M. Heineck por estar sempre disponível e pelos esclarecimentos que muito contribuíram na elaboração deste trabalho.

Ao Engenheiro Carlos Koyti Nakazima pela oportunidade e confiança.

A Tatiana Gondim do Amaral, companheira fundamental para o desenvolvimento metodológico e motivacional deste trabalho.

Aos amigos Andre Flach, Fabrício Bilibio, Filipe T. Viero, Marcio V. Silva, Michel Peruzzo, Roberto T. Almeida e Rodrigo J. B. Antunes pelo companheirismo em todos os momentos.

SUMÁRIO

LISTA DE QUADROS.....	III
LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	VI
LISTA DE FÓRMULAS.....	VII
RESUMO.....	VIII
ABSTRACT.....	IX
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Considerações Gerais sobre Análise de Custos.....	1
1.2 Precisão na Análise dos Custos e Incertezas do Ambiente Construtivo.....	3
1.3 Objetivos Principal e Específicos.....	5
1.4 Hipóteses Geral e Específicas.....	6
1.5 Pressupostos do Trabalho.....	6
1.6 Estrutura da pesquisa.....	7
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	9
2.1 Conceituação Terminológica.....	9
2.1.1 Processo Orçamentário.....	10
2.1.2 Processo de Estimativa de Custo.....	13
2.2 Características Geométricas e Custo das Edificações.....	18
2.2.1 Variabilidade Quanto a Quantificação da Mão-de-Obra.....	27
2.2.2 Variabilidade quanto a Quantificação dos Materiais.....	31
2.3 Discussão sobre Trabalhos de Estimativa de Custos Utilizando Características Geométricas.....	33
2.3.1 Processo de Estimativa de Custos por Características Geométricas.....	34

2.3.2	Definição e Sistemática de Utilização de Estimativa de Custo por Características Geométricas.....	35
2.3.3	Avaliação Estatística.....	36
2.4	Síntese Cronológica de Estudos sobre Estimativas Paramétricas.....	40
2.5	Considerações Finais do Capítulo.....	43
3	Método.....	45
3.1	Características dos Dados.....	46
3.2	Levantamento dos Dados.....	47
3.3	Sistemática de Análise dos Dados.....	50
3.3.1	Estudo dos Compartimentos.....	51
3.3.2	Quantificação dos Serviços e Insumos.....	52
3.3.3	Análise de Custos.....	55
3.4	Considerações Finais do Capítulo.....	56
4	Análise dos Dados.....	57
4.1	Estudo dos Compartimentos.....	57
4.1.1	Índice de Compacidade dos Compartimentos.....	61
4.1.2	Áreas e Perímetros dos Compartimentos.....	63
4.2	Quantificação de Serviços e Consumo de Mão-de-Obra.....	65
4.3	Análise do Custo dos Serviços e do Consumo Mão-de-Obra.....	86
5	Considerações Finais.....	90
5.1	Verificação das Hipóteses.....	90
5.2	Sugestões para Trabalhos Futuros.....	96
	REFERÊNCIAS.....	98
	APÊNDICE A.....	105

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Composição do custo do edifício, segundo planos horizontais, verticais e instalações, em edificações habitacionais.....	20
Quadro 2 - Índice de compacidade e perímetro de paredes externas para diversas formas de pavimento tipo.....	26
Quadro 3 - Índice de compacidade de paredes externas para diferentes conjuntos tipológicos.....	26
Quadro 4 - Valores de produtividade apresentados pela NBR 12721 em hh por m ² de área de construção da edificação.....	28
Quadro 5 - Produtividade para o serviço de armação de vigas e lajes em kg/hh.....	29
Quadro 6 - Consumo mensal de pedreiro em hh/m ² para o serviço de alvenaria em duas obras.....	30
Quadro 7 - Participação média dos insumos no custo total da obra.....	31
Quadro 8 - Indicadores Globais de Consumo de Materiais como Porcentagem do Consumo Padrão.....	32
Quadro 9 - Regressão linear entre a quantidade de alvenaria e a área real total.....	38
Quadro 10 - Valores para a área de paredes internas.....	40
Quadro 11 - Dados para caracterização da amostra.....	46
Quadro 12 - Sistemática para levantamento da produtividade.....	49
Quadro 13 - Critérios para medição dos dados em projeto.....	50
Quadro 14 - Percentual comparativo entre áreas dos pavimentos e a área total.....	59
Quadro 15 - Percentual comparativo das áreas funcionais dos apartamentos.....	60
Quadro 16 - Índice de Compacidade dos cômodos, média dos índices e percentual comparativo entre o estudo de caso e os dados de Losso (1995).....	62

Quadro 17 - Índice de Compacidade dos cômodos, média dos índices e percentual comparativo entre o trabalho e os dados de Oliveira (1990).....	63
Quadro 18 - Dados comparativos das áreas.....	64
Quadro 19 - Dados comparativos dos perímetros.....	64
Quadro 20 - Modelo de Araújo (1997).....	66
Quadro 21 - Comparativo para quantificação da estrutura.....	67
Quadro 22 - Comparativo para quantificação da alvenaria.....	69
Quadro 23 - Comparativo para instalações elétricas e telefônicas.....	71
Quadro 24 - Comparativo para instalações hidro-sanitárias.....	72
Quadro 25 - Comparativo para quantificação de esquadrias internas – portas.....	74
Quadro 26 - Comparativo para quantificação de esquadrias externas.....	75
Quadro 27 - Comparativo para quantificação da área de vidros.....	76
Quadro 28 - Comparativo para quantificação do perímetro de guarda corpo de sacada.....	77
Quadro 29 - Comparativo para quantificação da área de piso frio.....	78
Quadro 30 - Comparativo para quantificação da área de piso seco.....	78
Quadro 31 - Comparativo para quantificação da área de parede seca e molhável...	79
Quadro 32 - Comparativo para quantificação da área de revestimento externo.....	80
Quadro 33 - Comparativo para quantificação do perímetro de peitoril.....	81
Quadro 34 - Comparativo para quantificação da área de revestimento de teto.....	81
Quadro 35 - Comparativo para quantificação do número de banheiros e lavabos....	82
Quadro 36 - Referência para a área de circulação.....	83
Quadro 37 - Comparativo para quantificação das áreas de circulação horizontal e vertical.....	83
Quadro 38 - Comparativo para quantificação de homens-hora por metro quadrado.	85
Quadro 39 - Produtividade média.....	86
Quadro 40 - Comparativo entre custo estimado e custo atualizado.....	88

Quadro 41 - Comparativo entre custo estimado e custo atualizado.....	89
Quadro 42 - Paradigma para quantificação dos serviços.....	91
Quadro 43 - Comparativo entre os indicadores para quantificação da estrutura.....	93
Quadro 44 - Comparativo entre custo estimado e custo atualizado.....	94

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Ilustração 1 - Aumento da precisão com o aumento do número de informações.....	5
Ilustração 2 - Formas geométricas.....	21
Ilustração 3 - Distribuição dos compartimentos.....	22
Ilustração 4 - Esquema de arquivamento do plano contábil.....	47
Ilustração 5 - Variação da cotação do dólar americano segundo a cotação do dia quinze de cada mês.....	55
Ilustração 6 - Variação da cotação do CUB publicado pelo Sinduscon/Fpolis segundo a cotação mensal.....	56
Ilustração 7 - Distribuição percentual das áreas dos pavimentos em relação à área total.....	58
Ilustração 8 - Percentual de participação por área funcional em relação a área do apartamento.....	60
Ilustração 9 - Regressão linear entre a área de alvenaria interna e a área do pavimento tipo.....	70
Ilustração 10 - Regressão linear entre o número de pontos elétricos e a área real total.....	71
Ilustração 11 - Regressão linear entre o comprimento de tubulação de água fria e a área real total.....	73
Ilustração 12 - Distribuição percentual do consumo de homens-hora global.....	84

LISTA DE FÓRMULAS

Fórmula 01 - I_c : índice de compacidade	25
Fórmula 02 - S: Desvio padrão.....	37
Fórmula 03 - CV: Coeficiente de variação.....	37
Fórmula 04 - R^2 : Coeficiente de correlação.....	37

RESUMO

O presente trabalho trata da análise de indicadores e equações de regressão linear utilizadas em estimativas paramétricas, com o objetivo de formular um paradigma para quantificação de serviços, custos e consumo de mão-de-obra de edificações residenciais para serem utilizados na fase de investimentos. São realizadas análises da aplicação dos indicadores de desempenho e consumo. Além disto, através de regressão linear, analisa-se a variabilidade dos resultados apurados por meio da comparação entre os quantitativos estimados e os quantitativos realizados. A base de dados utilizados para estimar os quantitativos é formada pelos estudos anteriores desenvolvidos nessa linha de pesquisa e os dados realizados por sua vez, são provenientes de uma empresa construtora situada na cidade de Florianópolis, SC. Como resultado são apresentadas as equações paramétricas passíveis de serem utilizadas na fase de investimentos para estimar os serviços, custos e consumo de mão-de-obra de empreendimentos imobiliários residenciais, dentro da perspectiva da variação admitida na etapa inicial de desenvolvimento de projetos e com o nível de incerteza presente no ambiente da construção.

ABSTRACT

The work deals with the analysis of drivers and used linear regression in parametric estimations. The aim was to formulate a paradigm for quantification of services, costs and man power of residential constructions to be used in the investment phase. Analyses of the application of the performance pointers and consumption were carried out. Linear regression was used to analyse the the variability of the results in the comparison between the estimated and real quantitatives. The used database to obtain the quantitatives was taken from previous studies developed in this line of research. On the other hand, the used data was collected from a construction company from Florianópolis, SC. As a result, the work presents the parametric equations which may be used in the investments phase to estimate the services, the costs and the workmanship consumption of residential real estate enterprises, inside of the perspective of the variation admitted in the initial stage of development of projects and with the level of present uncertainty in the environment of the construction.

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

Diversos estudos foram realizados com o objetivo de analisar a disposição dos compartimentos, a racionalidades do projeto arquitetônico, a quantificação dos serviços, dos materiais e da mão-de-obra, bem como o custo de empreendimentos imobiliários com base nas características geométricas das edificações, que podem ser definidos como estimativas paramétricas. Entretanto, tais estudos sistematizaram a realização da análise somente dentro do foco específico para o qual se propunha e dentro do ambiente da amostra. Diante disso, o presente trabalho se propõe a analisar comparativamente por meio de um estudo de caso os dados reais de serviços, mão-de-obra e custos de execução de um empreendimento imobiliário e os trabalhos desenvolvidos nessa linha de pesquisa, com vistas a verificar a viabilidade do uso das sistemáticas propostas de forma segmentada em diversas pesquisas e também para analisar a viabilidade da formação de um paradigma de quantificação de serviços, mão-de-obra e custos dos empreendimentos imobiliários residenciais.

1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE ANÁLISE DE CUSTOS

O levantamento do custo de um empreendimento é a primeira ação a ser empreendida quanto a realização ou não de um empreendimento, para determinação do montante a ser investido, para limitação do vulto da obra e até mesmo para definição das especificações da mesma. Destaca-se então a necessidade de se conhecer o custo da construção antes da elaboração de seus projetos detalhados (LOSSO, 1995).

Para Assumpção e outros (1999), o orçamento é uma informação fundamental dentro do processo de empreender em construção civil. Considera natural que esta informação tenha que ser gerada nas diferentes etapas deste processo, desde a etapa de viabilidade inicial para compra do terreno e definição do produto a ser lançado, até a identificação dos custos incorridos e custos pós-obra, que irão compor dados históricos a serem utilizados em orçamentos futuros.

Galvão e outros (1990) prescrevem que o orçamento é a peça fundamental no gerenciamento da construção. As estimativas e orçamentos cumprem um importante

papel na construção civil, pois estes podem ser considerados como ferramentas básicas e necessárias para o gerenciamento da construção, sendo peças imprescindíveis para o estudo de viabilidade, planejamento e programação de um empreendimento (LOSSO 1995).

A estimativa de custos desempenha um papel importante na construção civil, colocando-se como ferramenta fundamental para o gerenciamento e o planejamento de obras. Tem sua aplicação ligada a avaliação dos custos para a execução da construção e desta forma, para a determinação do valor total a ser financiado ou contratado e da viabilidade do projeto; ao controle operacional da execução da respectiva obra, com a delimitação das partes componentes do edifício. Desta forma, à programação de sua execução e ao correto abastecimento destes recursos dentro da obra; ao controle das despesas efetivadas dentro do processo de produção tendo em vista os valores definidos na estimativa; e à elaboração de índices de custo, de consumo de recursos e de formação elementar de grupos de trabalho (MIHAI e SULER, 1980 citado por OTERO, 2000).

Estimativas do custo da construção são realizadas em várias etapas; antes durante e depois da elaboração dos projetos, dependendo do propósito pelo qual estão sendo produzidas. O método utilizado para obter o custo da construção está relacionado com o estágio de detalhamento do projeto, com o tempo disponível para análise e com o uso a que se destina. Entretanto, os métodos invariavelmente contam com os dados históricos de projetos anteriores, os quais compreendem as composições, os quantitativos e as relações entre as variáveis geométricas (OLIVEIRA, 1990).

Além disso, a estimativa de custos fundamenta a avaliação por parte do projetista quanto a possíveis alternativas existentes para o empreendimento e o balizamento de valores em propostas de preços em licitações e previsões de custos para empreiteira (KARSHENAS, 1984 citado por LOSSO, 1955, OTERO 2000).

O orçamento facilita a seleção dos processos a serem padronizados, estabelece um nível de custos os serviços que merecem uma maior atenção, ou seja, permite montar uma curva ABC que hierarquiza os serviços de acordo com um critério estabelecido que pode ser de custo, consumo de mão de obra, entre outros (MAIA, 1994).

1.2 PRECISÃO PARA ANÁLISE DOS CUSTOS E INCERTEZAS DO AMBIENTE CONSTRUTIVO

Dentre os métodos de estimativas existentes, alguns são mais complexos, fundamentados em características geométricas definitivas, como é o caso do orçamento discriminado, enquanto outros se fundamentam em características mais simples e oferecem uma maior velocidade no processamento dos resultados, embora menos precisos (OTERO, 2000).

Dentro do processo de construção, algumas fontes específicas de incerteza são inevitáveis, estabelecendo um limite para a confiabilidade das informações que são utilizadas na caracterização do projeto. Desta forma, a construção é um processo inerentemente incerto e por conseqüência há um limite para a exatidão que pode ser alcançada dentro dos métodos de estimativa de custos (BENNETT e BARNES, 1979 ; LICHTENBERG, 1980).

Existe uma série de características presentes nos canteiros de obras que os diferencia dos demais, mesmo que estes pertençam a uma mesma empresa construtora. As diferenças podem ser atribuídas a dispersão gráfica estando cada projeto presente em um local diferente. Apresentam-se organizações temporárias formadas para os projetos individualmente; possuem diferenças em condições com clima, tipo de comunicações, prazo, preço, clientes entre outros; são construídos em um nível de produção compatível com o modo e o montante de pagamento feitos à empresa (JOHNSSON, 1996 citado por OTERO, 2000).

Para Lopes (1992), na fase inicial de projetos da construção, os elementos componentes do custo não se encontram suficientemente detalhados tornando-se difícil a elaboração de uma estimativa minuciosa do custo do empreendimento. Entretanto, é na fase inicial que se justifica a utilização de estimativas paramétricas de custos, pois não se busca um custo determinístico preciso e sim um custo aproximado (LOSSO, 1995).

Leusin (1993) afirma que a sistemática de estimativa de custo empregada em empresas do setor de edificações se caracteriza por reduzir objetos diferenciados a médias históricas de consumo de material e trabalho por unidade de medida. A precisão deste sistema tende a ser razoável para situações em que existe um padrão construtivo.

Segundo Heineck (1986), o custo real de uma edificação é um só qualquer que seja o método em uso para sua estimativa. Desta forma, a estimativa de custos não tem o objetivo de precisar o valor de uma determinada obra, e sim apresentar uma aproximação no qual o custo do empreendimento esteja bem representado, com um grau de precisão aceitável para o momento em que se utiliza a informação – fase de anteprojeto (LOSSO, 1995).

Mesmo que a precisão de uma estimativa de custo esteja diretamente relacionada à quantidade de informações disponível sobre um determinado projeto, nota-se que diferentes tipos de informações afetam distintamente tal precisão, sendo que aqueles dados de caráter mais geral apresentam-se como os mais relevantes e desta forma as informações gerais concentram um conhecimento suficiente para a tomada de decisão (OTERO 2000).

Ashworth e Skitmore (1983) citado por Oliveira (1990), concluíram que o nível geral de precisão das estimativas em estágios iniciais teria um coeficiente de variação da ordem de 15 a 20%, reduzindo para 13 a 18% para estimativas elaboradas imediatamente após a existência dos projetos. Os autores verificam com isso que as informações do projeto detalhado tem pouco efeito sobre a precisão da estimativa.

As decisões iniciais sobre tipo, tamanho, forma e nível geral de qualidade da construção possuem uma significância maior na determinação do nível de custo do que as subseqüentes decisões detalhadas de projeto (ASHWORTH e SKITMORE 1983 citado por OTERO 2000).

O longo período de maturação da obra, a vulnerabilidade da indústria da construção civil às alterações de ordem político-econômica do país e a variabilidade inerente ao processo produtivo nesta indústria são alguns fatores que fazem com que a precisão, ou seja, a diferença entre o custo realizado após a conclusão da obra e a estimativa de custo feita no início da mesma varie em torno de 20 e 30% (HIROTA, 1987).

De acordo com Graça e Gonçalves (1978), existe um número ótimo de atividades a serem analisadas, definidas em função do tipo de estimativa, obtidos quantos se equilibram custos adicionais devido ao aumento de detalhamento, conforme esta apresentado na ilustração 1.

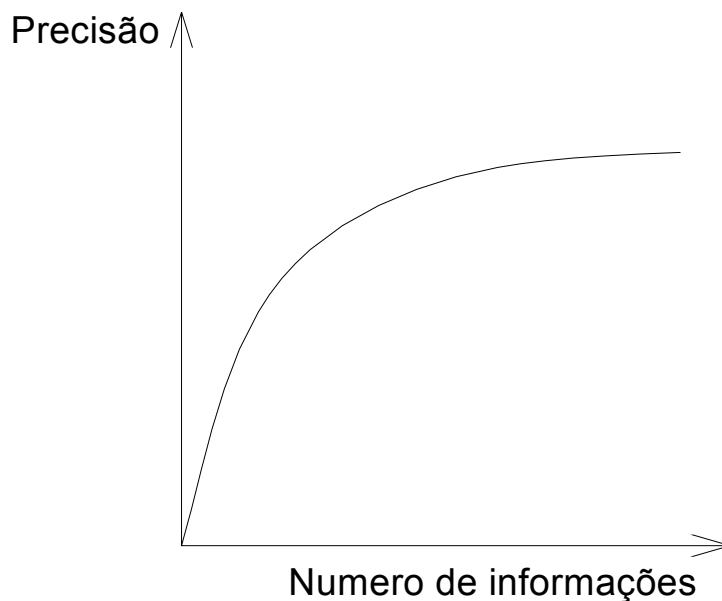


Ilustração 1 – Aumento da precisão com o aumento do número de informações (GRAÇA e GONÇALVES, 1978)

Ao se trabalhar com modelos paramétricos fundamentados em orçamento que mantêm composições e preços unitários similares para os mesmos serviços, a incerteza presente na estimativa do valor médio esperado para o custo total reflete as diferenças entre as características geométricas e as soluções construtivas. Para estes mesmos modelos, a incerteza quanto à estimativa do custo real da obra soma esta variabilidade relacionada a aspectos físicos, as incertezas ligadas a produtividade da mão-de-obra, consumo de materiais e de serviços (OTERO, 2000).

1.3 OBJETIVOS PRINCIPAL E ESPECÍFICOS

O objetivo principal deste trabalho é analisar a viabilidade de uso de modelos e relações paramétricas existentes para estimativas de quantificação de serviços, mão-de-obra e custos de empreendimentos imobiliários residenciais, visando apresentar um modelo que possibilite a análise na fase de anteprojeto.

São objetivos secundários dessa pesquisa:

- Disseminar as metodologias de estimativas paramétricas por meio da aplicação e estudo de caso.
- Analisar dos direcionadores de consumo e custo passíveis de serem utilizados nas equações paramétricas para o estudo de caso.

- Avaliar a conformação morfológica de áreas funcionais, objetivando a tipificação dos projetos com mesmo padrão de acabamento.
- Analisar a precisão alcançada na aplicação dos modelos paramétricos para quantificação de serviços, mão-de-obra e custos dos empreendimentos.
- Formular um paradigma paramétrico para quantificação de serviços, mão-de-obra e custos na fase de investimentos, com base no nível de precisão admitido na etapa de anteprojeto.

1.4 HIPÓTESE GERAL E ESPECÍFICAS

Como hipótese geral, tem-se que as estimativas baseadas em características geométricas, para quantificação de serviços, mão-de-obra e custos de empreendimentos imobiliários habitacionais são adequadas sob o ponto de vista da precisão alcançada.

São hipóteses secundárias dessa pesquisa:

- É possível formular um paradigma para quantificação de serviços, mão-de-obra e custos, com base em pesquisas realizadas em outros universos amostrais.
- A precisão alcançada pelo modelo de estimativas paramétricas é compatível com a etapa de desenvolvimento de projetos e com a incerteza presente no ambiente de construção.
- Estimativas baseadas em modelos e equações paramétricas que consideram mais de um direcionador de custo e consumo estabelecem uma precisão maior do que o Custo Unitário Básico - CUB.

1.5 PRESSUPOSTOS E LIMITAÇÕES DO TRABALHO

Como pressupostos e limitações do trabalho, pode-se citar:

- Os serviços e mão-de-obra passíveis de serem quantificados por estimativas paramétricas são suficientes para alcançar representatividade em relação a totalidade dos serviços.

- A partir da junção de modelos paramétricos é possível realizar a montagem de um paradigma para quantificação dos serviços, mão-de-obra e custos.
- As variáveis que determinam a variabilidade entre os dados estimados e realizados são o padrão de acabamento e o número de dormitórios.
- São válidas as relações matemáticas tomadas como referência para o desenvolvimento desta pesquisa.
- A utilização dos dados e informações apresentados nessa pesquisa está restrito ao ambiente da empresa. O uso das informações e dos dados fora desse limite deve ser precedido da verificação de compatibilidade entre as informações presentes no novo ambiente em estudo.

1.6 ESTRUTURA DA PESQUISA

Esta pesquisa foi dividida em cinco capítulos, de maneira a proporcionar um entendimento dos fundamentos, métodos e sistemática de análise dos dados.

No primeiro capítulo, fez-se uma descrição dos objetivos da pesquisa no contexto da importância e da precisão quanto a utilização de modelos paramétricos.

Em seguida, no segundo capítulo, faz-se uma apresentação das diferentes definições terminológicas de temas tomados como sinônimos e ainda apresenta-se subsídios para entender características geométricas de empreendimentos imobiliários e sua relação com o custo, bem como dados sobre a variabilidade do custo de construção quanto as incertezas no consumo dos suprimentos.

No terceiro capítulo é realizada a apresentação do método de pesquisa utilizado para definir a sistemática de planejamento, levantamento, processamento e análise dos dados, bem como a caracterização do empreendimento e da empresa em estudo.

O quarto capítulo apresenta os resultados obtidos, sendo cada um deles comentado e justificado diante dos objetivos propostos. Pretende-se ainda a partir dos resultados obtidos montar um paradigma para quantificação dos serviços, mão-de-obra e custos para serem aplicados no ambiente da empresa objeto do estudo de caso.

O trabalho é concluído no quinto capítulo, onde serão apresentadas as principais conclusões produzidas pelo presente estudo, abordando temas como a precisão

alcançada e o modelo adotado para formação de um paradigma próprio. São colocadas ainda recomendações para trabalhos futuros desenvolvidos na mesma linha de pesquisa e fundamentados nas necessidades ou dificuldades encontradas ao longo do desenvolvimento desse trabalho.

Por fim, são reunidos os anexos com algumas informações sobre o empreendimento do estudo de caso, tal como planta baixa do pavimento tipo e fachada.

CAPÍTULO 2 - REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo propõe-se formar uma base teórica que ofereça a sustentação para o desenvolvimento deste trabalho, partindo da análise da conceituação terminológica de temas como orçamento e estimativa de custos a fim de definir para o presente trabalho qual o critério adotado para distinção de termos geralmente entendidos como sinônimos e ainda discutir sobre estudos realizados na mesma linha de pesquisa com o objetivo fomentar a aplicação da técnica utilizada no presente estudo.

Nas seções iniciais, serão abordados temas relacionados a orçamento e estimativa de custos, bem como algumas definições terminológicas com o intuito de denotar as diferenças conceituais e tipos entre orçamento e estimativas de custos, com o propósito de determinar qual a definição adotada para o trabalho.

Nas seções seguintes, serão apresentados subsídios que envolvem características geométricas de empreendimentos imobiliários e sua relação com o custo, bem como dados sobre a variabilidade do custo de construção quanto as incertezas no consumo dos insumos. Por fim, serão apresentados dados sobre trabalhos desenvolvidos sobre estimativas de custos, relacionando suas semelhanças metodológicas, além de apresentar dados relevantes para o desenvolvimento do presente trabalho.

2.1 CONCEITUAÇÃO TERMINOLÓGICA

A correta distinção entre os diversos termos designativos para a apropriação de custos de obra de edificações reflete a postura da gerência quanto a tomada de decisão no que tange ao período de maturação do empreendimento e a quantidade de informações disponíveis. Neste sentido, a distinção terminológica entre os conceitos de orçamento e estimativa torna-se relevante.

Preliminarmente será discutida a questão semântica dos custos, uma vez que sua definição é relevante para o entendimento das terminologias infradescritas. Para Ring citado por Franchi (1991), o custo é definido como uma medida de sacrifícios, sobre a forma de trabalho e/ou materiais, gastos na produção de um bem. Portanto, o custo de um empreendimento é sempre uma medida determinística. Martins (1982) endossa a definição acima argumentando que custo é um gasto relativo a um bem

ou serviço utilizado na produção de outros bens ou serviços, diferentemente de despesa, a qual pode ser definida como um bem ou serviço consumidos direta ou indiretamente para a obtenção de receitas e normalmente relacionadas com a administração.

Os custos podem ser classificados de acordo com a produção em diretos e indiretos a seguir descritos:

- **Custos diretos** são aqueles diretamente apropriados para execução dos produtos – materiais, mão-de-obra e equipamentos -, bastando haver uma medida de consumo (MARTINS, 1982). Na construção civil, estão relacionados exclusivamente com os serviços de obra, como a mão-de-obra, os materiais e equipamentos (ANDRADE, 1996). Para Giamusso (1991), custo direto é o somatório dos custos dos materiais e serviços empregados na execução do empreendimento;
- **Custos indiretos** são aqueles provenientes do somatório dos custos dos materiais e serviços necessários, entretanto, não aplicados diretamente na realização de um empreendimento e desta forma, não sendo proporcional a quantidade de serviço executada (GIAMUSSO, 1991). Para Trajano (1988), custos indiretos são aqueles em que se faz necessário qualquer fator de rateio para a apropriação, ou quando há uso de estimativas e não de medição direta. Em empreendimentos, referem-se aos custos de ferramentas, de trabalhos de apoio, de instalações auxiliares a administração e manutenção da obra.

2.1.1 Processo Orçamentário

De acordo com Ávila e Jungles (2001), o conhecimento dos custos de uma empresa é de capital importância para o gerente, principalmente em empresas de engenharia em que os custos acontecem continuamente e em valores expressivos e o faturamento ocorre de forma discreta. Desta forma, o processo orçamentário é um sistema de trabalho que envolve toda a empresa e tem por objetivo prever os custos a serem incorridos e o faturamento que cada produto disponível pode realizar, considerando um determinado período de tempo, visando a avaliar o desempenho da mesma e a conseqüente expressão na projeção do balanço do exercício atual ou subseqüentes.

Segundo Lima (2000), o processo orçamentário compõe-se na determinação dos gastos necessários a realização de um projeto, de acordo com o plano de execução pré-estabelecido, devendo satisfazer os seguintes objetivos:

- Definir custo de execução de cada serviço;
- Constituir-se em documento contratual, servindo de base para o faturamento;
- Servir de referência na análise de investimentos;
- Fornecer informações para o desenvolvimento de coeficientes técnicos confiáveis, tornando a empresa mais competitiva.

Aquele autor conclui que orçamento pode ser entendido como a previsão de ocorrência de atividades que acarretam em custos.

Orçamento é definido como sendo a previsão da receita e despesa de um indivíduo, de uma empresa, de um organismo, materializando-se na descrição pormenorizada dos materiais e dos serviços necessários para realizar uma obra, com a estimativa de preços. Portanto, para a obtenção do orçamento discriminado de uma obra seria necessária a descrição clara de todos os projetos executivos, memoriais descritivos, prazo de execução, disponibilidade de insumos, todos vinculados a capacidade financeira do incorporador (LOSSO, 1995).

Fundamenta-se na desagregação da obra em suas diversas partes, normalmente retratadas por serviços a serem realizados, numa descrição completa de seus aspectos físicos e tecnológicos, com o posterior detalhamento em quantidade e preço de todos os materiais, a mão-de-obra e os equipamentos necessários para sua execução, além de uma previsão dos gastos administrativos a serem englobados no processo construtivo (HIROTA, 1988).

Cabral (1988) classifica o orçamento em empresarial e de produto: o orçamento empresarial visa a empresa na totalidade, abordando questões de vendas, produção, despesas de gestão, caixa e capital, isoladamente; para o orçamento de produto considera que este pode englobar o orçamento de vendas, de caixa e de custos relativos exclusivamente a uma determinada obra. O orçamento de produto pode ainda ser classificado quanto ao nível de decomposição do produto (global ou em partes), quanto ao nível de detalhamento (sumário ou detalhado), quanto a ordenação cronológica ou histórica dentro do projeto (preliminar ou definitivo), quanto ao grau de

precisão (aproximado ou preciso), quanto ao método de cálculo (quantificação direta ou correlação) e ainda, quanto a sua finalidade (viabilidade ou execução).

Conclui-se dentre obras pesquisadas referentes a orçamentos e suas características, que os autores são unânimes em definir que para a elaboração de um orçamento de execução de um empreendimento imobiliário, o orçamentista deve dispor de todas as informações que resultarem em custos, sendo que para a realização deste trabalho faz-se necessário que todos os projetos executivos estejam definidos.

A literatura ainda indica que existem vários tipos de orçamentos na construção civil, os mais comumente utilizados serão apresentados a seguir:

- **Orçamento convencional** tem como parâmetro para o desenvolvimento do orçamento o serviço. Os componentes do projeto são divididos em serviços e estes são quantificados. A partir daí é feita a composição unitária de custo dos serviços, com a qual multiplica-se pelas quantidades apuradas. O somatório do produto das quantidades pelos custos unitários, resulta no custo de execução do projeto. Segundo Heineck (1994), é o orçamento que apresenta a melhor precisão (em torno de 10%). De acordo com o nível de agregação dos serviços, este pode ser apresentado sob a forma analítica ou detalhada – quando a apresentação é feita contemplando todos os serviços e composições unitárias – ou de forma sintética – quando o orçamento é apresentado apenas com a discriminação dos principais serviços. Segundo Losso (1995), é o tipo de orçamento utilizado pela maior parte das empresas e profissionais da construção civil;
- **Orçamento operacional** utiliza como parâmetro para desenvolvimento do orçamento a operação, sendo desta forma considerado o custo real incorrido na execução dos serviços de acordo com a forma que eles incorrem no canteiro de obra ao longo do tempo. Para Galvão (1990), os custos dos materiais são apresentados segundo suas unidades de compra usuais na praça e obtidos a partir da programação da obra, principalmente em função das equipes de trabalho.
- **Orçamento paramétrico** utiliza como parâmetros constantes do consumo de materiais e mão-de-obra por unidade de serviço (FORMOSO e outros, 1986). É

resultado da decomposição da obra nos seus diversos serviços, tendo suas quantidades determinadas e associadas ao custo unitário de execução.

- **Orçamento pelas características geométricas** utiliza como parâmetro a semelhança dos elementos construtivos. Baseia-se na análise de custos por elementos de construção de edifícios que possuem a mesma tipologia. Justifica a influência das características geométricas no custo, pois estas podem ser variáveis para uma mesma área construída, ou seja, as diferentes formas das edificações implicam em diferentes quantidades de insumos (LOSSO, 1995).

2.1.2 Processo de Estimativa de Custo

Estimativa de custo é uma forma de traduzir os custos de execução de um projeto. Sua qualidade é medida em termos de precisão, ou seja, de sua aproximação com o custo real incorrido (FORMOSO e outros, 1986). Paulson e Barrie citado por Formoso e outros (1986), complementam que a estimativa de custo é um processo alimentado por um conjunto de informações e fornece um resultado não determinístico. Entretanto, a estimativa de custo de execução de uma obra não implica necessariamente na elaboração de um orçamento.

Para Losso (1995), a estimativa de custo não possui o objetivo de precisar o valor de uma determinada obra e sim apresentar um intervalo no qual, dependendo das considerações tomadas como parâmetros, o custo do empreendimento esteja compreendido.

De acordo com Sampaio (19__), a estimativa de custo é a avaliação obtida por intermédio do levantamento das quantidades de materiais e serviços, por pesquisa de preços médios e pela aplicação de percentagens estimativas ou coeficientes de correção, efetuada na etapa de estudo preliminar do projeto.

Para Lichtenberg (1985), cada etapa do ciclo do processo de construção mantém diferentes tipos de decisões a serem tomadas, sendo exigidos níveis diferenciados de exatidão nos resultados de estimativas utilizadas em cada uma destas etapas. Todavia, o processo de análise de custos deve preocupar-se em elevar o nível de precisão alcançado somente enquanto se obtém melhoria para a decisão em análise ou este aumento representa utilidade a outro propósito que a empresa julgue importante.

Otero (2000), argumenta que em diversas etapas existe a possibilidade do uso de métodos de estimativa de custos que mantêm níveis de precisão inferior ao orçamento discriminado – considerado como o mais preciso dos métodos –, porém compatíveis com o grau de exatidão exigidos nestes casos.

A bibliografia consultada apresenta uma série de métodos para realizar estimativa de custos de acordo com diferentes tipos de agregação. Conforme Formoso e outros (1986), os custos podem ser agregados pelo custo total, pelo custo dos grandes serviços ou elementos construtivos e pelo custo dos serviços constitutivos do processo de execução da obra, que definem métodos de estimativas apresentados a seguir:

- Pelo método do Custo Unitário Básico, referenciado como CUB: consiste na hierarquização de insumos significativos associados ao preço para uma determinada tipologia de edificação;
- Pela relação entre o custo total e a área de construção: consiste no equacionamento do custo por metro quadrado multiplicado pela área equivalente;
- Pelo custo por volume de construção: consiste no equacionamento do custo por metro cúbico multiplicado pelo volume equivalente ;
- Pela participação percentual das etapas de construção: este método baseia-se na estimativa das porcentagens que as grandes etapas da obra percorrem;
- Pelo custo por unidade de construção: consiste no equacionamento do custo por unidade multiplicado pelo número de unidades;
- Pelo método A.R.C. (Analyse Raisonné et Appréciation Rapide du Coût de Construction – Apreciação Rápida do Custo da Construção): baseia-se na divisão do edifício em elementos de construção adequados ao projeto e medição e cálculo de diferentes elementos de construção;
- Pelo método das quantidades aproximadas: este método pode ser visto como sendo um orçamento onde as medições são realizadas por aproximações;

- Pelas características geométricas: utiliza como parâmetro a semelhança dos elementos construtivos. Baseia-se na análise de custos por elementos de construção de edifícios que possuem a mesma tipologia.

Dentre os métodos para estimativa de custos supracitados existem dois em nível nacional que tem seu uso mais difundido e aceito no sub-setor de edificações, quais sejam, o método do Custo Unitário Básico – CUB e o método da relação linear entre o custo total e a área de construção, os quais serão caracterizados a seguir.

Os CUB é o primeiro instrumento técnico interessado com a caracterização de edificações. Surgiu em 1965 com a aprovação da Norma Brasileira NB-140 – Avaliação de Custos Unitários e Preparo de Orçamentos de Construção para Incorporação de Edifícios em Condomínio - da Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT, cujo objetivo era definir de maneira clara e inconfundível o imóvel e estabelecer regras para a estimativa de seu custo de construção, bem como caracterizar a edificação quanto ao seu padrão de acabamento, tamanho e localização (HIROTA, 1987).

Os CUB foi desenvolvido pela análise de 24 projetos-padrão e representa parte do custo por metro quadrado de construção, pois nem todos os elementos componentes da edificação estão incluídos, tais como elevadores, fundações especiais, emolumentos, custo de projeto, remuneração do construtor e incorporador. Os projetos-padrão diferem-se pelo nível de acabamento, alto, normal e baixo, pela diferenciação 1,4,8,12 pavimentos e duas tipologias construtivas, com 2 e 3 quartos. Esta norma foi revisada e reeditada em 1992 sob a denominação de NBR 12721 – Avaliação de Custos Unitários e Preparo de Orçamento de Construção para Incorporação de Edifícios em Condomínio, sendo que as modificações mais relevantes segundo Solano (1995), referem-se a definição dos lotes básicos e insumos e à especificação dos acabamentos em orçamentos para os projetos-padrão. Os CUB são calculados mensalmente a partir de um lote específico de insumos para cada projeto-padrão pelos Sindicatos da Indústria da Construção Civil de cada estado, sendo este um parâmetro adotado com referência para o custo por área construída para cada tipologia.

O método de estimativa de custo proposto pela norma consiste, na hierarquização dos componentes do custo de construção para cada um dos projetos padrão. Esta

hierarquização visa detectar um número reduzido de insumos que sejam significativos, simplificando a pesquisa mensal de preços para a atualização do CUB (HIROTA, 1987).

Dentre as vantagens para utilização deste método, destaca-se o fato de relacionar o custo de construção com o metro quadrado, ou seja, relaciona o custo com uma das variáveis geométricas que o usuário atribui maior importância no momento da decisão da construção de um empreendimento (LOSSO, 1995).

A utilização do CUB deve ser prudente, uma vez que uma decisão baseada na análise deste método poderia induzir a equívocos no gerenciamento e planejamento das empresas. Tais problemas decorrem do fato do método não considerar as variações geométricas da edificação, o nível de representatividade dos projetos padrão ser limitado e o entendimento de conceitos com aspectos subjetivos tal como a área equivalente de construção (HIROTA, 1987).

Analisando as modificações inseridas na atualização da NB – 140, autores como Solano (1995), Losso (1995), afirmam que ainda persistem algumas falhas com relação aos lotes básicos de insumos, pois ocorrem equívocos na utilização de itens de menor importância deixando-se de apresentar outros itens representativos das especificações da norma para diferentes padrões de acabamento, uso de materiais que não correspondem aos normalmente utilizados no ambiente de construção e na consideração de apenas 46 insumos na formação dos lotes básicos, uma vez que estes incorporam de algum modo os custos dos insumos que não são considerados.

Os problemas apresentados para a utilização deste método incorrem em erro do valor estimado, prejudicando a precisão do modelo. No entanto, segundo Heineck (1986), não existem evidências de que seu uso tenha causado perdas para os agentes econômicos envolvidos, fato que atesta sua popularidade no sub-setor de edificações.

O outro método muito utilizado em nível nacional é aquele baseado no custo total por área de construção. Segundo Losso (1995), este método faz uso de dados referentes a projetos da própria empresa e tende a apresentar uma maior aproximação dos valores realmente incorridos do que o Custo Unitário Básico, procedimento mais generalista e assim, menos representativo quanto aos produtos específicos da construtora em questão.

Na fase inicial de estudos de viabilidade de empreendimentos, o custo global de edifícios tem sido estimado por meio da sua relação linear com a área de construção, sendo este o parâmetro mais difundido para expressar o custo unitário da construção (HIROTA, 1988). Neste método são utilizados dados históricos ou dados obtidos na bibliografia disponível para obtenção do custo por metro quadrado de construção para a tipologia em questão. O custo unitário estimado é então multiplicado pela área de construção, sendo depois realizados ajustes por fatores como localização, tamanho e padrão de acabamento desejado para a edificação (KARSHENAS, 1984 citado por LOSSO, 1995).

Este método apresenta uma série de fatores que viabilizam sua utilização, como o fato da maior parte da informação estar disponível neste formato, a rapidez de cálculo, a facilidade de determinação da área do pavimento e a maior utilidade para construtores e projetistas do conhecimento desta relação custo por área do que de outros indicadores em função de uma maior facilidade de interpretação. Entretanto, apresenta a desvantagem de considerar fatores corretivos de acordo com variações em termos de métodos construtivos, qualidade de materiais e equipamentos, não considerar variações quanto a distribuição de espaços e a diferença entre pisos, bem como a necessidade de realizar separadamente o cálculo de custos para serviços especiais, como fundações e acabamentos de fachada, seja por percentagens ou por quantidades aproximadas (BEZELGA, 1981 citado por OTERO, 2000).

O principal propósito deste item foi a realização de uma descrição sumária dos conceitos e tipos de orçamento e estimativa de custos, a fim de identificar subsídios para distinguir a questão semântica entre estes conceitos geralmente considerados como sinônimos, uma vez que ambos tem a mesma intenção – custear uma edificação. Portanto, adota-se para este trabalho de acordo com as obras pesquisadas que orçamento e estimativa diferenciam-se pelo fato do orçamento ser elaborado após a conclusão de todos os projetos detalhados necessários para a execução do empreendimento e estimativa, por sua vez, é elaborada na fase preliminar de estudo quando se dispõe apenas do anteprojeto arquitetônico.

2.2 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS E CUSTO DAS EDIFICAÇÕES

Os produtos do setor de construção podem ser analisados como combinações de categorias conhecidas de diferentes componentes, sendo que o projeto de um edifício representa apenas uma das combinações possíveis. Diante disso, determinadas edificações podem ser reunidas em conjuntos nos quais se aponta uma extrema similaridade entre as opções adotadas, levando à existência de um padrão ou pequenas variações sobre este padrão. Sendo assim, mesmo relacionando-se com diferentes empresas e arquitetos, tais edificações poderiam ser consideradas dentro de um mesmo estereótipo, com as opções diferentes dentro deste universo apresentando-se em um número relativamente pequeno (ATKIN, 1993 citado por OTERO, 2000).

Mesmo sendo a heterogeneidade - considerando os materiais e profissionais envolvidos em cada empreendimento - 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 de elementos funcionais, viabilizando desta maneira estimativa de custos por características geométricas (LOSSO, 1995).

Como a economia na construção de edificações pode ser obtida na fase de concepção, ou seja, na fase de anteprojeto e projeto, por meio de procedimentos simples e racionais como a organização racional do espaço, o dimensionamento rigoroso de seus componentes, o estudo da disposição de seus compartimentos e a observância de regras geométricas (ROSSO, 1978; MASCARÓ, 1998). Ainda conforme Rosso (1990), a racionalização do projeto é realizada por interação, visando compatibilizar o custo e a qualidade. Nesse processo o arquiteto não pode utilizar apenas valores monetários obtidos por meio de orçamentos.

As decisões arquitetônicas envolvem diversos aspectos e enfoques, tais como a estética, a funcionalidade, a durabilidade, o conforto ambiental, as técnicas construtivas e a forma, entretanto, existe apenas um fator comum a todos capaz de equilibrar os benefícios que cada um promove: o custo. Para Mascaró (1998), os produtos são reavaliados sob diversos pontos de vista, tornando-se indispensável analisar os aspectos econômicos das decisões arquitetônicas, bem como sua influência no custo do produto final. Sob o ponto de vista econômico, a construção de

edifícios é a síntese das decisões adotadas sobre materiais, técnicas construtivas empregadas e expressões formais que os profissionais do setor adotam, com o objetivo de melhorar a qualidade e diminuir o custo (MASCARÓ e MASCARÓ, 1981).

Para Trajano (1984), as obras de construção apresentam duas dimensões principais a saber:

- Dimensão física: definida pela dimensão que mais caracteriza a edificação;
- Dimensão temporal: definida pelo tempo de execução do empreendimento.

Com relação a dimensão física e ainda a modelagem do custo das obras de construção, Mascaró (1998), define a estrutura geométrica de um edifício como um conjunto de planos horizontais em intersecção com planos verticais, formando os espaços projetados. Quanto a análise da modelagem do custo, um edifício pode ser dividido em duas partes básicas, quais sejam, os espaços projetados que representam 75% do custo de construção e os equipamentos necessários para que o edifício possa cumprir sua função correspondente aos 25% do custo restante. Analisando isoladamente cada uma das partes do edifício, se percebe que a variabilidade se comporta de maneira diferente, apesar de que construtivamente elas estão fortemente ligadas. O custo dos espaços projetados depende fundamentalmente das resoluções dimensionais adotadas para o edifício, tais como área, altura do pé direito, número de pavimentos, padrão de acabamento, dentre outras. Por sua vez, o custo dos equipamentos depende de decisões dicotômicas, ainda que haja alguma influência das decisões dimensionais, embora com peso inferior. Analisando a distribuição do custo das edificações segundo os planos horizontais, os planos verticais e os equipamentos, Mascaró (1998), apresenta as conclusões no quadro 1:

Quadro 1 – Composição do custo do edifício, segundo planos horizontais, verticais e instalações, em edificações habitacionais (MASCARÓ, 1998).

Classificação do elemento	Composição	Participação (%)
Elementos que formam os planos horizontais.	Parte horizontal da estrutura e das fundações, telhado, pisos e parte horizontal do revestimento e da pintura.	26,79
Elementos que formam os planos verticais.	Parte vertical da estrutura e das fundações, alvenarias, aberturas, revestimentos interno e externo, parte vertical da pintura.	44,84
Instalações	Elétrica, telefônica, hidráulica, gás, louças e metais e elevador	24,33
Instalações provisórias, limpeza da obra e outros trabalhos não considerados	4,02

O valor aproximado de 45% para os planos verticais pode variar de acordo com os materiais e técnicas construtivas empregadas, de acordo com o tamanho médio dos compartimentos e ainda com a sua forma, ou seja, com seu grau de compacidade. Mascaró (1998), exemplifica a importância da questão morfológica das edificações com reflexo nos custos, utilizando uma superfície quadrada de 1,0 m x 1,0 m, sendo que sua área é 1,0 m² e seu perímetro é 4,0m. Supondo uma diminuição de 10% em sua área resultará 0,90 m² e seu perímetro passará para 3,80 m o que representa uma diminuição de 5% no perímetro. Analisando a redução de 10% da área se obtém a seguinte influência nos custos:

- Nos 25% dos custos ligados aos planos horizontais, 10% a menos em sua área corresponderá a uma redução de 2,5% nos custos;
- Nos 45% dos custos ligados aos planos verticais (relativos a diminuição de 5% do perímetro), haverá uma redução de apenas 2,2% nos custos;
- Os demais itens são praticamente independentes da superfície.

Com efeito, a redução total dos custos será de 4,7%, representando menos da metade da porcentagem de diminuição da superfície (10%).

Losso (1995), apresenta exemplos considerando formas geométricas circulares, quadradas e retangulares de mesma área, com influência no consumo de materiais. O autor analisa um compartimento de $4,0 \text{ m}^2$ para diferentes formas, a seguir definidas:

- Circular terá um raio de 1,13 m e um perímetro de 7,10 m;
- Quadrada terá um lado de 2,0 m e um perímetro de 8,0 m;
- Retangular de lados 1,0 m e 4,0m terá um perímetro de 10 m.

Os compartimentos executados de três formas diferentes conforme ilustração 2, e com os mesmos materiais, não terão o mesmo consumo destes em função dos perímetros serem diferentes, apesar das áreas serem iguais, pois ocorre uma diferença na produtividade de execução de paredes curvas além das diferenças das aberturas e instalações que também são distintas.

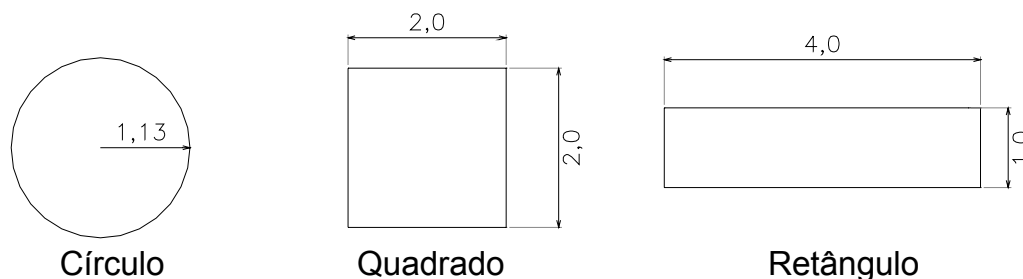


Ilustração 2 – Formas geométricas (LOSSO, 1995)

Além disso, conforme exemplificado na ilustração 3, o autor apresenta outro fator importante para se considerar em uma edificação que influencia nos custos de construção que é a disposição dos compartimentos que a compõe, ou seja, modificando a disposição das paredes para uma mesma área construída, pode-se obter valores com grandes variações no consumo de materiais, uma vez que o aumento da área de paredes identificado na disposição 02, implicará no aumento do consumo de insumos.

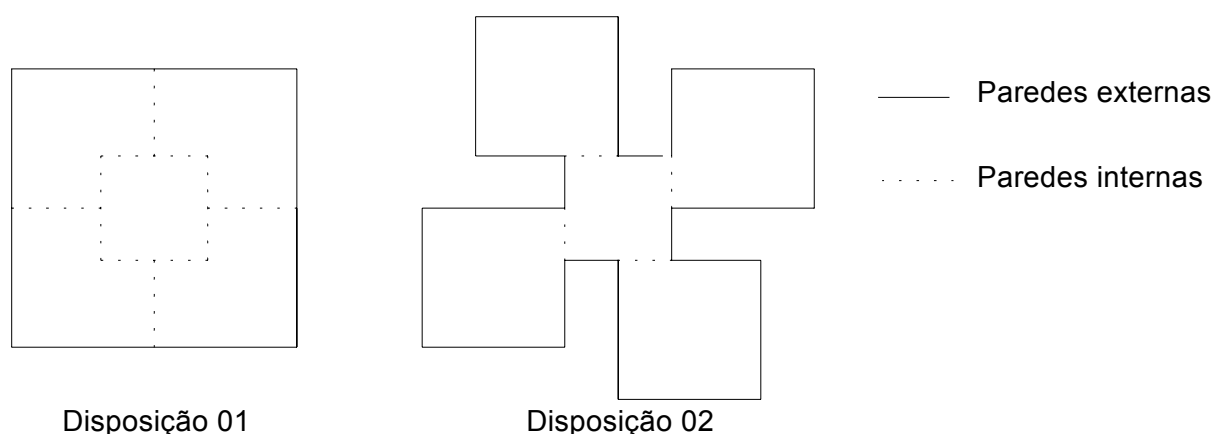


Ilustração 3 – Distribuição dos compartimentos (LOSSO, 1995).

Entretanto, ocorre que na etapa de projeto – momento em que é definida a forma da edificação - as informações disponíveis para a elaboração de estimativa de custo estão interessadas nos requisitos e necessidades dos usuários do que no processo construtivo. Diante disso, se adota a sistematização de variáveis identificadas por elementos funcionais da edificação, de maneira a contribuir para viabilização de estimativa de custos, dispensando a necessidade da discriminação dos serviços a serem executados.

Neste sentido, a alternativa mais eficiente para estimativa preliminar de custo é a comparação entre índices que representem uma parcela significativa de seus custos, uma vez que a comparação entre alternativas de projeto por meio de orçamentos completos se apresenta não apenas trabalhosa mas também insuficientes, já que ainda não se dispõe dos projetos complementares para realizar o levantamento completo dos serviços a serem executados. Para avaliar as decisões de projeto sob a ótica econômica, devemos utilizar uma metodologia que permita analisar uma a uma, ao passo que elas forem adotadas. Desta forma, para que se possa viabilizar uma análise comparativa de custos, a melhor maneira é dividir o edifício em elementos ou partes funcionais de maior influência nos custos (MASCARÓ, 1998).

Neste sentido, Hirota (1987), define os elementos funcionais de maior representatividade como partes da edificação que desempenham sempre a mesma função, independente do tipo de construção ou especificações e ainda tem participação efetiva nos custos, são facilmente identificáveis e tem uma definição precisa.

Rosso (1990), Mascaró (1985), Hirota (1987), apresentam os elementos funcionais de maior representatividade nos custos, dentre os quais:

- Paredes externas;
- Paredes internas;
- Circulação horizontal;
- Circulação vertical;
- Esquadrias.

Além destas variáveis, Oliveira (1990) e Hirota (1987), definem outras variáveis de caráter geométrico como direcionadores para análise de custos de edificações:

- Área construída do pavimento tipo;
- Área construída do pavimento térreo;
- Área construída do pavimento cobertura;
- Número de pavimentos;
- Índice de compacidade;
- Portas no pavimento tipo;
- Janelas do pavimento tipo;
- Número de dormitórios;
- Perímetro e área da lavanderia;
- Perímetro e área da cozinha;
- Perímetro e área do banheiro;
- Perímetro e área do dormitório;
- Área útil da unidade;
- Área de sacada.

Além disso, Otero (2000), argumenta que as decisões relacionadas em nível de acabamento, a distribuição dos espaços e a quantidade de pavimento, definem as

diferenças em termos de custo para o empreendimento e são dependentes da estratégia planejada pela empresa em função da adequação do edifício a seus clientes, sendo que tais características juntamente com as opções adotadas com relação a equipamentos definem o universo tipológico no qual uma edificação se enquadra.

Desta forma, e pelo que foi descrito neste item, admite-se que uma edificação pode ser caracterizada morfológicamente por elementos construtivos e serviços presentes na construção de um empreendimento imobiliário dentro de uma determinada tipologia, inclusive relacionando os elementos construtivos e serviços com as principais características geométricas da edificação.

Neste sentido, a área do piso é uma das principais variáveis geométricas que caracterizam a edificação e esta diretamente associada às quantidades de alguns serviços como contrapiso, revestimento de piso, gesso corrido, revestimentos e pintura de teto (OTERO, 2000). Oliveira (1990) e Losso (1995), apontam para o fato de que os diversos compartimentos presentes nas edificações podem ser divididos entre aqueles cujas áreas se mantêm constante para diferentes obras ou são função da área útil do apartamento, variável relacionada à área do pavimento tipo, de maneira a possibilitar a estimativa de áreas específicas para cada tipo de ambiente de maneira a distinguir as diferentes formas possíveis para revestimentos dos diversos compartimentos.

O elemento construtivo parede, determina a quantidade de diversos serviços como alvenaria, rebocos interno e externo, pintura, revestimentos internos e externos e rodapés. A quantidade de paredes depende basicamente do pé direito, dos perímetros da edificação e dos compartimentos internos, sendo que a partir daí derivam o comprimento das paredes e a área de abertura presente. Neste sentido, Rosso (1978), afirma que ao se obter o menor perímetro mantendo-se constante a área delimitada, o custo unitário por área se reduz, sendo este um aspecto puramente geométrico e independente dos materiais utilizados ou técnicas construtivas adotadas. Desta forma, a quantidade linear de paredes pode ser relacionada à área do piso, sendo apresentado de maneira direta como razão entre estas variáveis ou englobado no indicador denominado índice de compactidade, o qual mede quanto um projeto é econômico com relação as paredes e é definido como a relação percentual

que existe entre o perímetro de um círculo de igual área do projeto e o perímetro das paredes.

Mascaró (1998), diz que dificilmente os projetos se aproximam do índice de compacidade máximo - forma circular -, contudo, quanto mais próximo desse número, menor será o custo de construção e menores também as perdas e ganhos térmicos indesejáveis. Matematicamente o índice de compacidade (I_c) pode ser calculado pela expressão abaixo:

$$I_c = \frac{(2 \sqrt{A_p \times \pi})}{P_p} \times 100 \quad (01)$$

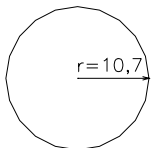
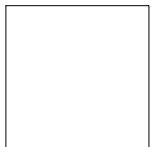
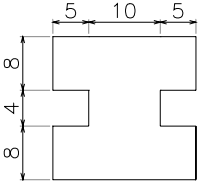
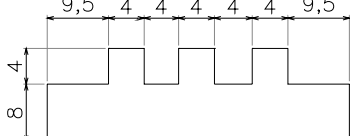
I_c : índice de compacidade;

P_p : perímetro das paredes exteriores, em planta, do projeto;

A_p : área da superfície do projeto.

No quadro 2 será apresentado diversas formas de planta, com a mesma área do pavimento tipo e seus respectivos índices de compacidade, a fim de ilustrar como as formas da edificação podem implicar em variações nas quantidades de insumos consumidas e conseqüentemente nos custos incorridos para as paredes externas.

Quadro 2 – Índice de compacidade e perímetro de paredes externas para diversas formas de pavimento tipo (NETO e CASTRO, 1990).

Forma da Planta	Área Pavimento Tipo	Perímetro Paredes Externas (m)	Índice de Compacidade
	360	67,27	100
	360	75,89	89
	360	100	67
	360	118	57

Oliveira (1990), afirma que a forma dos edifícios está condicionada a do terreno, que por sua vez apresenta-se na maioria das vezes retangular. Hirota (1987), afirma que o envelope da edificação – características externas – é definido pelos índices de controle urbanístico. Neste sentido, considerando o fato de que existem diversas possibilidades para arranjos arquitetônicos que afetariam a quantidade de paredes externas, estudos apresentados sobre diversos conjuntos tipológicos apresentaram baixa variabilidade dos índices relacionados a esse quesito, conforme quadro 3.

Quadro 3 –Índice de compacidade de paredes externas para diferentes conjuntos tipológicos.

Autor	Índice de Compacidade	Coefficiente de Variação (%)
HIROTA (1997)	68,35	16,29
OLIVEIRA (1990)	66,30	13,91
LOSSO (1995)	66,10	10,15
SOLANO (2003)	69,70	14,69

Mascaró (1998), coloca que a relação entre a quantidade linear total de paredes e a área do pavimento tipo origina-se diretamente do tamanho e da forma do edifício e de seus compartimentos. Heineck e Oliveira (1994), apresentam um estudo referente as formas dos compartimentos de um apartamento, analisado por regressão linear as características de perímetro e área de piso para os compartimentos sala, dormitório, banheiro e cozinha, num determinado conjunto tipológico, estabelecendo para a relação entre estas variáveis um coeficiente de determinação aproximado de 85%, que representa a proporção de uma das variáveis explicar a variação da outra, que neste caso é bastante significativo.

De acordo com o que foi apresentado, pode-se inferir que os serviços de construção de uma edificação podem ser identificados a partir de um número reduzido de características físicas, como área total, área do pavimento tipo e algumas decisões específicas de projeto, desde que nas relações encontradas haja uma variação estatisticamente aceitável dentro do universo tipológico. Deve-se considerar ainda conforme Otero (2000), que o custo direto de uma edificação é formulado principalmente pela atuação de dois fatores: a caracterização física, identificada pela determinação dos elementos construtivos necessários para sua realização e os insumos físicos e humanos utilizados na produção dos elementos construtivos. Cada um dos fatores está sujeito a variações em seu conteúdo, sendo que a união das variações determina o nível de incerteza presente no processo de construção e de precisão que podem ser alcançados nas estimativas de custo. Neste sentido, a seguir serão apresentados as causas e valores para a variabilidade na quantificação da mão-de-obra e de materiais.

2.2.1 Variabilidade Quanto a Quantificação da Mão-de-Obra

Na construção civil, o termo medição é comumente utilizado para designar a leitura das quantidades e serviços realizados com efeito na remuneração destes serviços. Portanto, a medição para fins orçamentários, tem como objetivo quantificar os serviços a serem executados, por meio de levantamento de quantitativos (FORMOSO e outros, 1986).

A partir das quantidades de serviço determinadas na caracterização do edifício, são identificados os insumos necessários para execução. Neste sentido, os materiais e a mão-de-obra têm seus quantitativos calculados em função de composições ligadas a

unidade de produção de cada serviço, utilizando-se valores médios esperados para estas quantidades. No entanto, o ambiente real de construção estabelece fatores que determinavam variações sobre estes valores no que concerne a quantidade de insumos que serão utilizados (OTERO, 2000).

A variabilidade relacionada a produtividade de mão-de-obra é inerente ao processo produtivo da construção. Atividades similares podem se tornar mais fáceis ou difíceis de executar em função de características específicas de projeto, ou seja, mesmo em tarefas exatamente iguais podem ocorrer variações geradas por diversos fatores (MACHADO, 1997). Neste sentido Heineck (1991), argumenta que existem diversos fatores que influenciam na produtividade da mão-de-obra, quais sejam: as condições climáticas, o tamanho e características da obra, a repetição das operações de trabalho, a continuidade das tarefas, a concentração de serviços, o grau de dificuldade e complexidade do serviço, a qualidade do gerenciamento em planejamento e supervisão, as mudanças de programação, a quantidade de materiais, a disponibilidade de materiais e equipamentos, os meios de comunicação, a utilização de empreiteiros, a motivação dos operários, as relações de grupo, a rotina de pagamento, a distribuição e complexidade do canteiro, a habilidade e experiência da equipe, a utilização de horas extras, o absenteísmo e rotatividade de pessoal, a segurança e limpeza do canteiro e as mudanças em relação ao projeto.

A NBR 12721 propõe produtividades para a mão-de-obra diferenciada de acordo com o padrão de acabamento, número de pavimentos e a tipologia para dois e três quartos, admitindo desta forma que a produtividade é variável segundo esses aspectos, conforme apresentado no quadro 4.

Quadro 4 – Valores de produtividade apresentados pela NBR 12721, em hh por m² de área de construção da edificação.

Número de Andares	2 Quartos			3 Quartos		
	Padrão Alto	Padrão Normal	Padrão Baixo	Padrão Alto	Padrão Normal	Padrão Baixo
H1	99,00	94,00	87,00	79,00	75,00	70,00
H4	69,00	64,00	57,00	58,00	54,00	49,00
H8	66,00	60,00	54,00	55,00	51,00	46,00
H12	64,00	59,00	52,00	54,00	51,00	45,00

Heineck (2002), analisando a tabela 3 comparativamente com outros trabalhos sobre produtividade, indica que o consumo de mão-de-obra nas edificações térreas (H1), é consideravelmente maior pela grande incidência dos custos de canteiro, infraestrutura e cobertura, que são diluídos por uma quantidade menor de área de construção. Da mesma forma, há um ligeiro decréscimo ao passo que a edificação ganha altura pela diluição ainda maior destes consumos fixos iniciais referentes ao canteiro, infraestrutura e cobertura. Os consumos são maiores para as edificações com 2 quartos aparentemente pela maior proporção de parede internas, paredes externas e áreas molhadas em relação a área de construção. Em relação ao padrão de acabamento, a variação para os valores de consumo de mão-de-obra por metro quadrado podem chegar em até 12 hh para edificações com dois quartos e 9 hh para edificações com três quartos, quando comparados edificações de alto padrão e baixo padrão.

A variabilidade da produtividade da mão-de-obra pode ser verificada no estudo realizado por Machado e Heineck (1997), por meio da comparação da produtividade para o serviço de armação de vigas e lajes sob um programa de incentivos financeiros em oito edifícios de uma construtora, apresentando um coeficiente de variação de 15,5%, representados no quadro 5.

Quadro 5 – Produtividade para o serviço de armação de vigas e lajes, em kg/hh (MACHADO e HEINECK, 1997).

	Índice de Produtividade
Obra 1	20,05
Obra 2	20,85
Obra 3	21,66
Obra 4	15,99
Obra 5	21,62
Obra 6	17,97
Obra 7	13,48
Obra 8	18,29
Média	18,74
Desvio Padrão	2,90
Coeficiente de Variação	15,50%

Outro estudo apresentado por Leão (1997) sobre a quantidade de homens-hora de pedreiro necessária para realização do serviço de alvenaria, medido mensalmente

para dois edifícios da mesma construtora, apresenta diferenças aproximadas de 13% com relação a maior produtividade obtida, representada no quadro 6.

Quadro 6 – Consumo mensal de pedreiro em hh/m² para o serviço de alvenaria em duas obras (LEÃO, 1997).

	Obra 1	Obra 2
Mês 01	0,640	0,875
Mês 02	0,644	0,810
Mês 03	0,789	0,767
Mês 04	0,843	0,780
Mês 05	0,648	0,781
Mês 06	0,647	0,813
Média	0,702	0,804

Heineck e Panzenter (1989), afirmam que os grandes serviços que consomem elevadas quantidades de mão-de-obra possuem um maior poder de diluição dos tempos de mobilização e desmobilização para a execução das tarefas e ainda que os serviços apresentem uma tendência de aumento de precisão com o crescimento do tamanho das atividades. Assumem como avaliação geral do nível de incerteza que os consumos reais de mão-de-obra se distribuem em torno de valores médios segundo um coeficiente de variação entre 10 e 20%. Sendo assim, é possível estimar o consumo de mão-de-obra a partir de índices de consumo por grandes elementos da obra.

2.2.2 Variabilidade quanto a quantificação dos materiais

Para Losso (1995), a construção civil é reconhecidamente um setor de utilização intensiva de mão-de-obra, entretanto, quando a análise é voltada aos custos dos insumos necessários a produção, o custo dos materiais é responsável por uma grande parcela do custo total da construção. Em sua pesquisa, apresenta os dados do quadro 7.

Quadro 7 – Participação média dos insumos no custo total da obra (LOSSO, 1995).

Insumo	Participação (%)
Materiais	59,00
Mão-de-obra	24,00
Serviços	17,00
TOTAL	100,00

A quantidade de materiais consumida na construção de um edifício é indicada pelos quantitativos de serviços previstos, porém um conjunto de fatores de origem interna ou não ao canteiro, determina que estas mantenham uma variabilidade. Tais fatores normalmente atuam de maneira independente e a presença destes e a intensidade de sua influência sobre a quantidade de materiais consumidos modifica-se de canteiro para canteiro. A variabilidade no consumo de materiais é determinada pela perda de materiais, sendo esta definida como a quantidade de material consumida que excede a previsão feita para determinado serviço. Neste sentido, Otero (2000), define três fatores que determinam o consumo global de materiais numa obra: aqueles materiais projetados para a execução do empreendimento; aqueles que são englobados na edificação sem a real necessidade de seu uso; e aqueles em que ocorre a disposição como resíduos e entulhos, sendo o segundo e o terceiro mais fortemente ligados ao conceito de perdas.

O fato de existir o consumo elevado de materiais, de maneira a gerar perdas é atribuído a uma série de fatores envolvidos no processo de construção: o projetista dos materiais, dos equipamentos e da edificação; quem determina especifica quantidades e administra a obra; e quem gerencia o canteiro de obra. De modo geral, os fatores que influenciam no consumo de materiais no canteiro de obra podem ser atribuídas a qualidade do gerenciamento de materiais, no que se refere a aquisição, aos sistemas de comunicação interna e externa, ao sistema de supervisão de execução dos serviços, ao sistema de transporte e armazenamento de materiais, a qualificação da mão-de-obra, as alterações de projeto e condições de higiene e segurança do canteiro (SKOYLES e SKOYLES, 1987 citado por OTERO, 2000). Existem ainda perdas inevitáveis como a dos tijolos e argamassas quebrados nos rasgos das instalações elétricas e hidráulicas.

Agopyan e outros (1998), apresentam o resultado de uma pesquisa referente ao desperdício de materiais em diversos canteiros de obras no país, seguindo a mesma metodologia para levantamento dos dados, de forma a permitir a caracterização da variabilidade existente no consumo dos materiais, conforme apresentado no quadro 8.

Quadro 8 – Indicadores Globais de Consumo de Materiais como Porcentagem do Consumo Padrão (AGOPYAN e outros, 1998).

	Média	Coefficiente de Variação	Mínimo	Máximo	Tamanho da Amostra
Materiais básicos					
Areia	176%	44,89%	107%	411%	28
Saibro	282%	19,50%	234%	347%	4
Cimento	195%	56,92%	106%	738%	44
Brita	175%	62,29%	109%	394%	6
Cal	197%	88,32%	106%	738%	12
Estrutura e Alvenaria					
Concreto Usinado	109%	4,59%	102%	123%	35
Aço	110%	3,64%	104%	116%	12
Blocos e Tijolos	117%	10,26%	103%	148%	37
Argamassa para Alvenaria	216%	28,33%	126%	305%	2
Revestimento Argamassados					
Argamassa para Chapisco	121%	9,09%	114%	129%	2
Argamassa para Emboço	199%	43,72%	105%	309%	4
Argamassa para Contrapiso	142%	5,63%	136%	147%	2
Instalações					
Eletrodutos	115%	2,61%	113%	118%	3
Condutores	125%	8,80%	114%	135%	3
Tubos Hidrossanitários	120%	14,17%	108%	156%	7
Outros Revestimentos					
Placas Cerâmicas	116%	10,34%	102%	150%	18
Gesso	145%	46,90%	86%	220%	3
Tintas	116%	6,90%	108%	124%	3

O quadro 8 apresenta os valores para consumo real em forma de porcentagem do consumo previsto em orçamento, com médias, mínimos e máximos calculados com o acréscimo de 100 aos números apresentados para perdas e com o cálculo de novos coeficientes de variação a partir dos desvios padrão calculados para cada item analisado. Segundo o estudo realizado por Agopyan e outros (1998), estabelece-se

um nível de incerteza relacionado ao consumo de materiais na construção de edifícios com coeficientes de variação entre 5% e 50%, conforme o material.

2.3 DISCUSSÃO SOBRE TRABALHOS DE ESTIMATIVA DE CUSTOS UTILIZANDO CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

Diversos trabalhos foram desenvolvidos com o objetivo de analisar o custo de uma edificação associado a suas características geométricas, indicadores e parâmetros geométricos, dentre os quais pode-se citar o livro de Mascaró (1998) e dissertações de mestrado como a de Hirota (1987), Oliveira (1990), Losso (1995), Araújo (1997), Otero (2000) e ainda o trabalho de Solano (2003). Será demonstrado a partir desses trabalhos que os custos de uma edificação podem ser reproduzidos a partir das tipologias das edificações e suas características geométricas. Nessas publicações existem conclusões e dados sobre indicadores, parâmetros e características geométricas para serem utilizadas na fase de investimento dos empreendimentos imobiliários que serão discutidos no desenvolvimento deste item.

Neste sentido, parte-se da afirmação de Carr (1989), que considera uma estimativa de custo uma previsão, uma aproximação, que produz informações para decisões empresariais e se apresenta como substituto para a medição real, quando esta não é viável física ou economicamente. Considerada acurada quando é suficientemente próxima ao valor real, de modo que as decisões tomadas com base nesta estimativa são similares àquelas fundamentadas num ambiente real, caso sua caracterização fosse possível.

Dessa forma, justifica-se a análise de custos por características geométricas, pois na fase de anteprojeto não se dispõe de projetos executivos completos de maneira a inviabilizar a medição real além do que, seria trabalhoso e economicamente inviável elaborar projetos completos, e a partir deles realizar todos os levantamentos necessários para elaboração dos orçamentos, caso se queira comparar diversas alternativas para projetos.

Em relação ao método de estimativa de custos por características geométricas, um trabalho desenvolvido nos EUA denominado Parametric Cost Estimating Handbook, citado por Otero (2000), argumenta que para uma estimativa de custos, há dois tipos de incertezas que podem ocorrer, de forma a prejudicar a precisão: uma relacionada a problemas presentes no método utilizado, resultante da omissão de variáveis de

custo, má especificação de coeficiente e relações matemáticas, além da falta ou inconsistência de dados históricos utilizados; outro advindo da dificuldade em obter-se o desempenho a ser alcançado dentro da rotina de produção, em virtude de acontecimentos imprevistos ligados aos recursos e programação do processo de produção.

2.3.1 Processo de Estimativa de Custos por Características Geométricas

O processo de estimativa de custos por características geométricas utiliza informações menos detalhas, ou seja, aquelas disponíveis nas primeiras etapas de elaboração do projeto. Desta forma, parte-se pela definição da tipologia do edifício sendo considerado a localização, os índices urbanísticos, o padrão de acabamento, o programa de apartamentos e a capacidade econômica, financeira e operacional da empresa construtora. Em seguida são definidas as características geométricas mais representativas do edifício como a área total de construção, a área dos pavimentos tipo e subsolo, o período de construção, o número de apartamentos por andar, o número de banheiros, o número de elevadores, dentre outras que serão apresentadas no desenvolvimento do trabalho, de maneira a estabelecer relações paramétricas que estimam os custos das diversas partes componentes da edificação em termos de serviços, material e mão-de-obra e ainda apresentam indicadores e parâmetros de racionalidade de projeto.

Estimativa paramétrica de custos são amplamente utilizadas nos diversos segmentos da indústria, entretanto, os modelos utilizados são muito simples fundamentando-se em apenas uma característica como por exemplo à área de construção, conforme apresentado no item 2.2. Contudo, a técnica em estudo, permite a elaboração de modelos mais complexos e abrangentes possibilitando estabelecer uma maior confiabilidade para a estimativa, pois faz uso de um número maior de elementos funcionais, obtidos pela segmentação do custo global, além de utilizar parâmetros estatísticos mais avançados.

A utilidade da metodologia de estimativa no processo construtivo, não se restringe apenas a perspectiva de custos, conforme apresentado no trabalho de Araújo (1997), mas também pode caracterizar o processo construtivo pela quantidade de serviços e insumos, bem como utilizando equações de regressão, a quantificação de elementos

construtivos, como paredes internas e externas, tipos de pisos para as diferentes áreas, esquadrias, revestimentos em geral, dentre outros.

Neste sentido, Otero (2000), destaca que a utilidade dos modelos e relações paramétricas de custos é adequada ainda ao processo de decisão ligadas na apresentação de propostas comerciais em licitações, no balizamento dos custos quanto a adoção de alternativas de projeto ou processos tecnológicos de produção, auxilia na verificação de orçamentos detalhados e no controle global da obra no tocante aos custos de produção, fornece parâmetros para os consumos de material e mão-de-obra, e ainda pode ser utilizado na fundamentação de questões tributárias e de seguridade social quando houver necessidade de avaliações expeditas.

2.3.2 Definição e Sistemática de Utilização de Estimativa de Custo por Características Geométricas

Estimativa de custos por características geométrica ou estimativa paramétrica de custos é um método que utiliza relações matemáticas denominadas de relações paramétricas. Tais relações estabelecem uma ligação entre determinado custo e uma característica técnica do produto, de tal forma que o parâmetro técnico seja de uma ordem que caracterize de modo claro o produto em estudo e também mantenha uma boa correlação estatística com o custo a ser estimado dentro da relação paramétrica que o utiliza. As características que definem o custo a ser estimado, como por exemplo a área do pavimento tipo ou área global de construção são denominadas de direcionadores de custo.

Objetivamente, relações paramétricas de custo são expressões matemáticas que descrevem a ligação entre valores de custo com variáveis dependentes a um ou mais parâmetros técnicos do produto, sendo que a segmentação do custo total por meio da utilização de direcionadores de custo possibilita a composição de um grupo de relações paramétricas de custo que quando são utilizadas em conjunto formam a estrutura denominada de modelo paramétrico de custo (trabalho desenvolvido nos EUA denominado Parametric Cost Estimating Handbook, citado por Otero 2000).

Segundo Losso (1995), o modelo proposto se baseia na utilização de análises de custos por elementos de construção, visando a flexibilização e a facilidade de cálculo. Os elementos de construção são subdivididos de forma a possibilitar sua

caracterização por índices que representem as quantidades de serviços necessárias para a execução da obra.

A sistemática para utilização de relações paramétricas de custos compõe-se em três etapas a serem consideradas, conforme apresentado a seguir:

- Levantamento e análise dos dados: compreende as atividades de coleta e sistematização de dados necessários para a produção de estimativas, bem como a análise da funcionalidade dos dados;
- Análise de direcionadores de custo e das relações paramétricas: compreende a definição dos principais fatores que caracterizam o produto e tem maior influência sobre seu custo, de forma a definir a equação paramétrica. Neste sentido utilizam-se alguns poucos parâmetros que possuem impacto mais significativo sobre o produto em análise;
- Validação do modelo paramétrico: compreende a aplicação do modelo e a comparação de quanto o modelo prediz o custo real, de tal forma que caso seja obtida uma margem de erro aceitável, toma-se como válida a utilização do modelo para produtos do mesmo padrão.

2.3.3 Avaliação Estatística

O conhecimento do comportamento das variáveis estudadas sob o ponto de vista estatístico é importante na medida em que fomenta a modelagem das equações de custos, analisa a dispersão dos valores com relação aos parâmetros estatísticos aceitáveis e também determina a equação de regressão para cada equação paramétrica de custos.

Neste sentido, os dados dos trabalhos desenvolvidos sobre estimativa de custos por características geométricas apresentavam níveis de incerteza para cada relação paramétrica de custos e considerando ainda que eles foram desenvolvidos com base no teorema do limite central (X) – média aritmética -, foi necessário fazer a medição do grau de dispersão para cada relação, utilizando-se para tanto o desvio padrão (S) e o coeficiente de variação (CV), conforme as equações 02 e 03 respectivamente apresentadas a seguir:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - X_m)^2}{n - 1}} \quad (02)$$

X_i : valor de cada dado da amostra;

X_m : valor médio da variável para aquela amostra;

n: número de dados da amostra.

$$CV = \frac{S}{X_m} \text{ (x100\%)} \quad (03)$$

Com relação ao coeficiente de variação, os trabalhos apontam que para uma amostra apresentar um valor de média aceitável o valor do coeficiente de variação não pode ser alto. Desta forma, de acordo com Nanni (1981) citado por Hirota (1987), consideram aceitáveis os valores iguais ou inferiores a 25% .

Quando se trabalha com equações de regressão linear entre duas variáveis, sendo uma variável dependente e outra variável independente, deve-se medir as discrepâncias existentes entre os valores reais e estimados, de maneira a definir o erro padrão da estimativa. Neste caso utilizam-se dois parâmetros de análise, o primeiro é o coeficiente de determinação (R^2) que representa a proporção de uma das variáveis explicar a variação da outra, sendo que se considera com boa confiabilidade o coeficiente de determinação com valor igual ou superior a 80% no ajustamento da equação de regressão, apresentado na equação 04 a seguir:

$$R^2 = \frac{\sum (Y'_i - Y_m)^2}{\sum (Y_i - Y_m)^2} \quad (04)$$

Y_i : variável dependente;

Y'_i : valor da variável Y_i calculado pela equação de regressão;

Y_m : valor médio da variável.

O segundo parâmetro, por sua vez é o coeficiente de regressão (R) que faz uma estimativa do grau de relacionamento entre as variáveis, a fim de verificar se uma possa ser prevista a partir da outra utilizando a equação de regressão linear do tipo $y = a_x \pm b$. Os parâmetros adotados segundo Solano (2003) são os seguintes:

- $R = 0 \rightarrow$ correlação nula;
- R entre 0 até $\pm 0,30 \rightarrow$ correlação fraca;

- R entre $\pm 0,30$ até $\pm 0,60$ → correlação média;
- R entre $\pm 0,60$ até $\pm 0,90$ → correlação forte;
- R entre $\pm 0,90$ até $\pm 0,99$ → correlação fortíssima.

Para exemplificar o uso dos parâmetros estatísticos supracitados, será apresentada a análise feita para a quantificação do serviço de alvenaria apresentado por OTERO (2000). Inicialmente é feita a definição da variável dependente que neste caso é a quantidade de alvenaria e a da variável independente que é a área global da edificação. O processo consiste nos seguintes passos:

- determinação do tamanho da amostra;
- levantamento dos dados no projeto;
- cálculo dos parâmetros estatísticos como a média, desvio padrão e coeficiente de variação dos dados;
- definição da equação de regressão pela regressão linear.

Ao realizar o processo descrito, o autor faz o gráfico com a regressão linear entre a quantidade de alvenaria e a área real total, por onde podem ser retirados os dados apresentados no quadro 9:

Quadro 9 – Regressão linear entre a quantidade de alvenaria e a área real total (OTERO, 2000, adaptado).

Quantificação da alvenaria	
Tamanho da amostra	30,00
Média	1,70
Desvio Padrão	0,21
Coeficiente de Variação	12,26
Coeficiente de Determinação	0,9316
Coeficiente de Regressão	0,9664
Equação de regressão	$QALV = -957,5 + 1,1786 * AR$

Onde:

QALV: quantidade de alvenaria (m^2);

AR: área real total (m^2).

Quanto aos dados do quadro 9, pode-se constatar que há correlação entre as variáveis analisadas, ou seja, a variável área de alvenaria pode ser explicada pela

área real global e que os valores da variável dependente – alvenaria – podem ser determinados (R^2) com 93,16% pela equação de regressão linear. Desta forma se a equação apresentada for efetuada é possível encontrar a quantidade de alvenaria para uma edificação de mesma tipologia.

A quantificação dos serviços e insumos também pode ser feita com a utilização de indicadores, sendo que para efeito deste trabalho, indicador é uma relação que explicita o atributo que permite denotar qualidade ou característica especial. Os indicadores são relações entre variáveis que têm a função de facilitar os cálculos e servir de parâmetro para comparação de diferentes obras. Além disso, os indicadores devem ser representativos, de fácil medição e possuir uma relação estável e direta entre as variáveis relacionadas.

Segundo Losso (1995), o parâmetro utilizado para medir um indicador e atribuir um valor é o índice. A sistemática para utilização de indicadores compreende as seguintes etapas:

- Definição do objetivo do indicador;
- Definição do indicador e das variáveis envolvidas;

Para demonstrar a utilização dos indicadores, será apresentado o cálculo da área de paredes internas apresentada por Losso (1995):

$$\text{Indicador: } API = \frac{A_{pit}}{A_{pt}} \quad (m^2/m^2)$$

Onde:

API: área de paredes internas (m^2);

A_{pit} : área total de paredes internas do pavimento tipo (m^2);

A_{pt} : área total do pavimento tipo (m^2).

A seguir será apresentada o quadro 10 com os resultados encontrados:

Quadro 10 – Valores para a área de paredes internas (LOSSO, 1995).

Critério de Medição	Estatística dos dados	API
Sem desconto das aberturas	Média	1,08570
	Desvio Padrão	0,12072
	Coeficiente de Variação	11,12000
Com desconto das aberturas	Média	0,90729
	Desvio Padrão	0,14041
	Coeficiente de Variação	15,47000

Analisando o quadro 10, podem ser observados os valores da área de paredes internas totais e com o desconto dos vãos das aberturas. Desta forma, caso se pretendesse obter a área de paredes internas sem desconto das aberturas, bastaria multiplicar o valor $1,0857 \text{ m}^2/\text{m}^2$ pela área total do pavimento tipo.

2.4 SÍNTESE CRONOLÓGICA DE ESTUDOS SOBRE ESTIMATIVAS PARAMÉTRICAS

No início da década de oitenta, Rosso (1980), publica um importante trabalho que dentre outros assuntos apresenta parâmetros para avaliação do custo do projeto na fase de investimento. Em meados da mesma década Mascaró (1985), apresenta conceitos que podem ser considerados como a base filosófica de todos os trabalhos que se desenvolveram sobre estimativas por características geométricas e que atualmente ainda representam um estágio de formalização de conceitos e de disponibilidades de informações necessárias para o desenvolvimento de pesquisas nesta área. Dentre os conceitos, apresentou dados de como as decisões arquitetônicas influenciam nos custos do empreendimento, a importância da forma da edificação e dos compartimentos medidos pelo índice de compacidade e ainda a divisão dos custos em planos horizontais, planos verticais, instalações e serviços gerais.

A partir da base conceitual formada, Hirota (1987) inicia uma pesquisa que objetivava identificar a influência dos projetos-padrão utilizados pela NB-140 como base para o levantamento de dados sobre indicadores de consumo e sua influência sobre a heterogeneidade das edificações. Para tanto, desenvolveu um estudo visando detectar a possibilidade de definir variáveis para tipificação de projetos baseado em parâmetros estatísticos com a média, desvio padrão e coeficiente de variação da

amostra. Na pesquisa, foram apresentados dados levantados diretamente de projetos arquitetônicos que identificam diversas características externas e internas como a proporção das aberturas nas paredes externas, índice de compacidade, dentre outros. Tais dados, formaram parâmetros balizadores da morfologia das edificações e que serviram de base para alguns trabalhos desenvolvidos posteriormente.

Em seguida Oliveira (1990), em sua dissertação de mestrado apresentou um trabalho que visava dentre vários objetivos a verificação de características geométricas constantes nas edificações residenciais bem como a caracterização dos compartimentos por variáveis geométricas. Os dados da pesquisa foram analisados pelo teorema do limite central – média aritmética -, por equações de regressão linear e pelas medidas de variação. Como resultado, foram apresentados diversas equações e indicadores médios sobre a composição do pavimento tipo e também dos compartimentos, tais como percentual médio ocupado pela circulação, área de paredes, dentre outros. Posteriormente Oliveira (1995) em conjunto com outros pesquisadores desenvolveu um manual cujo objetivo principal era a definição de indicadores para a medição do desempenho da empresa nas sete áreas do gerenciamento, quais sejam: projetos, suprimentos, assistência técnica, planejamento e vendas, produção, recursos humanos e administração. Os dados apresentados com relação ao desempenho dos projetos fornecem uma ampliação do número de indicadores de consumo dos insumos e de parâmetros característicos da morfologia da edificação.

No mesmo período, Losso (1995), em sua dissertação de mestrado desenvolveu um trabalho cujos objetivos eram dentre outros a disseminação das metodologias de estimativa de custos e a obtenção de índices médios para análise da quantificação e do custo de empreendimentos na fase de anteprojeto. A metodologia utilizada para análise dos dados foi o teorema do limite central, as equações de regressão linear e as medidas de variação. A proposta para análise do custo baseava-se na quantificação dos serviços, uma vez que segundo o autor, esses possuem uma correlação direta entre si. Entretanto a aplicação dos dados ficou restrita aos objetivos de eliminação de erros grosseiros e o estabelecimento de médias históricas para os índices de consumo, não sendo definida uma sistemática para aplicação dos dados.

Em seguida, Araújo (1997), desenvolveu uma pesquisa cujo objetivo era a determinação do custo do empreendimento. Como os custos estão diretamente

ligados as quantidades dos insumos consumidos, esse autor apresentou uma série de dados utilizando indicadores e equações de regressão para a quantificação de insumos. É um trabalho muito interessante sob o ponto de vista didático, uma vez que o modelo apresentado faz uma junção de várias formas de análise do custo, como por exemplo para os serviços gerais é utilizado um índice de custo/m² ou um percentual, para a mão-de-obra foi atribuído um percentual em relação ao CUB, para as instalações foi definido um valor indexado ao dólar americano.

O trabalho seguinte foi desenvolvido por Otero (2000), que tinha como objetivo analisar a precisão do uso dos modelos paramétricos em estimativas de custos e quantidades de serviços, materiais e mão-de-obra aplicada na construção de empreendimentos imobiliários. A análise dos dados foi realizada pelas equações de regressão linear. Esse trabalho apresenta uma base conceitual muito bem definida e estruturada, evidenciando o comportamento dos dados no tocante à utilização de relações paramétricas. Constatou em sua pesquisa que existem três comportamentos distintos, ou seja, aqueles custos e serviços que mantêm um nível de correlação aceitável com o direcionador, aqueles que apresentam uma característica distinta entre o direcionador e o custo e o direcionador e o serviço, e a última categoria que não apresenta correlação aceitável nem com o custo e nem com os serviços.

Recentemente, Solano (2003), apresenta uma série de dados referentes a indicadores geométricos, mão-de-obra e custos de edificações residenciais de alto padrão. A metodologia utilizada para análise dos dados foi o teorema do limite central, as equações de regressão linear e as medidas de variação. Dentre as conclusões, ressalta que deve ser padronizada a sistemática de obtenção de dados e como produto, apresenta um série de dados sobre a morfologia e custos dos empreendimentos imobiliários de alto padrão.

Os autores citados formam a estrutura com os principais subsídios para o desenvolvimento do presente trabalho. Entretanto, existem diversas outras publicações como por exemplo Andrade (1996), Trajano (1989) que são apresentadas ao longo dos capítulos que de forma direta ou indireta fornecendo dados complementares indispensáveis para o desenvolvimento desta pesquisa.

2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Nesse capítulo foi apresentado o ambiente conceitual no qual esta dissertação é discutida. Desta forma, para compreender as atuais teorias que versam sobre estimativas paramétricas de custos, inicialmente, foram discutidas questões sobre a importância quanto à utilização de previsão de custos de uma edificação, bem como quais os níveis de precisão almejados diante da etapa em que se encontra o desenvolvimento de execução de um projeto. Para o interesse desse trabalho é da ordem de 15% a 20%, pois se pretende fazer a análise nas etapas iniciais. Em seguida, foram abordados temas sobre orçamento e estimativas de custos, com o objetivo de expor quais os tipos existentes e também diferenciar a questão semântica para o entendimento desse trabalho. Diante disso, de acordo com as referências bibliográficas apresentadas, adotou-se o conceito de que orçamento e estimativa diferenciam-se pelo fato do orçamento ser elaborado após a conclusão de todos os projetos detalhados necessários para a execução do empreendimento e estimativa por sua vez elaborada na fase preliminar de estudo quando se dispõe apenas do anteprojeto arquitetônico.

Nas seções seguintes foram apresentados dados que envolvem características geométricas de empreendimentos imobiliários, sua relação com o custo e também dados sobre a variabilidade do custo de construção quanto às incertezas no consumo dos insumos, com o objetivo de mostrar que os serviços de construção de uma edificação podem ser identificados a partir de um número reduzido de características físicas, como área total, área do pavimento tipo e decisões específicas de projeto, desde que nas relações encontradas haja uma variação estatisticamente aceitável dentro do universo tipológico estudado e ainda que cada um dos fatores esteja sujeito a variações em seu conteúdo, de tal forma que a união das variações determina o nível de incerteza presente no processo de construção e de precisão que podem ser alcançados nas estimativas de custo.

Por fim, foi feita uma discussão a respeito dos já trabalhos desenvolvidos sobre estimativas de custos, destacando a sistemática metodológica utilizada na elaboração de estimativas de custo por características geométricas, desde questões processuais até características estatísticas utilizadas nas bibliografias existentes sobre o tema em

questão. A próxima seção fundamentará e justificará a sistemática metodológica adotada para o desenvolvimento do presente trabalho, apresentado no Capítulo 3.

CAPÍTULO 3 - MÉTODO

O objetivo do presente estudo é fazer uma aplicação do método de estimativa de custos e quantificação de serviços e insumos por características geométricas, apresentada em diversos estudos nesta linha de pesquisa, a fim de analisar a aplicação do método para a fase de investimentos de empreendimentos imobiliários, utilizando a sistemática de cálculo apresentada no Capítulo 2, ou seja, as equações de regressão linear ou os indicadores de consumo seguindo o modelo apresentado por Araújo (1997). Para isso, será realizado um estudo de caso em uma empresa construtora da cidade de Florianópolis, Santa Catarina, objetivando determinar o custo de execução de um projeto e ainda fazer a quantificação de serviços e mão-de-obra, que são passíveis de serem levantados por estimativas paramétricas.

De acordo com Yin (2001), o estudo de caso como estratégia de pesquisa representa uma maneira de investigar um tópico seguindo-se um conjunto de procedimentos pré-estabelecidos, beneficiando-se do desenvolvimento prévio de proposições teóricas para conduzir a coleta e análise dos dados.

Para atingir o objetivo, as discussões deste capítulo visam apresentar o método de pesquisa utilizado para definir a sistemática de planejamento, levantamento, processamento e análise dos dados. Neste sentido, a lógica de desenvolvimento esta baseada nas diretrizes que buscam dar atendimento aos critérios de objetividade e operacionalidade, de tal forma que outros pesquisadores interessados nesta área de estudo, possam analisar a sistemática adotada e chegar às mesmas conclusões.

A obtenção de evidências a partir da pesquisa desenvolvida se dá de forma sistemática e controlada. Neste caso, o controle esta relacionada à confiabilidade e validade dos resultados encontrados, características estas que dependem de como foi definido o planejamento da pesquisa.

A estratégia de pesquisa está baseada nas questões que envolvem o tema e em decisões tomadas pelo pesquisador. Neste sentido, este capítulo apresenta as características da amostra, sistemática para levantamento dos dados, definição dos serviços analisados e a sistemática para análise dos dados.

3.1 CARACTERÍSTICAS DOS DADOS

A pesquisa analisa as formulações feitas para a quantificação dos serviços e mão-de-obra, características geométricas das edificações e o custo do empreendimento, comparativamente com o empreendimento imobiliário do estudo de caso proposto, de maneira a evidenciar as diferenças encontradas entre a sistemática de estimativa por características geométricas e os dados reais.

Para a quantidade de dados, verificou-se que existe apenas um trabalho, elaborado por Hirota (1987), que define o número de dados para cada variável analisada. Entretanto, deve-se considerar o fato de que o trabalho tinha um objetivo específico – viabilizar a tipificação de projetos - de tal forma que as variáveis analisadas eram específicas para o interesse proposto. Portanto, como o presente trabalho é um estudo de caso voltado para a aplicação em uma empresa, não serão discutidos aspectos relacionados ao tamanho da amostra.

Diante disso, para o desenvolvimento deste trabalho, foi utilizada uma obra enquadrada numa tipologia específica – alto padrão – de acordo com a definição da NBR 12721. Do empreendimento sob estudo foram retirados os dados reais, apurados diretamente das medições executadas, do levantamento de áreas nos projetos executivos e dos custos no plano de contas realizado de cada obra, obtendo-se desta forma o consumo de insumos e o custo real incorrido.

Desta forma, os dados utilizados referem-se a um empreendimento imobiliário residencial, situados na região central da cidade de Florianópolis, Santa Catarina, conforme esta apresentado no quadro 11. No Apêndice A esta apresentado um croqui esquemático da planta baixa do pavimento tipo e da fachada principal.

Quadro 11 – Dados para caracterização da amostra.

Característica	Unidade	Obra
Área do terreno	m ²	1.713,61
Área total da obra	m ²	8.916,93
Área total do pavimento tipo	m ²	519,40
Número de pavimentos tipo	unid.	11
Número de apartamentos/pavimento	unid.	4
Número de quartos/apartamento	unid.	3
Tempo de construção	mês	32

3.2 LEVANTAMENTO DOS DADOS

As informações utilizadas neste estudo quanto aos quantitativos foram retiradas diretamente dos projetos arquitetônico, estrutural, hidrossanitário, preventivo contra incêndio, elétrico e telefônico; para os custos dos serviços os dados foram apurados no plano contábil realizado e para o levantamento da produtividade da mão-de-obra foi utilizado a folha de pagamento dos operários alocados na obra sob estudo.

O plano contábil é formado pelo lançamento de todas as notas fiscais de insumos utilizados para cada obra da empresa. O esquema do modelo, contemplando alguns grupos e subgrupos está apresentado na ilustração 4.

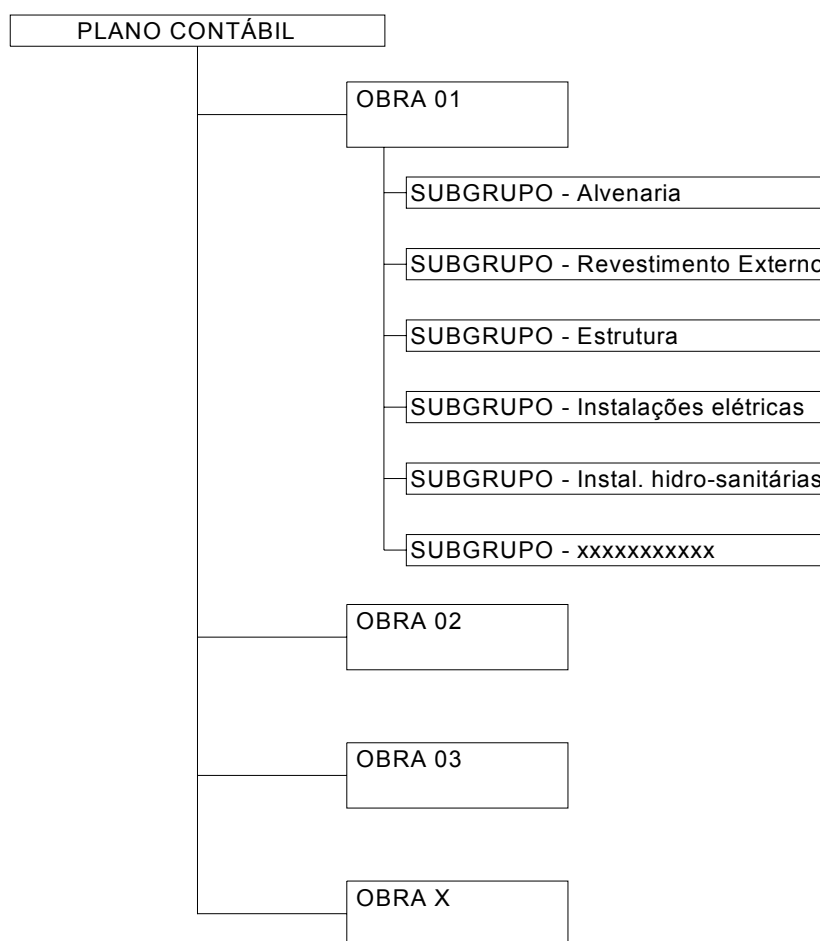


Ilustração 4 – Esquema de arquivamento do plano contábil.

De acordo com o esquema da figura acima, pode-se verificar que para cada obra são definidos os diversos subgrupos necessários para o arquivamento diário das notas fiscais de insumos no subgrupo adequado. Desta forma, cabe salientar o fato

de que não foi possível o acesso as notas fiscais, mas somente ao valor lançado no plano contábil.

O plano contábil realizado tem como objetivo fornecer subsídios para a análise comparativa entre o custo estimado por características geométricas e o custo real incorrido. Para isso, a atualização dos valores do plano contábil foi feita para cada subgrupo de tal forma a considerar o somatório de todos os insumos no período mensal. A partir do somatório mensal, fez-se a conversão para o dólar americano segundo a cotação do dia quinze do mês respectivo e também para o Custo Unitário Básico – CUB, publicado pelo Sindicato da Indústria da Construção de Florianópolis – Sinduscon/Fpolis. A partir daí, fez-se o somatório de todos os meses do subgrupo e com o somatório de todos os subgrupos de insumos obteve-se o custo indexado ao dólar americano e ao CUB.

Para a mão-de-obra, parte-se da afirmação de Picchi (1993), que diz que na construção de edifícios é recorrente a avaliação da produtividade da mão-de-obra pelo índice homens hora por metro quadrado – hh/m², obtido pela divisão de toda a mão-de-obra utilizada na construção do edifício, do início ao término da obra, pela área do mesmo.

Neste sentido, a produtividade da mão-de-obra foi avaliada a partir da folha de pagamento dos operários alocados no empreendimento sob estudo. O processo consiste no levantamento das horas remuneradas diretamente da folha de pagamento, ou seja, eram consideradas as horas efetivamente trabalhadas, incluindo horas extras e o desconto dos dias com faltas. O levantamento das horas trabalhadas foi feito considerando cada função desempenhada, de acordo com o manual de funções da empresa. O cálculo da produtividade consiste no somatório de todas as horas trabalhadas dos funcionários que desempenham a mesma função, dividida pela área real total construída, conforme esquema apresentado no quadro 12.

Quadro 12 – Sistemática para levantamento da produtividade.

Servente	Período						Somatório
	mês 01	mês 02	mês 03	mês 04	mês 05	mês X	
Operário 01							
Operário 02							
Operário 03							
Operário 04							
Operário 05							
Operário X							
Total de horas da função							

Para a produtividade global, seguiu-se o mesmo esquema do quadro 12, com a ressalva de que ao invés de apenas uma função, foi analisado o somatório de todas as funções.

Para a quantificação dos serviços foram utilizados os projetos executivos, de onde se fez o levantamento dos serviços passíveis de serem apurados por estimativa baseada em características geométricas, de acordo com os estudos analisados como referência para a comparação entre estimado e realizado. A maior parte dos serviços são retirados do projeto arquitetônico uma vez que a partir desse se faz o levantamento da quantificação de alvenaria, reboco, chapisco, revestimentos internos e externos de paredes, piso e teto e ainda todas as esquadrias. Além disso, a partir do projeto arquitetônico foram apuradas todas as áreas de interesse do estudo dos compartimentos.

Desta forma, as questões referentes aos critérios de medição das principais variáveis utilizadas no trabalho estão contempladas no quadro 13

Quadro 13 – Critérios para medição dos dados em projeto.

Variável	Unidade	Descrição
Área	m ²	Área útil, sem considerar a área ocupada pelas paredes
Número de Portas	un	Número de portas do pavimento tipo
Área de esquadrias de alumínio	m ²	Somatório das áreas dos vãos destinados a colocação de esquadrias de alumínio
Número de banheiros	un	Número de banheiros no pavimento tipo
Quantidade de Alvenaria	m ²	Área obtida pela multiplicação do perímetro das paredes externas e ou internas do pavimento tipo pela altura
Área de Revestimento Interno de Parede com Cerâmica	m ²	Somatório das áreas de paredes internas do pavimento tipo revestidas com cerâmica, descontando o vão das aberturas
Área de Pintura Interna	m ²	Somatório das áreas de paredes internas do pavimento tipo revestidas com pintura, descontando o vão das aberturas
Área do pavimento	m ²	Área total do pavimento tipo
Número de apartamentos no pavimento	un	Número de apartamentos do pavimento tipo

3.3 SISTEMÁTICA DE ANÁLISE DOS DADOS

A pesquisa esta dividida em três etapas, sendo que a primeira refere-se a análise da composição dos compartimento da edificação, a segunda trata da quantificação dos serviços e mão-de-obra e a terceira por sua vez analisa os custos da edificação pelas características geométricas. Para cada etapa serão definidos quais são as variáveis que interessam e que são passíveis de análise por estimativa, além de apresentar a sistemática adotada, de tal forma a confrontar as previsões por estimativa com os dados reais retirados dos projetos arquitetônico, estrutural, hidrossanitário, preventivo contra incêndio, elétrico, telefônico, do plano contábil realizado da obra e da folha de pagamento dos operários.

Quanto à seleção das variáveis, cabe ressaltar que elas são as mesmas variáveis utilizadas em estudos anteriores para caracterização a edificação segundo aspectos físicos e de custos. Por outro lado, sob o ponto de vista de concepção de projeto, as

variáveis analisadas permitem uma relação direta com os índices de controle urbanístico ou programa a ser atendido pelo projeto. Esta característica favorece o desenvolvimento de estudos de viabilidade econômica de empreendimentos.

Neste sentido, as variáveis selecionadas por este trabalho visam constatar a existência de relações significativas entre as diversas características das obras analisadas. Para realizar a seleção das variáveis, considerou-se o aspecto dos pavimentos e dos apartamentos, sendo que as variáveis são utilizadas para caracterizar a amostra, como exemplo para o pavimento, a circulação comum que pode fornecer vários dados como área de revestimento, contrapiso. Para os apartamentos a área de paredes que pode ser dividida em secas e molháveis. A partir daí pode-se definir área de chapisco, reboco, pintura e cerâmica.

Para a definição das unidades de trabalho, buscou-se relacionar a variável que melhor caracterizasse os compartimentos, com a intenção de relacionar o custo à função desempenhada pelo mesmo, como por exemplo a área do compartimento.

3.3.1 Estudo dos Compartimentos

O estudo dos compartimentos tem o objetivo de mostrar que existem características geométricas constantes que podem servir de parâmetros para os projetistas quanto aos requisitos de projeto, quanto à adequação aos índices urbanísticos, bem como auxiliar no levantamento dos quantitativos de serviços e custos dos compartimentos, além de fornecer subsídios para balizar o partido arquitetônico quanto a distribuição funcional.

Como os compartimentos são partes componentes da edificação, estes merecem atenção quanto as suas características geométricas e disposições dos compartimentos no leiaute arquitetônico. A seguir será apresentada a relação dos compartimentos que serão analisados no empreendimento em estudo:

- | | |
|------------------------|---------------------|
| - Cozinha | - Lavanderia |
| - Quarto de Empregada | - BWC Empregada |
| - Circulação Privativa | - Quartos/Suítes |
| - BWC Suíte | - BWC |
| - Lavabo | - Sala Estar/jantar |

3.3.2 Quantificação dos Serviços e Insumos

Para a quantificação dos serviços e insumos serão utilizados as equações de regressão e também os indicadores de quantificação de serviços e mão-de-obra de dependendo do trabalho que se utilizará para cotejar com os dados reais apurados nos projetos executivos ou folha de pagamento, ou seja, cada autor utiliza uma sistemática para análise dos dados e neste sentido a comparação entre o realizado e o previsto se dará de acordo com a sistemática estatística utilizada pelo autor da análise, conforme apresentado no item 2.4.3. Como exemplo, pode-se citar os trabalhos de Losso (1995) e Otero (2000), tomados como referência para comparação; no primeiro a comparação é realizada entre os dados reais e aqueles apurados pelos indicadores de serviços; no segundo serão utilizadas as equações de regressão para cotejar o previsto e o realizado, ou seja, o primeiro autor utilizou um índice de consumo e o segundo uma equação linear para o levantamento dos quantitativos do serviço que se quer analisar.

A seguir será apresentada a relação dos serviços passíveis de serem levantados por estimativa baseada em características geométricas:

Serviços:

- Estrutura
- Instalações Elétricas e Telefônicas
- Alvenaria Externa
- Reboco Interno
- Louças, Metais e Bancadas
- Revestimento de Piso
- Esquadrias de Madeira
- Vidros
- Forro de Madeira
- Pintura Externa
- Instalações Hidrossanitárias
- Alvenaria Interna
- Contrapiso
- Reboco Externo
- Revestimento de Paredes Internas
- Revestimento de Fachada
- Esquadrias de Metálicas
- Forro de Gesso
- Pintura Interna

Mão-de-obra:

A quantificação da mão-de-obra utilizada pela empresa está apresentada neste trabalho de acordo com documento específico da empresa denominado o manual de funções e responsabilidades. Tal definição é feita para poder diferenciar as várias considerações para alocação da mão-de-obra e com isso poder comparar dados equivalentes, ou seja, para poder comparar dados de produtividade é necessário saber se o profissional (pedreiro, carpinteiro, armador) desempenha a mesma função ou a tarefa é estratificada, como por exemplo pedreiro ladrilhista ou pastilheiro, dentre outros. A seguir está especificada a função desempenhada pelos profissionais da empresa em estudo:

- Servente: responsável pelo transporte horizontal (eventualmente vertical) de materiais para os oficiais da função, preparo de argamassa, rejuntamento de cerâmica, limpeza após a execução dos serviços no posto de trabalho e

manutenção do local de trabalho limpo e organizado responsabilizando-se inclusive pela limpeza do canteiro de obras;

- Carpinteiro: responsável pelos serviços de corte de peças de madeira e fôrmas, montagem das formas, auxiliar nos trabalhos de concretagem, desforma, transporte de materiais, bem como auxiliar na manutenção da limpeza do local de trabalho;
- Armador: responsável pelos serviços de corte, dobra e montagem de armadura;
- Pedreiro: responsável pelos serviços de assentamento de alvenaria, encunhamento, execução de reboco, chapisco, colocação de revestimentos cerâmicos;
- Pintor: responsável pelos serviços de pintura, reparos, retoques e pequenos trabalhos;
- Encanador: responsável pela execução de tubulação hidráulica e preventiva contra incêndio, posicionamento das caixas de passagem nas lajes, corte de alvenaria para a passagem das tubulações, acabamento de tubulação hidráulica incluindo peças sanitárias e demais acabamentos;
- Eletricista: responsável pela execução da tubulação e rede elétrica, locação das caixas de passagem das lajes, cortes na alvenaria para passagem dos eletrodutos, acabamento da rede elétrica, incluindo colocação de espelhos e demais acabamentos;
- Mestre de obras: responsável pela fiscalização e conferência dos serviços executados, efetuar medidas e marcações de nível, recebimento de compras e controlar o estoque no canteiro;
- Almojarife: responsável pela solicitação de compra de materiais, controle de estocagem e auxílio para descarga e armazenamento de materiais.

Diante disso, caso se queira comparar produtividade por função desempenhada por profissional, primeiramente deve-se verificar a identidade nos serviços executados.

3.3.3 Análise de Custos

Para a análise do custo será utilizada a sistemática apresentada por Araújo (1997), ou seja, serão utilizados os indicadores de custo do modelo para cotejar com os dados reais apurado no plano contábil realizado, sendo que os serviços analisados serão aqueles propostos pelo autor.

Para cotejar o custo realizado com o estimado pelo modelo apresentado por Araújo (1997), será feita a atualização dos valores do plano contábil realizado do empreendimento sob estudo pelo dólar americano segundo a cotação do dia quinze do mês de maio de 2003 e também pelo Custo Unitário Básico Habitacional – CUB, calculado pelo Sindicato da Industria da Construção de Florianópolis – Sinduscon/Fpolis em 2003.

A atualização dos valores foi feita tanto para o dólar americano quanto para o CUB, a fim de identificar possíveis distorções que os indexadores poderia apresentar. A variação do dólar americano no período de janeiro de 2000 até dezembro de 2002, ou seja, no período que esta compreendida a execução da obra, apresenta um crescimento gradual a partir do ano de 2000 e para os anos de 2001 e 2002 apresenta oscilação com tendência crescente, conforme esta apresentada na ilustração 5.

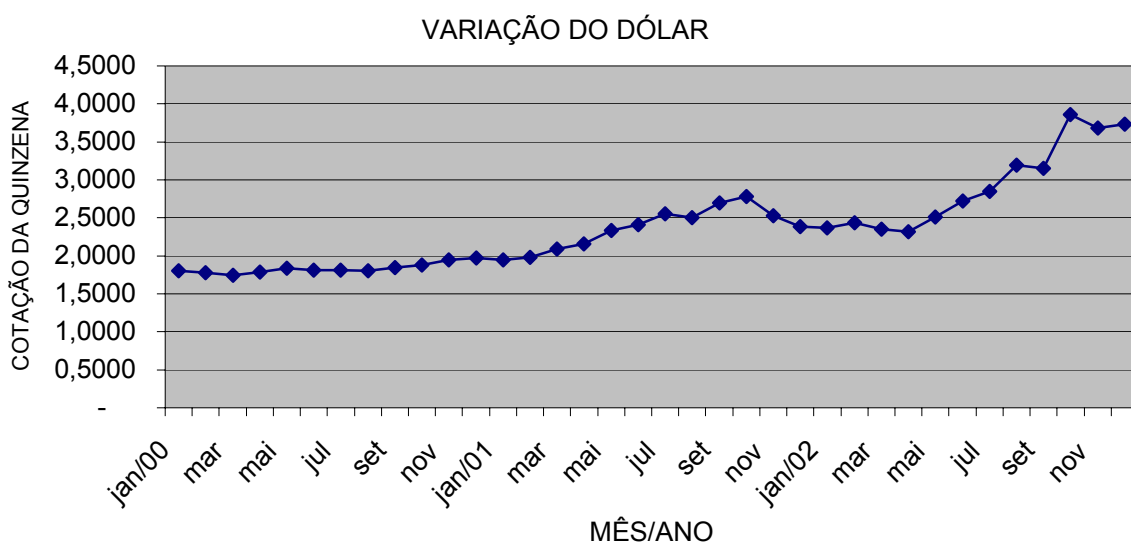


Ilustração 5 – Variação da cotação do dólar americano segundo a cotação do dia quinze de cada mês.

A variação do CUB no mesmo período não apresentou oscilações como no dólar americano, entretanto apresentou um crescimento constante, conforme apresentado na ilustração 6.

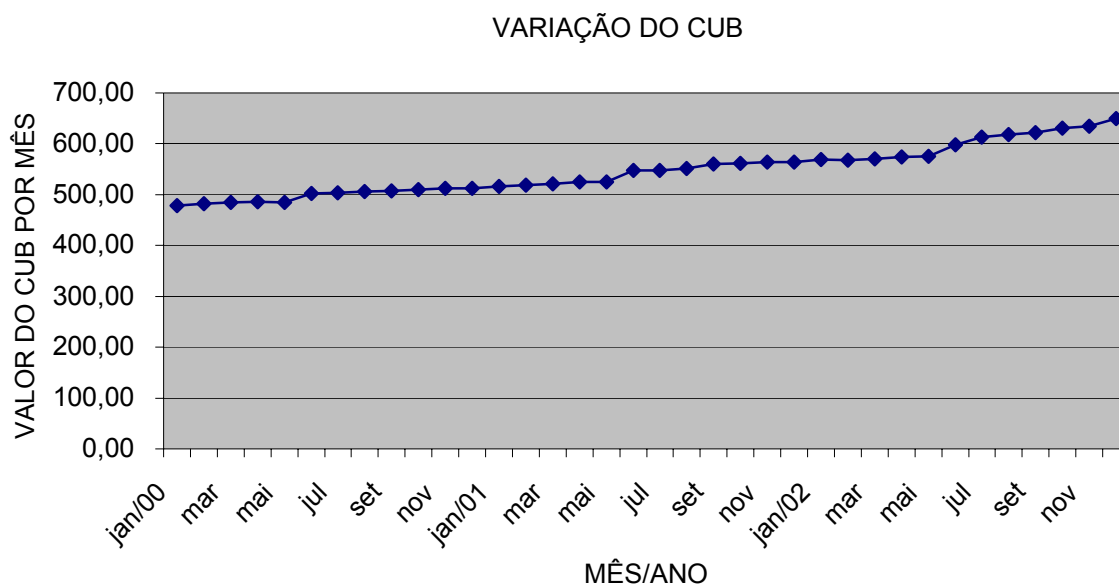


Ilustração 6 – Variação da cotação do CUB publicado pelo Sinduscon/Fpolis segundo a cotação mensal.

3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Neste capítulo foram apresentados dados para caracterização da obra objeto do estudo de caso, bem como a sistemática para levantamento dos dados, a fim de criar um procedimento padronizado de coleta. Desta forma será possível ampliar a base de dados pela introdução de novas obras e assim formar um paradigma de indicadores com uma base própria da empresa sob estudo. Foi apresentada ainda a sistemática de tratamento dos dados com todos os passos necessários para a criação do banco de informações. No capítulo seguinte, as informações serão processadas e analisadas de acordo com a metodologia proposta.

CAPÍTULO 4 - ANÁLISE DOS DADOS

O presente estudo se divide na análise comparativa de três formas de caracterização da obra. Sendo assim, serão analisadas a composição dos compartimentos, a quantificação dos serviços e insumos e a estimativa dos custos do empreendimento. Toda a análise se baseia na verificação da variabilidade dos dados calculados por estimativas e os dados reais levantados nos projetos executivos e no plano contábil realizado da obra, a fim de verificar a possibilidade da elaboração de um modelo para estimativas baseadas em características geométricas. Desta forma, serão selecionadas as equações ou índices paramétricos que melhor se conformarem com o empreendimento em estudo, a fim de montar uma relação de indicadores que retrate o empreendimento em termos de custo, conformação ambiental e consumo de insumos.

Para a caracterização física da obra quanto à quantificação dos serviços e custos foram utilizadas as variáveis área total da obra, área do pavimento tipo e a área privativa do apartamento, uma vez que essas variáveis, segundo os estudos analisados, são as que melhor caracterizam a obra. Estes dados estão disponíveis nas etapas iniciais do estudo de planejamento e viabilidade de um empreendimento.

Existem ainda outras variáveis importantes na caracterização do empreendimento como a localização, tipologia, programa de apartamentos, padrão de acabamento e número de pavimentos tipo. Entretanto, segundo os estudos citados ao longo dessa pesquisa e tomados como referência para o desenvolvimento desse trabalho, não se apresentam como passíveis de assumir um papel de direcionador de custo ou de indicador de desempenho, uma vez que tais características estão ligadas a decisões de projeto, além do que poderiam assumir o papel de variável dependente ou que se deseja conhecer numa equação de regressão linear ou num indicador de custo ou consumo.

4.1 ESTUDO DOS COMPARTIMENTOS

As variáveis geométricas que definem os cômodos dos apartamentos foram analisadas por equações de regressão e indicadores, dependendo da fonte de pesquisa utilizada na comparação com os dados dos projetos da obra. A forma dos

compartimentos tem influência direta nos custos do empreendimento, uma vez que eles são partes integrantes do todo maior que é a edificação.

Tem como objetivo demonstrar que existem características geométricas constantes mesmo para diferentes universos amostrais que podem servir de parâmetro para os projetistas no lançamento de novos empreendimentos. Auxilia ainda no levantamento dos custos dos compartimentos que formam a unidade habitacional, ou seja, associar o custo às peças, de acordo com o que preconiza o método A.R.C..

Inicialmente será feita a caracterização do empreendimento utilizado para aplicação do estudo de caso, apresentando a forma como foram distribuídas as áreas dos tipos de pavimentos existentes na edificação em relação à área total construída e também para dar um entendimento da divisão espacial adotada pelo projetista, conforme apresentado na ilustração 7.

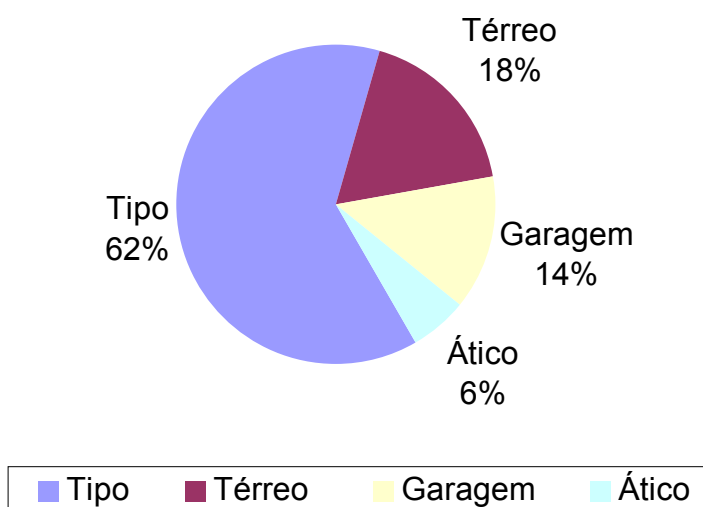


Ilustração 7– Distribuição percentual das áreas dos pavimentos em relação à área total.

Na análise da ilustração 7, nota-se uma participação importante da parte destinada para a garagem, sendo que neste pavimento também estão incluídos alguns compartimentos de apoio aos sistemas prediais com subestação e cisterna. O pavimento térreo dispõe de compartimentos destinados exclusivamente para uso do

condomínio como hall de acesso, sala de administração do condomínio, além de uma parte destinada a circulações para acesso à edificação e ao pavimento garagem.

Para o pavimento tipo, que detém aproximadamente 62% da área total da edificação, se obteve uma variação percentual muito baixa em termos absolutos, em torno de 6% para o pavimento tipo, quando comparado o presente estudo com o trabalho realizado por Solano (2003). O pavimento ático foi o que teve a maior variação 33,33%, entretanto, este pavimento tem uma participação menor no contexto global da edificação, em média em torno de 7,5%, conforme apresentado no quadro 14.

Quadro 14 – Percentual comparativo entre áreas dos pavimentos e a área total.

Área	Área em relação à área total		Variação (%)
	Trabalho	Solano (2003)	
Tipo	62%	58%	6,45
Garagem	14%	16%	12,50
Térreo	18%	17%	5,56
Ático	6%	9%	33,33

Cabe esclarecer que a amostra utilizada por Solano (2003) era composta de 30 empreendimentos imobiliários, caracterizados como alto padrão, portanto com nível de acabamento semelhante àquele utilizados na amostra, com a diferença de que os dados da amostra foram coletados na cidade de Porto Alegre/RS.

A participação por zona funcional do apartamento em relação à área privativa do apartamento será analisada para viabilizar o entendimento da importância do compartimento no contexto do apartamento e também para cotejar com os dados de outro estudo que utilizou esta análise. Para isso, será apresentada a composição por zona funcional na ilustração 8.

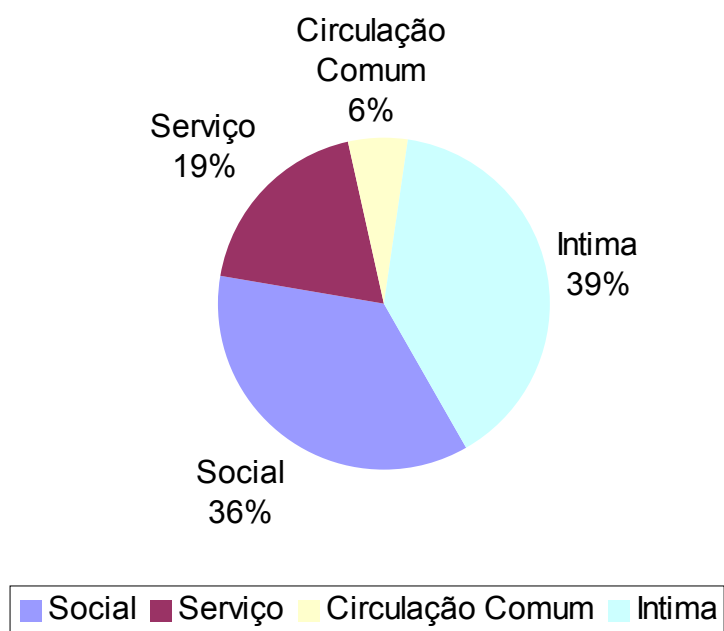


Ilustração 8 – Percentual de participação por área funcional em relação a área do apartamento.

Como pode ser verificado na ilustração 8, existe uma equivalência entre o percentual de área íntima e social, o que vem a denotar a constância na distribuição de zonas funcionais. Neste sentido, serão comparados os dados do empreendimento sob análise com o estudo realizado por Solano (2003), conforme apresentado no quadro 15.

Quadro 15 – Percentual comparativo das áreas funcionais dos apartamentos.

Área	Área funcional em relação a área do apartamento		Variação (%)
	Trabalho	Solano (2003)	
Intima	39%	40%	2,50
Social	36%	39%	7,69
Serviço	19%	16%	15,79
Circulação	6%	5%	16,67
Média			10,66

Apesar de que a amostra do trabalho utilizado na comparação ter sido levantada na cidade de Porto Alegre/RS e também por diferentes projetistas, pode-se observar que

há uma constância na divisão funcional dos apartamentos, principalmente para a área íntima e social. As áreas destinadas a circulação é que sofrem maiores variações, evidenciado pelo percentual aproximado de 17%, entretanto, no contexto global da edificação a variação média é inferior a 11%.

A seguir serão apresentadas as relações entre as variáveis geométricas de maior importância dos compartimentos – a área, o perímetro e o índice de compacidade -, uma vez que a análise dos compartimentos responde por aproximadamente 62% da edificação, conforme foi demonstrado na ilustração 7, ou seja, o somatório dos compartimentos e ainda as circulações, paredes e shafts formarão a torre da edificação, que por sua vez é formada principalmente pelo pavimento tipo.

4.1.1 Índice de Compacidade dos Compartimentos

Parte-se da análise do índice de compacidade, pois esse índice mede a racionalidade dos ambientes, uma vez que ele contempla a relação entre o perímetro do compartimento considerado com o perímetro de um círculo, que é a figura geométrica que comporta a maior área no menor perímetro. Desta forma, quanto maior for o índice de compacidade, mais econômica será a execução do compartimento considerado.

A seguir será apresentado o quadro 16 com o índice de compacidade de cada compartimento do presente estudo de caso, bem como a média dos cômodos, comparativamente com os índices de compacidade médios do trabalho de Losso (1995):

Quadro 16 – Índice de Compacidade dos cômodos, média dos índices e percentual comparativo entre estudo de caso e os dados de Losso (1995).

Cômodo	Trabalho	Losso (1995)			Variação (%)
	IC	IC	CV (%)	DP (%)	
Cozinha	88,2313	85,1616	5,740	4,886	3,479
Lavanderia	87,7250	82,3197	9,950	8,188	6,162
Quarto Empregada	88,7281	84,8856	13,920	11,816	4,331
BWC Empregada	83,4692	83,8578	3,780	3,171	0,463
Circulação Privativa	59,6710	76,8702	14,580	11,209	22,374
Quartos/Suite	85,7418	81,0884	12,390	10,048	5,427
BWC Suíte	73,5779	81,5098	6,650	5,423	9,731
BWC	83,4610	81,2117	8,480	6,884	2,695
Lavabo	86,6226	88,5301	5,910	5,231	2,155
Sala Estar/Jantar	82,1839	75,8575	9,540	7,234	7,698
Média Global	81,9412	82,1292			6,452

IC: índice de Compacidade

CV: Coeficiente de variação

DP: Desvio Padrão

Na análise do quadro 16, nota-se uma variação média inferior a 7% em termos absolutos entre os diversos índices de compacidade, sendo que a circulação privativa teve a maior variação, o que pode ser notado pelo baixo índice de compacidade desse compartimento. Observa-se também que a média dos índices de compacidade ficou próximo de 80%, que é o valor de referência apresentado por Mascaró (1998). Além disso, todo o índice de compacidade apresentados por Losso (1995) tem coeficiente de variação aceitável, ou seja, inferior a 25%. Cabe esclarecer que os dados retirados do estudo efetuado por Losso (1995) referem-se a uma amostra proveniente de uma mesma empresa construtora, com padrão de acabamento alto, sendo que todas as edificações da amostra situam-se na cidade de Curitiba/PR. Diante disso, infere-se que mesmo comparando o presente estudo de caso com edificações implantadas e projetadas para uma realidade regional, entretanto com padrão de acabamento equivalente, são obtidos dados com variações médias da ordem de 7% e com um coeficiente de variação aceitável.

A próxima análise trata da comparação entre índices de compacidade conforme esta apresentado no quadro 17. Todavia, o trabalho utilizado para cotejar refere-se ao estudo de Oliveira (1990). Os dados daquele estudo tratam de uma amostra mais heterogênea tanto em relação aos projetistas envolvidos, quanto na variabilidade da amostra para a tipologia e principalmente para o padrão de acabamento.

Quadro 17 – Índice de Compacidade dos cômodos, média dos índices e percentual comparativo entre o trabalho e os dados de Oliveira (1990).

Cômodo	Índice de Compacidade		Variação (%)
	Trabalho	Oliveira (1990)	
Cozinha	88,2313	83,100	5,816
Lavanderia	87,7250	85,560	2,468
Quarto Empregada	88,7281	86,220	2,827
BWC Empregada	83,4692	87,480	4,585
Circulação Privativa	59,6710	83,807	28,800
Quartos/Suite	85,7418	84,610	1,320
BWC Suíte	73,5779	-	-
BWC	83,4610	84,080	0,736
Lavabo	86,6226	-	-
Sala Estar/Jantar	82,1839	86,690	5,198
Média	81,9412	85,193	6,469

Quanto ao quadro 17, se pode observar variações inferiores a 7% em termos absolutos para a média dos compartimentos, sendo que nesse comparativo mais uma vez a circulação privativa teve a maior variação, 28,8%. Já a média dos índices de compacidade teve uma amplitude aproximada de 3,2% (85,19% – 81,94%), possivelmente pela heterogeneidade da amostra quanto ao padrão de acabamento, ou seja, pelo fato da amostra apresentar padrão de acabamento alto, baixo e normal.

4.1.2 Áreas e Perímetros dos Compartimentos

A morfologia dos compartimentos será analisada também pela área e pelo perímetro, a fim de comprovar a idéia de que a forma do compartimento pode determinar um consumo maior ou menor de insumos utilizados para sua execução.

A seguir serão apresentados os quadros 18 e 19 com dados das áreas médias e dos perímetros médios dos compartimentos dos trabalhos de Losso (1995) e Oliveira (1990), comparativamente com os dados do empreendimento em estudo.

Quadro 18 – Dados comparativos das áreas.

Cômodo	Área		Variação	Área	Variação
	Trabalho	Losso (1995)	(%)	Oliveira (1990)	(%)
Cozinha	10,15	10,14	0,099	6,98	31,23
Lavanderia	5,24	7,07	25,884	3,34	36,26
Quarto Empregada	6,24	6,29	0,795	5,32	14,74
BWC Empregada	1,93	2,32	16,810	1,81	6,22
Circulação Privativa	6,72	4,85	27,827	2,42	63,99
Quartos/Suite	11,83	14,27	17,099	11,43	3,38
BWC Suíte	3,12	5,95	47,563	-	-
BWC	3,93	4,20	6,429	3,59	8,65
Lavabo	1,69	2,16	21,759	-	-
Sala Estar/Jantar	28,31	35,51	20,276	18,08	36,14
Áreas Molhável	26,06	31,84	18,153	15,72	39,68
Áreas Seca	53,10	60,92	12,837	37,25	29,85

Quadro 19 – Dados comparativos dos perímetros.

Cômodo	Perímetro		Variação	Perímetro	Variação
	Trabalho	Losso (1995)	(%)	Oliveira (1990)	(%)
Cozinha	12,80	13,06	1,991	11,14	12,97
Lavanderia	9,25	11,26	17,851	7,57	18,16
Quarto Empregada	9,98	10,81	7,678	9,46	5,21
BWC Empregada	5,90	6,45	8,527	5,45	7,63
Circulação Privativa	17,40	10,39	40,287	6,58	62,18
Quartos/Suite	14,22	16,95	16,106	14,14	0,56
BWC Suíte	8,51	10,44	18,487	-	-
BWC	8,42	9,00	6,444	8,03	4,63
Lavabo	5,32	5,90	9,831	-	-
Sala Estar/Jantar	22,95	27,36	16,118	17,66	23,05
Perímetro Molhável	28,15	31,79	11,450	13,48	52,11
Perímetro Seco	86,60	89,83	3,596	66,55	23,15

Na análise dos quadros 18 e 19, nota-se uma variabilidade maior na comparação com os dados do trabalho de Oliveira (1990) possivelmente pelo fato da amostra daquele trabalho ser bastante heterogênea. Outra evidência é que a variabilidade em termos absolutos, ou seja, a variação entre os valores na comparação direta dos compartimentos é maior para os cômodos que tem maior coeficiente de variação como é o caso da circulação privativa. Para o trabalho de Losso (1995) o coeficiente

de variação foi de aproximadamente 54% para a área e 44% para o perímetro e para o trabalho de Oliveira (1990) o coeficiente de variação para a área foi de 58% e o perímetro foi de 40%. A análise das áreas molháveis, das áreas secas, dos perímetros molháveis e dos perímetros secos também tiveram uma variação maior em relação a pesquisa de Oliveira (1990). Isso reforça a variação apresentada para os compartimentos isoladamente.

4.2 QUANTIFICAÇÃO DE SERVIÇOS E CONSUMO DE MÃO-DE-OBRA

Para esse item serão apresentados os serviços passíveis de serem levantados por características geométricas, de acordo com os dados estudos citados ao longo da pesquisa e que servem como referência para o desenvolvimento do presente trabalho. Os serviços foram segmentados de acordo com a similaridade da função e dos materiais empregados. A estrutura adotada para sequenciamento da análise da quantificação dos serviços e da mão-de-obra será o modelo proposto por Araújo (1997), apresentado no quadro 20

Quadro 20 – Modelo de Araújo (1997).

A) SERVIÇOS GERAIS	Elevadores		
	Projeto e Consultoria		
	Consumo		
	Despesas Legais		
	Máquinas e Equipamentos		
	Escavação		
	Financeiro		
	Aluguel de Terreno		
	Serviços Complementares		
	Instalação Provisória		
	Piscina		
	B) OBRA BRUTA	B1) Materiais Básicos	Concreto
Aço			
Agregado Miúdo			
Cimento			
Tijolo			
Madeira para Caixaria			
Agregado Graúdo			
Impermeabilização			
Estacas			
Arame			
Prego			
Material para Telhado			
B2) Instalações			Elétrica
		Hidráulica - AF	
	Esgoto		
	Hidráulica - AQ/Gás		
	Incêndio		
C) OBRA FINA	C1) Esquadrias	Porta	
		Janela	
		Guarda Corpo	
	C2) Revestimentos	Paredes	Externa
			Interna Molhável
			Interna Seca
			Peitoril
		Pisos	Molhável
			Social
			Íntimo
			Sacadas
			Circulação Comum
			Rodapé
Tetos	PVA		
	Gesso		
	Madeira		
C3) Louças e Metais	BWC/Lavabo		
D) MÃO-DE-OBRA	Pedreiro		
	Servente		
	Carpinteiro		
	Pintor		
	Marceneiro		
	Armador		

O processo para análise da quantificação dos serviços e mão-de-obra será feito por meio da substituição dos dados reais do empreendimento imobiliário sob estudo

como por exemplo a área total e a área do pavimento tipo nas equações de regressão linear e ou nos indicadores de consumos, conforme o requisito de uso das equações determinado no trabalho tomado como referência. A partir daí será feita a análise da variação em termos absolutos entre o estimado e o realizado.

Os trabalhos utilizados para realizar as estimativas de consumo por meio do equacionamento de indicadores ou de equações de regressão linear serão feitos para todos os estudos que apresentam esta possibilidade. Diante disso, serão apresentadas todas as equações referentes ao serviço ou mão-de-obra sob análise, evidenciando os dados que sejam passíveis de serem tomados como referência para quantificação dos serviços e mão-de-obra em estimativas iniciais.

– **ESTRUTURA:**

Quadro 21 – Comparativo para quantificação da estrutura.

Serviço	CV/R ² (%)	Quantitativo para Estrutura				Variação (%)
		Solano (2003)			Trabalho	
		Indicador	Coefficiente	Resultado		
Concreto	12,45	Vconc/Areal	0,172m ³ /m ²	1.533,71	1.764,87	13,098
Aço	20,75	Paço/Areal	14,287kg/m ²	127.396,18	149.290,00	14,665
Formas	18,02	Aform/Areal	1,749m ² /m ²	15.595,71	18.497,86	15,689
Araújo (1997)						
Concreto	9,45	Vconc/Areal	0,368kg/m ²	3.281,43	1.764,87	46,216
Aço	10,36	Paço/Areal	33,288m ³ /m ²	296.826,77	149.290,00	49,705
Formas	40,48	Aform/Areal	0,141m ² /m ²	1.257,29	18.497,86	93,203
Oliveira (1995)						
Concreto	23,52	Vconc/Areal	0,170kg/m ²	1.515,88	1.764,87	14,108
Aço	28,1	Paço/Areal	13,840m ³ /m ²	123.410,31	149.290,00	17,335
Formas	7,21	Aform/Areal	1,940m ² /m ²	17.298,84	18.497,86	6,482
Otero (2000)						
		Equação		Resultado	Trabalho	
Concreto	93,12	72,289 + 0,14333 *AR		1.350,35	1.764,87	23,487
Aço	90,79	14,883 + 0,01101 *AR		113,05	149.290,00	99,924
Formas	94,47	-1831 + 1,9620 *AR		15.664,00	18.497,86	15,320

Vconc: Volume de concreto

Aform: Área de forma

CV: Coeficiente de variação

Paço: Peso do aço

Areal = AR: Área real total

R²: Coeficiente de correlação

Os indicadores de consumo para a quantificação da estrutura têm coeficientes de variação de 12,45% para o concreto, 18,03% para as formas e 20,75% para o aço, de

acordo com os dados apresentados por Solano (2003). A quantificação da estrutura feita por estimativa, ou seja, pelo equacionamento dos indicadores com os dados reais da obra, teve uma variabilidade média em termos absolutos aproximado de 14%, ou seja, a média da variação entre concreto, aço e formas, conforme quadro 08. Para o trabalho de Oliveira (1995), os indicadores de consumo para a quantificação da estrutura apresentaram desvios padrão de $0,04 \text{ m}^3/\text{m}^2$ para o concreto, $0,14 \text{ m}^2/\text{m}^2$ para as formas e $3,89 \text{ kg}/\text{m}^2$ para o aço. A quantificação da estrutura feita por estimativa teve uma variabilidade média de 12,5% , conforme esta apresentada no quadro 21.

De acordo com a variabilidade entre estimado e realizado, verifica-se que é possível prever o quantitativo da estrutura a partir dos indicadores de consumo, uma vez que para estimativas em etapas iniciais, ou logo após a elaboração do projeto arquitetônico, admite-se uma precisão entre 13% a 18%, segundo o estudo de Ashworth e Skitmore (1983) citado por Oliveira (1990). Portanto, tanto na forma global - concreto, aço e formas - quanto individualmente os componentes da estrutura apresentam variações aceitáveis.

As equações apresentadas por Otero(2000) e por Araújo (1997), apresentaram uma variabilidade para os dados, de tal monta que não é possível adotar aquelas equações para quantificação dos serviços relacionados a estrutura, considerando o presente estudo de caso.

– ALVENARIA

A alvenaria desempenha um papel importante na construção de um empreendimento imobiliário, pois de acordo com Mascaró (1998), as paredes constituem aproximadamente 40% do custo total do empreendimento. Além disso, a quantificação das alvenarias serve como referência para levantamento de serviços com chapisco, emboço, revestimentos cerâmicos e pintura.

Os indicadores de consumo de alvenaria interna e externa dos trabalhos apresentados por Losso (1995) e Hirota (1997) apresentam variabilidades aceitáveis para estimativas iniciais, principalmente quando se considera o consumo global, ou seja, a alvenaria interna e externa. A quantificação da alvenaria por meio do equacionamento obteve menor variação para as equações do trabalho de Solano (2003), uma vez que este trabalho apresentou uma variabilidade inferior a 4% para

alvenaria interna, externa e global, conforme esta apresentado no quadro 22. Todos os trabalhos utilizam como direcionador de consumo de seus indicadores ou equações de regressão linear o pavimento tipo.

Quadro 22 – Comparativo para quantificação da alvenaria.

Parede	CV/R ² (%)	Quantitativo para Alvenaria				Variação (%)
		Losso (1995)			Trabalho	
		Indicador	Coefficiente	Resultado		
Interna	13,28	Apit/Apt	1,086 m ² /m ²	564,07	705,10	20,00
Externa	11,12	Apet/Apt	0,828 m ² /m ²	430,06	357,62	16,84
Global	-	Apar/Apt	2,00 m ² /m ²	1.038,80	1.062,72	2,25
Hirota (1987)						
Interna	14,00	Apit/Apt	1,30 m ² /m ²	675,22	705,10	4,24
Externa	14,00	Apet/Apt	0,90 m ² /m ²	467,46	357,62	23,50
Global	-	Apar/Apt	2,20 m ² /m ²	1.142,68	1.062,72	7,00
Solano (2003)						
		Equação	Resultado	Trabalho		
Interna	97,15	-51,72 + 1,465 * Apt	709,20	705,10		0,58
Externa	81,46	88,212 + 0,5588 * Apt	372,45	357,62		3,98
Global	95,82	30,492 + 2,0238 * Apt	1.082,65	1.062,72		1,84
Otero (2000)						
		Equação	Resultado	Trabalho		
Global	93,09	-1138 + 12,614 * ATP	5.413,71	1.062,72		80,37

Apit: Área de paredes internas

CV: Coeficiente de variação

Apet: Área de paredes externas

R²: Coeficiente de correlação

Apt = APT: Área do pavimento tipo

A equação apresentada por Otero (2000), não forneceu dados consistentes para adoção daquelas equações para quantificação dos serviços relacionados a quantificação da alvenaria, com relação ao presente estudo.

A Ilustração 09 apresentada a seguir foi produzidas a partir dos dados do estudo de Solano (2003), para o interesse do presente trabalho. Nela estão identificados o diagrama de dispersão, a reta de tendência e a equação de regressão linear para a alvenaria interna.

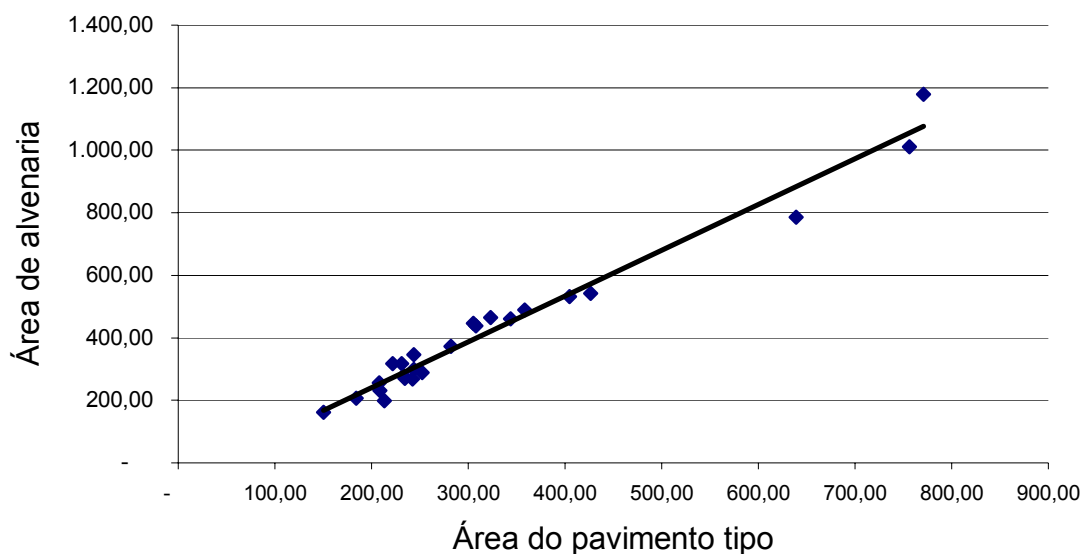


Ilustração 09 – Regressão linear entre a área de alvenaria interna e a área do pavimento tipo (dados Solano, 2003).

– INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E TELEFÔNICAS

Existem diversas maneiras de quantificar as instalações elétricas e telefônicas, entretanto, segundo os estudos pesquisados, as que mais caracterizam este serviço são o número de pontos, a quantidade de fios e a quantidade de eletrodutos. As equações de regressão linear para a quantificação das instalações elétricas do trabalho de Solano (2003) foram produzidas a partir dos dados daquele estudo e de acordo com os interesses do presente trabalho, ou seja, foram utilizados os dados presentes naquele estudo para formular equações de quantificação dos serviços de instalações elétricas e telefônicas, uma vez que esse levantamento não estava contemplado naquele estudo. Na ilustração 10, estão identificados o diagrama de dispersão, a reta de tendência e a equação de regressão linear para a quantificação do número de pontos elétricos.

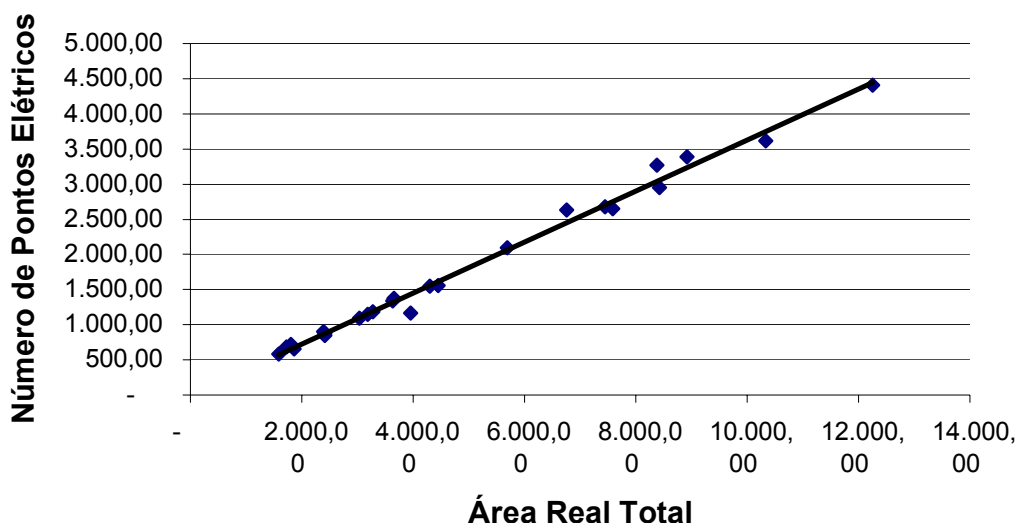


Ilustração 10 – Regressão linear entre o número de pontos elétricos e a área real total (dados Solano, 2003).

A quantificação desses insumos por meio das equações de regressão a partir dos dados de Solano (2003) resultou em variações inferiores a 6% para pontos elétricos, eletrodutos e fios elétricos, conforme pode ser visto no quadro 23. Desta forma, infere-se que é possível utilizar as equações determinadas para estimativas iniciais, uma vez que a variação foi aceitável.

Quadro 23 – Comparativo para instalações elétricas e telefônicas.

Especificação	R ² (%)	Quantitativo para elétrico			Variação (%)
		Solano (2003)		Trabalho	
		Equação	Resultado		
Número pontos elétrico	99,17	1,6146 + 0,3626 *AR	3.234,89	3.377,00	4,208
Comprimento eletrodutos	98,31	-52,132+ 0,7066 *AR	6.248,57	6.642,48	5,930
Comprimento fiação elétrica	97,81	-211,24 + 5,3188 *AR	47.216,12	50.848,88	7,144
Otero (2000)					
Número pontos elétrico	95,12	-756,8 + 0,36124 *AR	2.464,35	3.377,00	27,03
Comprimento fiação elétrica	53,10	4942,2 + 45028 *AR	1.825,42	4.446,29	58,95
Número pontos telefônico	82,91	68,32 + 0,03275 *AR	355,35	415,00	14,37
Comprimento fiação telefônica	4,46	1292,9 + 0,05972 *AR	1.825,42	4.446,29	58,95

AR: Área real total

R²: Coeficiente de correlação

A variabilidade em relação ao trabalho de Otero (2000) resultou em variações elevadas, tanto para instalações elétricas quanto para fiação telefônica. Desta forma

não podem ser adotadas para estimativas iniciais, pois não forneceram dados consistentes para adoção daquelas equações para quantificação dos serviços de instalações elétricas, em relação ao presente estudo.

– INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS

Quadro 24 – Comparativo para instalações hidro-sanitárias.

Especificação	R ² (%)	Quantitativo das Instalações Hidrossanitárias			Variação (%)
		Solano (2003)		Trabalho	
		Equação	Resultado		
Comprimento tubulação AF	99,41	$-34,711 + 0,5005 *AR$	4.428,21	4.531,19	2,273
Número pontos AF	93,67	$22,85 + 0,0761 *AR$	701,42	673,00	4,052
Comprimento tubulação esgoto	98,22	$-167,11 + 0,4965 *AR$	4.260,15	5.074,40	16,046
Número pontos esgoto	93,01	$-13,66 + 0,0489 *AR$	422,00	528,00	20,076
Otero (2000)					
Comprimento tubulação AF	90,75	$-737,4 + 0,3633 *AR$	2.502,12	4.531,19	44,780
Número pontos AF	91,41	$-314,7 + 0,10441 *AR$	616,32	673,00	8,422
Comprimento tubulação esgoto	49,65	$397,5 + 0,49762 *AR$	4.834,72	5.074,40	4,723
Número pontos esgoto	89,66	$-227,2 + 0,1028 *AR$	689,46	528,00	23,418

AR: Área real total

R²: Coeficiente de correlação

A caracterização das instalações hidrossanitárias será pelo comprimento das tubulações e pelo número de pontos de água fria e de esgoto. A quantificação dos serviços pelas equações de regressão apresenta variabilidade menor para água fria, em torno de 4% e um pouco superior para a rede de esgoto chegando a 20%, apesar de que todas as equações apresentam correlação fortíssima, ou seja, grau de correlação superior a 90%, conforme pode ser verificado no quadro 24. Deve-se considerar ainda que a variabilidade global em termos absolutos, ou seja, considerando instalações de água fria e esgoto, segundo as equações produzidas a partir dos dados de Solano (2003) estão dentro do limite para estimativas iniciais.

Na Ilustração 11 gerada a partir dos dados do estudo de Solano (2003), para o interesse do presente trabalho. Nela estão identificados o diagrama de dispersão, a reta de tendência e a equação de regressão linear para a quantificação do comprimento da tubulação de água fria.

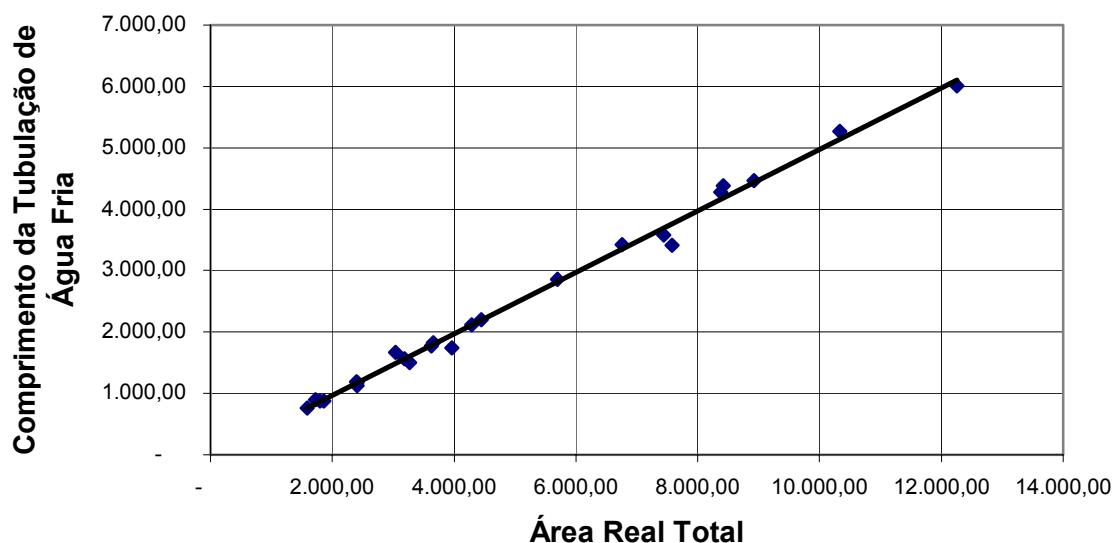


Ilustração 11 – Regressão linear entre o comprimento de tubulação de água fria e a área real total (dados Solano, 2003).

A variabilidade em relação ao trabalho de Otero (2000) resultou em variações elevadas, tanto para instalações hidrossanitárias, principalmente para o comprimento da tubulação de água fria e para o número de pontos de esgoto em relação ao estudo de caso. Desta forma não podem ser adotadas para estimativas iniciais, uma vez que aquelas equações não forneceram dados consistentes para adota-las.

– ESQUADRIAS INTERNAS - PORTAS

A quantificação das esquadrias internas é feita por meio do cálculo das aberturas existentes e a partir dela são determinadas o número de portas de madeira. A quantificação do número de portas obteve melhor correlação utilizando como direcionador de consumo a área do pavimento tipo. Tal fato pode ser verificado, uma vez que todos os trabalhos apresentados nessa pesquisa definiram a área do pavimento tipo como o melhor direcionador de consumo, a exceção do trabalho apresentado por Otero (2000) que utilizou também a área real total como direcionador de custo, obtendo um coeficiente de correlação menor, conforme esta apresentado no quadro 25 .

Quadro 25 – Comparativo para quantificação de esquadrias internas – portas.

Esquadria	CV/R ² (%)	Quantitativo de esquadrias internas - portas			Trabalho	Variação (%)
		Indicador	Coefficiente	Resultado		
Losso (1995)						
Interna	11,75	Nai/Apt	0,07216 un/m ²	37,44	44,00	14,91
Solano (2003)						
Interna	19,16	Nai/Apt	0,093 un/m ²	48,30	44,00	8,90
Araújo (1997)						
Interna	9,84	Nai/Apt	0,083 un/m ²	43,11	44,00	2,02
Otero (2000)						
		Equação		Resultado	Trabalho	
Interna	88,42	-73,81 + 0,63877 * ATP		257,97	44,00	82,94
Interna	89,43	- 68,43 + 0,05992 * AR		465,87	802,00	41,91

Nai: Número de portas

Apt = ATP: Área do pavimento tipo

AR: Área real total

CV: Coeficiente de variação

R²: Coeficiente de correlação

Quanto ao quadro 25, o resultado apresentado por Losso (1995), equivale a dizer se tem uma porta para cada 13,86 m², que é muito próximo do estudo apresentado por Araújo (1997), que é uma porta para cada 13,16 m². O valor fornecido por Solano (2003), apresentou um valor de uma porta para cada 11,11 m². Para o estudo de caso sob análise, tanto os trabalhos de Losso (1995), Solano (2003) e Araújo (1997) apresentam-se como guias para a quantificação do número de portas, uma vez que ambos apresentam variabilidade baixa entre o estimado e o realizado.

A variabilidade em relação ao trabalho de Otero (2000) resultou num índice elevado em relação ao presente estudo. Desta forma não podem ser adotadas para estimativas iniciais, uma vez que aquelas equações não forneceram dados consistentes para adotá-las.

– ESQUADRIAS EXTERNAS

A quantificação das esquadrias externas é feita por meio do cálculo do perímetro ou da área das aberturas externas necessárias e a partir disso são determinadas o consumo dos perfis de alumínio. A variabilidade para a quantificação das esquadrias externas foi avaliada em relação a diversos estudos, sendo que todos utilizaram como direcionador de consumo a área do pavimento tipo. A variabilidade em termos absolutos para a quantificação das esquadrias externas proposto por Araújo (1997) obteve um índice aproximado de 6% entre o estimado e o valor de projeto, conforme esta apresentado no quadro 26.

Quadro 26 – Comparativo para quantificação de esquadrias externas.

Esquadria	CV/R ² (%)	Quantitativo das esquadrias externas			Trabalho	Variação (%)
		Losso (1995)				
		Indicador	Coefficiente	Resultado		
Externa	26,60	Aae/Apt	0,164 m ² /m ²	85,18	70,29	17,48
Externa	15,01	Pae/Apt	0,391 m/m ²	203,09	185,60	8,61
Solano (2003)						
Externa	31,16	Ajan/Apt	0,115 m ² /m ²	59,73	70,29	15,02
Araújo (1997)						
Externa	14,07	Ajan/Apt	0,144 m ² /m ²	74,79	70,29	6,02
Otero (2000)						
		Equação		Resultado	Trabalho	
Externa	80,31	-2307 + 4,9461 * ATP		262,00	70,29	73,17

Ajan = Aae: Área das aberturas externas Apt = APT: Área do pavimento tipo
Pae: Perímetro externo das aberturas externas CV: Coeficiente de variação
R²: Coeficiente de correlação

O percentual médio de aberturas externas em relação a área do pavimento tipo para os trabalhos de Araújo (1997), Losso(1995) e Solano (2003) apresentam um valor que varia de 11% a 16% em média. Isso representa um percentual próximo daquele definido pela legislação da cidade de Florianópolis que é de 1/6 de área de abertura para os compartimentos de permanência prolongada e 1/8 para compartimentos de permanência transitória.

A variabilidade em relação ao trabalho de Otero (2000) resultou num índice elevado igual a 73,17%, não sendo possível adotar a equação apresentada naquele trabalho, para realizar estimativas iniciais em relação ao presente estudo de caso.

– VIDROS

A quantificação dos vidros é feita por meio do cálculo da área das aberturas externas e a partir disso é determinado o consumo dos vidros. O trabalho apresentado por Losso (1995) considera que o indicador que determina área de aberturas externas pode ser utilizado também para a determinação da área de vidros. Seguindo esta definição, foi considerado que para Solano (2003) e Araújo (1997) a mesma proposição. Apenas a pesquisa realizada por Otero (2000) é que define uma equação de regressão linear específica para quantificação da área de vidros. Os autores fazem a análise do indicador ou da equação de regressão para a quantificação dos vidros

em relação à área do pavimento tipo, uma vez que este indicador obteve a melhor correlação.

Quadro 27 – Comparativo para quantificação da área de vidros.

Descrição	CV/R ² (%)	Quantitativo das esquadrias externas			Trabalho	Variação (%)
		Losso (1995)				
		Indicador	Coefficiente	Resultado		
Vidro	26,60	Aae/Apt	0,164 m ² /m ²	85,18	70,29	17,48
Solano (2003)						
Vidro	31,16	Ajan/Apt	0,115 m ² /m ²	59,73	70,29	15,02
Araújo (1997)						
Vidro	14,07	Ajan/Apt	0,144 m ² /m ²	74,79	70,29	6,02
Otero (2000)						
		Equação		Resultado	Trabalho	
Vidro	73,69	-935,4 + 1,9038 * ATP		53,43	70,29	23,99

Ajan = Aae: Área das aberturas externas Apt = APT: Área do pavimento tipo
R²: Coeficiente de correlação CV: Coeficiente de variação

Pode-se observar que apesar do coeficiente de variação proposto por Solano (2003) ser maior do que aquele proposto por Losso (1995), foi obtido uma variabilidade em termos absolutos entre o previsto e realizado menor, aproximadamente 2,5%. A menor variação é em relação ao trabalho de Araújo (1997), que por sua vez obteve o menor coeficiente de variação, conforme esta apresentado no quadro 27.

A variabilidade em relação ao trabalho de Otero (2000) resultou em num índice elevado para estimativas iniciais, ou seja, superior a 18% em relação ao presente estudo. Desta forma, não será possível adotar a equação apresentada naquele trabalho, para realizar estimativas iniciais.

– GUARDA CORPO DE SACADAS

A proposta para quantificação do guarda corpo de sacada foi feita somente pelo trabalho de Araújo (1997), que encontrou um coeficiente de variação de 35,86% e pode ser considerado elevado pois é superior ao limite de 25% pré estabelecido como aceitável. A quantificação do guarda corpo de sacada utilizando o indicador proposto por Araújo (1997), apresentou uma variabilidade elevada, aproximadamente 35% que é coerente com o valor do coeficiente de variação citado anteriormente, conforme esta apresentado no quadro 28.

Quadro 28 – Comparativo para quantificação do perímetro de guarda corpo de sacada.

CV (%)	Quantitativo do perímetro de guarda corpo				Variação (%)
	Araújo (1997)			Trabalho	
	Indicador	Coeficiente	Resultado		
35,86	Cgc/Apvt	0,0448 m/m ²	26,27	40,40	34,975

Apvt: Área do pavimento tipo

Cgc: Comprimento do guarda corpo

CV: Coeficiente de variação

– PISOS FRIOS

As áreas dos pisos frios são encontradas na cozinha, banheiros, lavanderia, sacada e lavabo. Este tipo de revestimento é separado dos outros cômodos da edificação porque de acordo com o estudo apresentado por Losso (1995) e Araújo (1997), eles apresentam um custo maior em relação as áreas íntima e social devido ao material que é utilizado nesses compartimentos (cerâmica, granito, dentre outros), além do tratamento de impermeabilização que muitas vezes é necessário para a estanqueidade do compartimento. A variabilidade para a quantificação da área de piso frio foi avaliada considerando como direcionador de consumo a área útil do pavimento tipo e também a área do pavimento tipo. A variabilidade em termos absolutos para a quantificação da área de pisos frios obteve índices aceitáveis para estimativas iniciais, exceto em relação aos trabalhos de Losso (1995) e Otero (2000) que determinaram um índice igual a 33,99% e 28,33% respectivamente, conforme esta apresentado no quadro 29. Cabe ainda esclarecer que o trabalho de Araújo (1997), não considera a área da sacada e da circulação comum para a quantificação da área de piso frio, ou seja, a quantificação foi feita de forma segmentada. Diante disso, para análise da variabilidade entre estimado e realizado, foi acrescida a área de piso frio, a área de sacada e a área de circulação comum.

O percentual de área de piso frio, ou seja, considerando o piso dos apartamentos, das sacadas e da circulação comum, para o presente estudo de caso foi de aproximadamente 35%, que é muito próximo do valor apresentado por Araújo (1997) e Solano (2003), respectivamente 33,50% e 33,90%.

Quadro 29 – Comparativo para quantificação da área de piso frio.

Local	CV/R ² (%)	Quantitativo da área de piso frio				Trabalho	Variação (%)
		Losso (1995)					
		Indicador	Coeficiente	Resultado			
Global	10,66	Apf/Aupt	0,25112 m ² /m ²	120,08	181,91	33,99	
Solano (2003)							
Global	18,29	Apf/Apt	0,3390 m ² /m ²	176,08	181,91	3,20	
Araújo (1997)							
		Equação		Resultado	Trabalho		
Apartamento	94,93	1,7103 + 0,2216 * Aupt		180,47	181,91	0,79	
Sacada	17,30	-2,6322 + 0,056 * Apt					
Circulação comum	16,07	21,356 + 0,03 Apt					
Otero (2000)							
Global	35,45	118,29 + 0,26094 * ATP		253,82	181,91	28,33	

Apf: Área de piso frio

Aupt: Área útil do pavimento tipo

R²: Coeficiente de correlação

Apt = ATP: Área do pavimento tipo

CV: Coeficiente de variação

– PISO SECO

As áreas de pisos secos abrangem a área social e a área íntima dos apartamentos. A variação para a quantificação dos pisos secos foi avaliada em relação aos trabalhos de Araújo (1997) e Solano (2003). Ambos utilizam como direcionador de consumo a área do pavimento tipo. A quantificação da área de piso seco por meio dos indicadores de consumo obteve variação igual a 9,89% e 11,22%, para os dois autores, conforme esta apresentado no quadro 30. A pequena variação das áreas pode ser observada no item 4.1 pelo comparativo entre áreas funcionais do presente estudo e o trabalho de Solano (2003), ou seja, o percentual de área ocupado pelas áreas íntima e social em relação ao apartamento teve uma variabilidade inferior a 8%.

Quadro 30 – Comparativo para quantificação da área de piso seco.

Local	CV (%)	Quantitativo da área de piso seco				Trabalho	Variação (%)
		Araújo (1997)					
		Indicador	Coeficiente	Resultado			
Social	12,70	Apsoc/Apt	0,199 m ² /m ²	278,39	308,96	9,89	
Íntima	9,70	Apint/Apt	0,338 m ² /m ²				
Solano (2003)							
Global	5,38	Apseco/Apt	0,670 m ² /m ²	347,99	308,96	11,22	

Apseco: Área de piso seco

Apsoc: Área de piso social

CV: Coeficiente de variação

Apt: Área do pavimento tipo

Apint: área de piso íntimo

– PAREDES FRIAS E PAREDES SECAS

As áreas de paredes molháveis e secas determinam o consumo de revestimento cerâmico e também a quantidade de chapisco, de emboço e de pintura. O coeficiente de variação para paredes molháveis foi de 17,53%, enquanto que para paredes secas foi de 9,43% em relação ao estudo apresentado por Araújo (1997). A variabilidade para a quantificação das paredes frias entre o estimado e o valor de projeto foi inferior a um ponto percentual, enquanto que a variabilidade para paredes secas foi de 9,05%, conforme esta apresentado no quadro 31.

Quadro 31 – Comparativo para quantificação da área de parede seca e molhável.

Parede	CV/R ² (%)	Quantitativo da área de paredes secas e frias				Variação (%)
		Araújo (1997)			Trabalho	
		Indicador	Coeficiente	Resultado		
Fria	17,53	Apmolh/Apt	0,801 m ² /m ²	416,03	418,71	0,640
Seca	9,43	Apsec/Apt	1,950 m ² /m ²	1.012,83	921,19	9,048
Otero (2000)						
		Equação		Resultado	Trabalho	
Fria	91,34	-1549 + 6,2313 * APT		1.687,54	921,19	45,41

Apsec: Área de parede seca
 Apt : Área do pavimento tipo
 R²: Coeficiente de correlação

Apmolht: Área de parede molhável
 CV: Coeficiente de variação

A variabilidade em relação ao trabalho de Otero (2000) resultou num índice elevado para estimativas iniciais, em relação ao presente estudo de caso. Desta forma, não será possível adotar a equação apresentada naquele trabalho.

– REVESTIMENTO DE FACHADA

O revestimento de paredes externas pode ser um dos itens mais elevados do custo de um edifício, dependendo do tipo de acabamento utilizado (ARAÚJO, 1997). Neste sentido, Mascaró (1998), afirma que as fachadas constituem em média 15% do custo total do edifício e ainda que o custo dos panos verticais externos pode ser de três a cinco vezes o custo dos panos verticais internos, dependendo do índice de compacidade.

O direcionador de consumo utilizado para a quantificação de revestimento externo foi a área do pavimento tipo e a área total da edificação,.

A quantificação por estimativa apresentou uma variabilidade aceitável para todos os indicadores utilizados, exceto aqueles apresentados por Otero (2000), conforme esta apresentado no quadro 32.

Quadro 32 – Comparativo para quantificação da área de revestimento externo.

Local	CV/R ² (%)	Quantitativo da área de revestimento externo			Trabalho	Variação (%)
		Losso (1995)		Resultado		
		Indicador	Coefficiente	Resultado		
Tipo	16,81	Afach/Apt	0,65338 m ² /m ²	339,36	334,33	1,482
Araújo (1997)						
Tipo	9,60	Afach/Apt	0,719 m ² /m ²	373,45	334,330	10,475
Solano (2003)						
Global	19,43	Afach/Atot	0,5255 m ² /m ²	4.570,89	4.725,970	3,281
Otero (2000)						
		Equação		Resultado	Trabalho	
Fria	91,34	-1515 + 3,1061 * ATP		98,30	334,33	70,60

Afach: Área de fachada

Apt = ATP: Área do pavimento tipo

Atot: Área total

CV: Coeficiente de variação

R²: Coeficiente de correlação

A variabilidade em relação ao trabalho de Otero (2000) resultou em um índice elevado para estimativas iniciais, em relação ao presente estudo. Desta forma, não será possível adotar a equação apresentada naquele trabalho. Cabe esclarecer ainda que a equação utilizada foi para determinar a área de emboço externo, uma vez que não estava claro naquele estudo se toda a fachada de todos os edifícios era revestida com cerâmica.

– PERÍMETRO PARA PEITORIL

Dentre os estudos realizados nessa linha de pesquisa, somente o trabalho efetuado por Araújo (1997), avaliou a quantificação do perímetro de peitoril. Segundo o autor, este indicador não apresenta boa correlação com a área total do pavimento tipo, uma vez que este requisito é função da concepção do projeto, entretanto, serve para balizar a quantificação desse serviço. Como o valor é relativamente baixo, um erro nessa estimativa não acarretaria em grandes distorções para o custo final. A regressão linear apresentou uma correlação fraca, ou seja, R² = 28,85%. A quantificação do perímetro de peitoril utilizando o indicador proposto por Araújo

(1997), apresentou uma variabilidade aceitável para estimativas iniciais, aproximadamente 11%, conforme esta apresentado no quadro 33.

Quadro 33 – Comparativo para quantificação do perímetro de peitoril.

CV (%)	Quantitativo do perímetro de peitoril			Variação (%)
	Araújo (1997)		Trabalho	
	Equação	Resultado		
28,85	$4,7816 + 0,073 \text{ Apvt}$	42,70	47,75	10,576

Apvt: Área do pavimento tipo

CV: Coeficiente de variação

– REVESTIMENTO DE TETO

Para a análise da quantificação do revestimento de teto foi utilizado o trabalho de Araújo (1997), uma vez que o autor fez uma divisão pelos principais tipos de revestimentos de teto: pintura, forro de gesso e forro de madeira. A variação para a quantificação da área de revestimento de teto obteve variações de 16,40%, 1,26% e 33,10% para pintura, revestimento de gesso e revestimento de madeira respectivamente. Os coeficientes de correlação são fortes com exceção do revestimento de madeira utilizado nas sacadas. Estas últimas são áreas relativamente pequenas e desta forma não afetam a estimativa em termos globais, conforme esta apresentado no quadro 34.

Quadro 34 – Comparativo para quantificação da área de revestimento de teto.

Revestimento	CV/R ² (%)	Quantitativo da área de revestimento de teto			Variação (%)
		Araújo (1997)		Trabalho	
		Equação	Resultado		
Pintura	95,31	$1,0683 + 0,622 * \text{Apt}$	324,14	387,74	16,403
Gesso	79,96	$-1,1973 + 0,1824 * \text{Apt}$	93,54	94,74	1,267
Madeira	17,30	$-2,6322 + 0,0558 * \text{Apt}$	28,98	43,32	33,102

Apt: Área do pavimento tipo

Cabe esclarecer ainda que a equação utilizada para estimar o revestimento de madeira é a mesma utilizada para o revestimento de piso de sacadas, pois, considera-se segundo as características da empresa sob estudo que é possível considerar equivalência entre as áreas de sacada e revestimento de madeira.

– LOUÇAS E METAIS DOS BANHEIROS E LAVABOS

As louças e metais dos banheiros e lavabos são determinadas pela correlação entre o número de banheiros e a área do pavimento tipo. Dentre os estudos analisado para a quantificação do número de banheiros e lavabos, a melhor correlação encontrada foi em relação a área útil do pavimento tipo. Para o trabalho de Losso (1995), obteve-se um coeficiente de variação de 17,72% e para o estudo de Araújo (1997), o coeficiente de variação foi de 20,57%. Para a obra em análise obteve-se um banheiro para cada 32m² de área do pavimento tipo, enquanto que para os trabalhos de Losso (1995) e Araújo (1997), os indicadores determinaram um banheiro para cada 38 m² e 35m² respectivamente, conforme esta apresentado no quadro 35.

Quadro 35 – Comparativo para quantificação do número de banheiros e lavabos.

CV (%)	Quantitativo do número de banheiros				Variação (%)
	Losso (1995)			Trabalho	
	Indicador	Coeficiente	Resultado		
17,72	Nbpt/Aupt	0,02576 un/m ²	12,34	16,00	22,875
Araújo (1997)					
20,05	Nbpt/Aupt	0,0282 un/m ²	13,50	16,00	15,625

Nbpt: número de banheiros e lavabos

Aupt: Área útil do pavimento tipo

– ÁREA DE CIRCULAÇÃO HORIZONTAL E VERTICAL

As áreas destinadas a circulação horizontal e vertical correspondem a 7,60% da área do pavimento tipo para o estudo de caso em análise, o que pode ser considerada ótimo segundo o quadro de referência apresentado por Oliveira (1996), reproduzido no quadro 36. Os dados apresentados naquela pesquisa referem-se ao estudo realizado por uma empresa privada que atua no ramo de incorporação imobiliária residencial.

Quadro 36 – Referência em área de circulação (OLIVEIRA, 1996).

Apartamentos por andar	Acirc/Apavt (%)	Acirc/Apavt (%)	Acirc/Apavt (%)
	Ótimo	Bom	Ruim
1	até 22	22 a 32	acima de 32
2	até 16	16 a 22	acima de 22
4	até 08	08 a 12	acima de 12
6	até 07	07 a 11	acima de 11
8	até 06	06 a 10	acima de 10

Acirc: Área de circulação horizontal e vertical

Apavt: Área do pavimento tipo

A quantificação das áreas de circulação horizontal e vertical por estimativa paramétrica, utilizando os indicadores do estudo realizado por Losso (1995), apresentaram variabilidade elevada, sendo 26,49% para circulação horizontal e 28,92 para circulação vertical, considerando que os coeficientes de variação dos indicadores serem 24,03% e 18,41%, respectivamente para circulação horizontal e vertical. Entretanto, em termos globais a variabilidade foi baixa, aproximadamente igual a 7%. Em relação aos estudos de Araújo (1997) e Solano (2003), não foi possível obter índices aceitáveis para estimativas iniciais, uma vez que a variabilidade encontrada foi aproximadamente 30%, conforme esta apresentado no quadro 37.

Quadro 37 – Comparativo para a quantificação das áreas de circulação horizontal e vertical.

Tipo	Unidade	Quantitativo da área de circulação				Variação (%)
		Losso (1995)			Trabalho	
		Indicador	Coeficiente	Resultado		
Horizontal	24,03	Ach/Apt	0,027956 m ² /m ²	14,07	19,14	26,489
Vertical	18,41	Acv/Apt	0,054395 m ² /m ²	28,25	20,08	28,920
Global	-	-	-	42,32	39,22	7,325
Araújo (1997)						
Horizontal	30,04	Ach/Apt	0,0370 m ² /m ²	19,21	19,14	0,364
Vertical	21,9	Acv/Apt	0,0690 m ² /m ²	35,83	20,08	43,958
Global	-	-	-	55,04	39,22	28,743
Solano (2003)						
Global	26,87	Acv/Apt	0,110 m ² /m ²	57,13	39,22	31,350

Ach: área de circulação horizontal

Apt: Área do pavimento tipo

Acv: área de circulação vertical

– MÃO-DE-OBRA

A mão-de-obra foi alocada por função e não por serviço, devido ao fato da quantificação do consumo de homens-hora ter sido feita diretamente da folha de pagamento da empresa. A alocação do consumo de homens-hora por serviço somente seria possível por medição direta na obra ou por meio de índices de consumo apresentados em composições unitárias de serviço. Tal sistemática não faz parte dos objetivos postulados para o presente trabalho. A seguir esta apresentada a ilustração 12, com o percentual de consumo de homens-hora global para a execução do empreendimento:

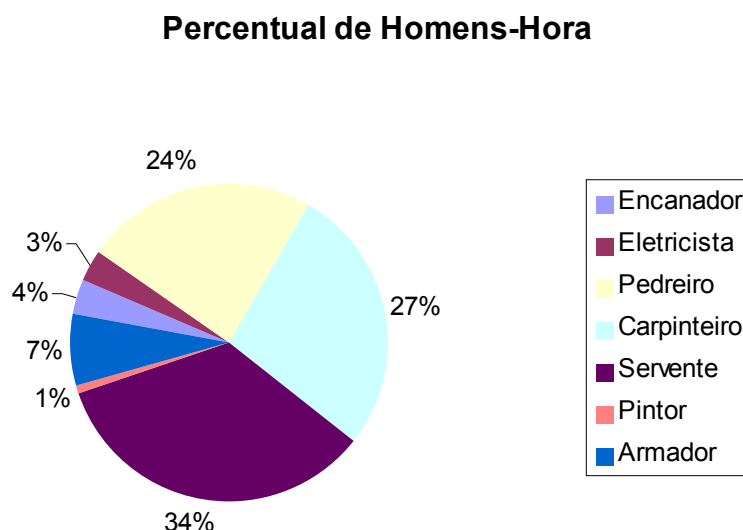


Ilustração 12 – Distribuição percentual do consumo de homens-hora global.

Observa-se o predomínio das funções desempenhadas pelos pedreiros, carpinteiros e serventes, que respondem por aproximadamente 80% do consumo de homens-hora necessários para a execução do empreendimento.

A quantificação de homem-hora por função utilizando indicadores de consumo, não foi possível porque as variações obtidas são muito elevadas - ver quadro 38 - para serem utilizadas em estimativas iniciais, ficando em média próximo a 30%, mesmo considerando de que todos os coeficientes de variação dos indicadores de consumo utilizados serem inferiores a 15%, de acordo com os dados apresentados no estudo de Solano (2003). Este fato se deve as diferentes formas de alocação dos recursos humanos no desempenho das funções e as estratégias da empresa quanto a

utilização de serviços terceirizados. Entretanto, para o consumo global obteve-se uma pequena variação, inferior a 5% que pode ser considerada aceitável para estimativas por características geométricas. No quadro 38 estão apresentados os dados do consumo de homens-hora por metro quadrado - hh/m² – em comparação com o trabalho de Solano (2003):

Quadro 38 – Comparativo para quantificação de homens-hora por metro quadrado.

Função	Trabalho	Solano (2003)	Variação (%)
	hh/m ²		
Encanador	0,98	0,88	10,168
Eletricista	0,88	1,21	27,343
Pedreiro	6,37	4,84	23,960
Carpinteiro	7,36	5,24	28,851
Servente	9,16	7,91	13,658
Almoxarife	0,56	0,89	37,086
Mestre de Obras	1,45	1,05	27,698
Pintor	0,27	0,75	64,082
Armador	1,94	2,78	30,370
Global	28,97	27,67	4,478

Cabe esclarecer que as atividades desempenhadas pelo mestre de obras e pelo almoxarife poderiam estar incluídas nas despesas administrativas de gestão do processo. Entretanto como o estudo utilizado para cotejar o estimado e o realizado apresentou esses dados no computo total da mão-de-obra, foi seguido a mesma metodologia a fim de manter a coerência na comparação com aquela pesquisa.

O trabalho apresentado por Losso (1995) apresentou um consumo global de 30,67 hh/m², que é condizente com os valores obtidos no presente estudo e na pesquisa apresentada por Solano (2003). Desta vez, novamente a comparação para as especialidades dos profissionais ficou dificultada pelo fato das diferenças entre as atividades desenvolvidas por trabalhadores com mesma função.

Em relação ao trabalho de Otero (2000), a comparação não foi possível por função e nem em termos globais, pois segundo os dados apresentados naquele estudo, foi obtido um consumo global igual a 19,37 hh/m², conforme esta apresentado no quadro 39 reproduzido do trabalho de Otero (2000).

Quadro 39 – Produtividade média (OTERO, 2000).

Função	Produtividade hh/m ²	Coefficiente de Variação
Servente	8,25	25,1
Armador	1,13	9,77
Carpinteiro	2,66	17,95
Pedreiro	3,21	13,71
Encanador	0,67	72,88
Eletricista	0,83	67,21
Gesseiro	0,31	12,33
Azulejista de interiores	0,63	17,39
Azulejista de fachada	0,25	57,45
Marceneiro de esquadrias	0,33	34,85
Pintor de interiores	0,93	9,85
Pintor de fachadas	0,08	69,72
Pintor de esquadrias	0,06	92,55
Vidraceiro	0,03	65,4
Global	19,37	

4.3 ANÁLISE DO CUSTO DOS SERVIÇOS E CONSUMO DE MÃO-DE-OBRA

A análise do custo será feita utilizando-se o modelo proposto no estudo apresentado por Araújo (1997), uma vez que para a maioria dos serviços apresentados naquele trabalho foi possível obter índices de variação aceitáveis na quantificação de serviços. Além disso, deve-se considerar ainda que o objetivo daquele trabalho era a análise do custo dos empreendimentos imobiliários. Para a aplicação do modelo é necessária a apresentação dos dados discriminados a seguir:

- Área total: 8916,93 m²;
- Somatório das área dos pavimentos tipo mais o pavimento ático: 5911,88 m²;
- Número total de pavimentos: 14 unidades;
- Número de pavimentos tipo mais ático: 12 unidades;
- Número de apartamentos por pavimento: 04 unidades.

De acordo com o modelo apresentado por Araújo (1997), a obra é dividida em três grandes frentes de análise de custos, quais sejam: serviços gerais, obra grossa e obra fina. Segundo a metodologia proposta pelo autor, a estimativa de custo de uma obra é feita pela simples multiplicação de sua área por um indicador de custo/m² ou por um indicador de consumo/m². A sistemática utilizada está discriminada a seguir:

- Determinação faixa de área em que se enquadra a obra para fins de definição do coeficiente de consumo para os serviços gerais;
- Levantamento da cotação do dólar para o período em que se deseja analisar o custo do empreendimento e a partir daí determinar o custo dos serviços gerais e das instalações;
- Cotação dos insumos utilizados no empreendimento de acordo com as características próprias e com isso determinar o custo dos materiais básicos e da obra fina;
- Levantamento do valor do Custo Unitário Básico ponderado – CUBp - para o período em que se deseja analisar o custo do empreendimento e com isso definir o custo da mão-de-obra. A sistemática consiste em atribuir um percentual ao valor do CUBp para o período em que se deseja fazer a análise. Entretanto, como este valor está aquém dos valores praticados pela empresa objeto de estudo de caso, fez-se a atualização daquele percentual pelo real praticado.

A operacionalização do modelo de estimativa por características geométricas proposto por Araújo (1997), está apresentada no quadro 40 a seguir:

Quadro 40 – Operacionalização do modelo de estimativa de custo proposto por Araújo (1997).

		Coeficiente			
1	Serviços gerais	US\$/m²	Cotação	Custo/m²	Custo total
1.1	Opção 1 - custo/m ²	25,50	2,93	74,72	666.228,42
2	Obra grossa				
2.1	Materiais básicos	Consumo/m²	R\$/um	Custo/m²	Custo total
2.1.1	Concreto 25 MPa	0,368	200,00	73,66	656.821,06
2.1.2	Aço 12,5mm	33,289	2,05	68,24	608.504,01
2.1.3	Argamassa	0,309	50,00	15,43	137.543,65
2.1.4	Cimento	1,262	18,80	23,73	211.559,51
2.1.5	Tijolo 10x20x20	61,600	0,20	12,32	109.856,76
2.1.6	Chapa plastificada 18mm	0,141	64,30	9,07	80.843,56
	Custo total dos materiais básicos				1.805.128,55
		Coeficiente			
2.2	Instalações	US\$/m²	Cotação	Custo/m²	Custo total
2.2.1	Custo elétrico	10,100	2,93	29,59	263.878,71
2.2.2	Custo hidráulico AF	3,970	2,93	11,63	103.722,62
2.2.3	Custo esgoto	2,880	2,93	8,44	75.244,62
2.2.4	Custo hidráulico AQ	6,740	2,93	19,75	176.093,32
2.2.5	Custo incêndio	2,730	2,93	8,00	71.325,63
	Custo total das instalações				690.264,90
2.3	Mão-de-obra	CUB	Percentual	Custo/m²	Custo total
		686,76	0,31	212,90	1.898.375,16
3	Obra fina	Consumo/m²	R\$/um	Custo/m²	Custo total
3.1	Esquadrias	0,144	420,00	60,48	357.550,50
3.2	Portas	0,083	380,00	31,54	186.492,24
3.3	Louças e metais - BWC	0,024	425,00	10,12	59.818,90
3.4	Revestimento de parede interna fria	0,732	20,00	14,63	86.546,52
3.5	Revestimento de piso social	0,198	18,00	3,56	21.084,20
3.6	Revestimento piso íntimo	0,338	18,00	6,08	36.004,38
3.7	Revestimento de parede interna quente	2,036	6,00	12,22	72.305,04
3.8	Piso de circulação horizontal	0,040	25,00	1,00	5.919,88
3.9	Revestimento de piso frio	0,180	22,00	3,96	23.446,68
3.10	Peitoril de janela	0,878	18,00	15,80	93.589,39
3.11	Revestimento de teto gesso	0,186	20,00	3,71	21.973,88
3.12	Rodapé	0,580	7,50	4,35	25.751,11
3.13	Revestimento externo	0,726	18,00	13,07	77.426,33
3.14	Revestimento de piso de circulação vertical	0,046	45,00	2,07	12.268,64
3.15	Revestimento de piso de sacada	0,042	45,00	1,87	11.096,99
3.16	Revestimento de teto de madeira	0,042	22,80	0,95	5.623,42
	Total da obra fina				1.096.898,11
	Total da obra				6.156.895,15

A estimativa do custo determinado por meio da operacionalização do modelo de estimativa de custo por características geométricas de empreendimentos habitacionais apresentou uma variação aproximada de 8,0% em relação ao custo real atualizado do empreendimento em estudo, conforme apresentado no quadro 41 a seguir:

Quadro 41 – Comparativo entre custo estimado e custo atualizado.

Tipo de estimativa			Variação (%)
Pelo modelo Araújo (1997)	Custo atualizado		
6.156.895,15	5.666.821,05	Dólar	7,960
	5.705.194,68	CUB	7,336

Diante do resultado encontrado, infere-se que é possível avaliar o custo de um empreendimento imobiliário por meio de estimativa baseada em características geométricas de empreendimentos imobiliários com uma variação aceitável, entre 13% a 18%, tendo em vista que a estimativa é realizada após a elaboração do projeto arquitetônico, dentro da perspectiva de estimativas iniciais. Além disso, a sistemática proposta pode reduzir sobremaneira o trabalho do orçamentista que adota o processo de composições unitárias para orçar o custo de um empreendimento, uma vez que não há a necessidade de se dispor de todos os projetos – arquitetônico e complementares – e nem realizar o levantamento de todos os serviços necessários para a consecução da obra.

CAPÍTULO 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo tem como finalidade sintetizar os resultados obtidos na pesquisa, explicitando a consecução dos objetivos formulados inicialmente e a contribuição do trabalho para a quantificação de serviços, mão-de-obra e custo para empresa sob estudo. Algumas conclusões estão de acordo com conhecimentos anteriores dentro da visão acadêmica e do conhecimento do sub-setor de edificações. Por fim, após ter analisados os dados da pesquisa (capítulo 4), considerando a metodologia para planejamento, levantamento, processamento e análise dos dados (capítulo 3), com base na sustentação teórica (capítulo 2), a vista dos objetivos e das hipóteses postuladas (capítulo 1), a seguir relacionam-se os principais resultados alcançados.

5.1 VERIFICAÇÃO DAS HIPÓTESES

- **É possível formular um paradigma para quantificação de serviços, mão-de-obra e custos, com base em pesquisas realizadas em outros universos amostrais**

Com base na análise dos dados apresentados no capítulo anterior, verificou-se que agrupando os dados dos estudos que apresentam uma amostra com tipologia semelhante quanto ao padrão de acabamento - alto padrão - e as menores variações entre os quantitativos de serviços, mão-de-obra e custos apurados por estimativa e os dados reais praticados no empreendimento sob estudo, é possível formular um paradigma por meio da seleção das equações ou índices paramétricos que melhor se conformaram com o empreendimento em estudo, e aplicados dentro do limite da empresa em estudo.

➤ **Serviços**

O quadro 42, apresenta a síntese das equações paramétricas que forneceram as menores variações na quantificação dos serviços, a localização da atuação do indicador, bem como o autor da equação estimativa.

Quadro 42 – Paradigma para quantificação dos serviços.

Serviço	Localização	CV/R ² (%)	Indicador/Equação	Variação (%)	Autor	
Concreto	Edifício	12,450	0,172kg/m ²	13,098	Solano (2003)	
Aço		20,750	14,287m ³ /m ²	14,665		
Formas		18,020	1,749m ² /m ²	15,689		
Alvenaria Interna	Pavimento	97,150	-51,72 + 1,465 * Apt	0,578		
Alvenaria Externa		81,460	88,212 + 0,5588 * Apt	3,982		
Alvenaria Global		95,820	30,492 + 2,0238 * Apt	1,841		
Número pontos elétrico	Edifício	99,170	1,6146 + 0,3626 * Atotal	4,208		Solano (2003)
Comprimento eletrodutos		98,310	-52,132+ 0,7066 * Atotal	5,930		
Comprimento fiação elétrica		97,810	-211,24 + 5,3188 * Atotal	7,144		
Comprimento tubulaçãõ AF		99,410	-34,711 + 0,5005 * Atotal	2,273		
Número pontos AF		93,670	22,85 + 0,0761 * Atotal	4,052		
Comprimento tubulação esgoto		98,220	-167,11 + 0,4965 * Atotal	16,046		
Número pontos esgoto		93,010	-13,66 + 0,0489 * Atotal	20,076		
Esquadria Interna	Pavimento	9,840	0,083 un/m ²	2,023	Araújo (1997)	
Exquadria Externa		14,070	0,144 m ² /m ²	6,017		
Vidro		14,070	0,144 m ² /m ²	6,017		
Piso frio - Apartamento		94,930	1,7103 + 0,2216 * Aupt	0,790		
Piso frio - Sacada		17,300	-2,6322 + 0,056 * Apt			
Piso frio - Circulação comum		16,070	21,356 + 0,03 * Apt			
Guarda corpo		32,860	0,0448 m/m ²	34,975		
Piso seco - Social		12,700	0,199 m ² /m ²	9,890		
Piso seco - Íntimo		9,700	0,338 m ² /m ²			
Perímetro para peitoril		28,850	4,7816 + 0,073 Apvt			10,576
Parede Fria		17,530	0,801 m ² /m ²			0,640
Parede Seca		9,430	1,950 m ² /m ²			9,048
Revestimento Fachada		16,810	0,65338 m ² /m ²			1,482
Revestimento de teto - Pintura		95,310	1,0683 + 0,622 * Apt			16,403
Revestimento de teto - Gesso		79,960	-1,1973 + 0,1824 * Apt			1,267
Revestimento de teto - Madeira		17,300	-2,6322 + 0,0558 * Apt	33,102		
Número de banheiros		20,050	0,0282 un/m ²	15,625		Losso (1995)
Circulação Horizontal		24,030	0,027956 m ² /m ²	26,489		
Circulação Vertical		18,410	0,054395 m ² /m ²	28,920		
Circulação Global		-	0,085321 m ² /m ²	7,325		
Média das variações				12,297		

Quanto ao quadro 42, cabe esclarecer que a maioria dos serviços estimados apresentam variações aceitáveis para estimativas iniciais (13% a 18%). Apenas o número de pontos de esgoto, o perímetro de guarda corpo e o revestimento de teto

em madeira, não apresentaram resultados com variações admissíveis. Entretanto, deve-se considerar que esses serviços representam menos de 10% do total de serviços estimados por equações paramétricas e além disso, exceto o número de pontos de esgoto, os outros dois serviços estão diretamente relacionados a decisões de projetos, uma vez que a quantificação dos mesmos está diretamente ligado a área da sacada dos apartamentos.

Quanto aos trabalhos utilizados para cotejar estimado e realizado, aqueles apresentados por Araújo (1997), Solano (2003) e Losso (1995) obtiveram as menores variações. A pesquisa publicada por Otero (2000) não apresentou nenhuma equação, exceto aquela utilizada para quantificação do número de pontos telefônico, passível de ser utilizada para quantificação dos serviços. Tal fato decorre possivelmente em função da fixação do número de pavimentos (seis) para a tipologia estabelecida nas obras da amostra. Além disso, os dados que deram origem as equações de regressão linear não estavam disponíveis para realizar uma análise mais detalhada, a fim de verificar a compatibilidade entre as informações daquele universo amostral com a proposição do presente estudo. Diante disso, ficou totalmente inviável a extrapolação dos dados apresentados naquele trabalho para um novo ambiente.

A pesquisa de Araújo (1997) apresentou as equações com as menores variações para a obra fina, o que pode ser atribuído ao fato daquele estudo utilizar uma tipologia muito semelhante quanto ao padrão de acabamento e o número de dormitórios. Esses dois requisitos tipológicos apresentam-se como direcionadores de consumo, custo e desempenho de edificações residenciais, associados a área do pavimento tipo, a área total construída e a área útil do pavimento tipo. A parte referente a obra grossa, que corresponde a parte relacionada a estrutura, apresentou variações na ordem de 50% para concreto e aço e 90% para formas. Diante disso, infere-se que as equações paramétricas não estão de acordo com que realmente é consumido por esses serviços, uma vez que tanto na comparação entre estimado e realizado quanto na comparação com as equações definidas por Oliveira (1995) e por Solano (2003), as diferenças são elevadas, conforme pode ser visto no quadro 43 que apresenta um comparativo entre as equações apresentadas pelos outros dois autores.

Quadro 43 – Comparativo os indicadores para quantificação da estrutura.

Autor	Concreto	Aço	Formas
Solano (2003)	0,172m ³ /m ²	14,287kg/m ²	1,749m ² /m ²
Oliveira (1995)	0,170m ³ /m ²	13,840kg/m ²	1,940m ² /m ²
Araújo (1997)	0,368m ³ /m ²	33,288kg/m ²	0,141m ² /m ²

O quadro 43 mostra as diferenças existentes para a quantificação dos serviços de estrutura, sendo que para o concreto e aço as equações propostas por Araújo (1997) apresentam um coeficiente de consumo superior ao dobro das quantidades previstas nas equações apresentadas por Solano (2003) e Oliveira (1995). Para o serviço de formas ocorreu a situação inversa, ou seja, o indicador de consumo corresponde a menos de 10% em relação as outras equações. Para os serviços relacionados a instalações, Araújo (1997) não apresentou um indicador de consumo, mas sim um coeficiente de custo indexado ao dólar americano, uma vez que a proposta daquela pesquisa era analisar o custo dos empreendimentos. Desta forma, não foi possível comparar estimado e realizado para esses serviços.

➤ Mão-de-obra

A análise da mão-de-obra em relação a especialidade do funcionário foi dificultada devido as diversas considerações apresentados no trabalho quanto a função desempenhada e também o nível de especialização para desenvolvimento dos serviços. Entretanto, para o consumo global de mão-de-obra apresentou dados passíveis de serem utilizados para estimativas tanto em relação ao trabalho de Solano (2003) que obteve uma produtividade global igual a 28,97 hh/m², quanto para o trabalho apresentado por Losso (1995) que obteve uma produtividade global igual a 30,67 hh/m². Os valores citados foram muito próximos daquele obtido no presente estudo que foi de 27,67 hh/m².

Em relação ao trabalho apresentado por Otero (2000), não foi possível utilizar a equação apresentada, uma vez que se obteve uma amplitude em relação ao presente estudo igual a 8,5 hh/m² (27,67 – 19,37) e em relação aos estudos de Solano (2003) e Losso (1995) a diferença chega a 10 hh/m². Como os dados de produtividade apresentados naquele estudo foram retirados diretamente de coeficientes de consumo apresentados nas composições unitárias dos serviços, seria necessária

uma investigação naqueles índices para averiguar o motivo da discrepância entre os dados.

➤ Custos

Para a análise dos custos por índices paramétricos, as pesquisas de Araújo (1997) e Otero (2000) apresentam dados para esse fim. Todavia, a análise foi realizada apenas para o modelo proposto por Araújo (1997), tendo em vista que como no trabalho de Otero (2000) não foram obtidas variações aceitáveis para as equações de regressão linear paramétricas utilizadas para estimativas de serviços e considerando ainda que estas equações, por sua vez estavam associadas ao custo, infere-se que não seria possível obter uma variação percentual admissível para estimativas iniciais entre o custo calculado pelo modelo e o custo realizado atualizado.

Para o modelo de custeio estimativo apresentado por Araújo (1997) se obteve uma variação aceitável, uma vez que o percentual de variação entre estimado e realizado foi de 8%, conforme está apresentado no quadro 44, reproduzido do capítulo anterior.

Quadro 44 – Comparativo entre custo estimado e custo atualizado.

Tipo de estimativa		Variação (%)
Pelo modelo Araújo (1997)	Custo atualizado	
6.156.895,15	5.666.821,05 Dólar	7,960
	5.705.194,68 CUB	7,336

Inicialmente os custos realizados foram atualizados pelo dólar americano, uma vez que o estudo de Araújo (1997) utiliza esse indexador para custear o empreendimento. Entretanto houve a preocupação em atualizar os valores realizados pelo dólar americano e também pelo CUB, afim de averiguar se o indexador utilizado poderiam causar distorções no custo atualizado, evidenciado pela diferença do custos atualizados pelos diferentes indexadores. Verificou-se que os custos atualizados têm uma pequena variação entre si, de tal forma que foi excluída a possibilidade de distorção na atualização dos custos do empreendimento em estudo.

Cabe esclarecer ainda conforme já foi citado anteriormente que os indicadores de consumo para a obra grossa – concreto, aço e formas – apresentam coeficientes com variações elevadas quando comparados com os estudos de Oliveira (1995) e Solano (20003). Diante disso, foi avaliada a possibilidade de substituir as

equações daquele modelo pelas equações correspondentes apresentadas no quadro 42. Entretanto, esta adequação não foi possível uma vez que naquele estudo houve uma conformação dos coeficientes de consumo ao custo associado, ou seja, havia 12 itens componentes da obra grossa, entretanto no modelo de custeamento foram apresentados apenas 6 itens considerados representativos do total, sendo que o custo dos 6 itens desconsiderados foram extrapolados para 100%.

- **A precisão alcançada pelo modelo de estimativas paramétricas é compatível com a etapa de desenvolvimento de projetos e com a incerteza presente no ambiente de construção.**

A confiabilidade das equações de regressão e dos indicadores de desempenho mostrou-se adequada para quantificação dos serviços, mão-de-obra e custos, uma vez que a variação mesmo para aquelas equações ou indicadores que não mantinham bom grau de correlação ou um coeficiente de variação aceitável, como é o caso da quantificação de perímetro para peitoril. Esse serviço apresenta um coeficiente de variação de 28,85% que é superior ao limite de 25% preconizado para este trabalho, entretanto obteve uma variação entre o estimado e o realizado de 10,57%, que é compatível com a variação em estimativas iniciais e com os níveis de incerteza presente no ambiente construtivo. Apenas, conforme citado anteriormente, o número de pontos de esgoto, o perímetro de guarda corpo e o revestimento de teto em madeira, não apresentaram resultados com variações admissíveis. Entretanto, deve-se considerar que esses serviços representam menos de 10% do total de serviços estimados por equações paramétricas e além disso, exceto o número de pontos de esgoto, os outros dois serviços estão diretamente relacionados a decisões de projetos, uma vez que a quantificação dos mesmos esta diretamente ligado a área da sacada dos apartamentos.

Além disso, quando foram agrupadas as equações que apresentam a melhor conformação em termos de variações entre o estimado pelo realizado e considerando ainda que não há uma associação de custo por atividade, a média das variações foi inferior a 11%, conforme esta apresentado no quadro 42.

- **Estimativas baseadas em modelos e equações paramétricas que consideram mais de um direcionador de custo e consumo estabelecem uma precisão maior do que o Custo Unitário Básico - CUB.**

Todos os trabalhos utilizados como referência para cotejar a quantificação entre o estimado e o realizado apresentam como direcionador de consumo ou de custo a área do pavimento tipo, a área útil do pavimento tipo e a área total construída. Os serviços relacionados a serviços gerais, estrutura e instalações mantêm as melhores correlações com a área total da edificação. Os demais serviços tais como alvenaria, esquadrias e revestimentos mantêm melhor nível de correlação com o pavimento tipo ou com a área útil do pavimento tipo. Desta forma, infere-se que além da área total da construção como é de conhecimento do setor da construção, é imprescindível para a boa apreciação do custo e da quantificação dos serviços considerar outros direcionadores de custo e consumo, como por exemplo o pavimento tipo.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

No decorrer da pesquisa surgiram diversas questões adjacentes ao problema estudado que, por razões de delimitação do trabalho, não puderam ser investigadas ou não faziam parte dos objetivos postulados inicialmente. Entretanto, suscitaram a estruturação de ligações futuras ao trabalho para novas pesquisas destinadas a complementar os resultados apresentados nesta pesquisa. Dentre as diversas demandas por pesquisas adicionais destacaram-se as seguintes:

- Análise da influência da tipologia da edificação nos indicadores ou equações de regressão linear.
- Criação de uma sistemática metodológica para definição das equações paramétricas.
- Análise da variabilidade das equações paramétricas ao longo do tempo.
- Análise da variabilidade do paradigma apresentado na presente pesquisa para outras empresas.
- Pesquisa que relacione as variáveis de formação dos compartimentos com os custos, de tal forma que seja possível atribuir um custo para cada peça.

- Criação de um banco de dados com as informações sobre equações paramétricas.

REFERÊNCIAS

AGOPYAN, Vahan; SOUZA, Ubiraci E. L.; PALIARI, José C. et al. **Alternativas para a redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras**, relatório de pesquisa. São Paulo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Instituto Brasileiro de Tecnologia e Qualidade da Construção Civil. set. 1998.

ARAÚJO, José L. S. **Relações Paramétricas na Estimativa de Custos para a Construção de Edifícios em Florianópolis/SC**. Dissertação de Mestrado (versão preliminar). Florianópolis, 1997. Universidade Federal de Santa Catarina.

ANDRADE, Vanessa A. **Modelagem dos custos para casas da classe média**. Dissertação de Mestrado, PPGEC (Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção). Florianópolis, 1996. Universidade Federal de Santa Catarina.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 140**: avaliação de custos unitários e preparo de orçamento de construção para incorporação de edifícios em condomínio: Rio de Janeiro, 1965. 44p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12721**: avaliação de custos unitários e preparo de orçamento de construção para incorporação de edifícios em condomínio. Rio de Janeiro, 1992. 46p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14724**: informação e documentação: trabalhos acadêmicos : apresentação. Rio de Janeiro, ago., 2002. 6p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10520**: informação e documentação: citações em documentos : apresentação. Rio de Janeiro, ago., 2002. 7p.

ASSUMPÇÃO, J. F. P.; FUGAZZA, A. E. C. **Execução de orçamento por módulos para obras de construção de edifícios**. Artigo sem apresentação, (1999).

ÁVILA, Antonio V.; JUNGLES, Antônio E. **Como compor BDI – Controle e orçamento gerencial na engenharia**. Apostila do curso Como compor BDI. Florianópolis, 2001.

BENNET, John; BARNES, Marin. **Six Factors which influence Bills – Outline of a theory of Measurement**. In: Chartered Quantity Surveyor, 1979. p. 53-56.

CARR, Robert I. Cost-Estimating Principles. In: Journal of Construction Engineering and Management, v. 115, 4., 1989, American Society of Civil Engineers (ASCE), 1989. p. 545-551.

CABRAL, Eduardo. **Proposta de metodologia de orçamento operacional para obras de edificação**. Dissertação de Mestrado, PPGEC (Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção). Florianópolis, 1988. Universidade Federal de Santa Catarina.

FORMOSO, Carlos T. et al. **Estimativa de custos de obras de edificação**. Porto Alegre, 1986. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Caderno técnico do curso de pós-graduação em Engenharia Civil.

FRANCHI, Cláudia de Cesare. **Avaliação das características que contribuem para a formação do valor de apartamentos na cidade de Porto Alegre**. Porto Alegre, 1991. 131p. Dissertação – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

GALVÃO, Maria Alcélia de S. et al. Orçamentos operacionais e sua aplicação na gerência de construção civil. In: X ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2. 1990, Belo Horizonte, MG. **Anais...** Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais e Escola Federal de Engenharia de Itajubá, 1990. p. 485-878. p. 686-691.

GIAMUSSO, Salvador E. Orçamento e custos na construção civil. 2. ed. São Paulo, 1991. **Pini**. 181 p.

GRAÇA, Moacyr E. A.; GONÇALVES, Orestes M. **Estimação probabilística de custos – Método simplificado**. Simpósio sobre Barateamento da Construção Habitacional. Trabalho n. 50. Salvador, mar., 1978.

HEINECK, Luiz Fernando M. **Modelagem de Custos na Construção por Meio de Unidades Funcionais – Subsídios para Reavaliação da NB-140**, proposta de trabalho. Porto Alegre, 1986. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

____. **Projeto de pesquisa sobre produtividade da mão-de-obra na construção civil**. Florianópolis, 2002.

HEINECK, Luiz Fernando M.; OLIVEIRA, Miriam. **Lei de formação para as dimensões de dormitórios, salas, cozinhas e banheiros em edificações habitacionais**. In XIV ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção. 1994, João Pessoa, PB. p. 848-852.

HEINECK, Luiz Fernando M.; PANZENTER, Andréa A. **Estimativa de custos na construção civil: um estudo de caso de obtenção de constantes unitárias de consumo de mão-de-obra**. In IX ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 1989, Porto Alegre. p. 128-150.

HIROTA, Ercilia Hitomi. **Estudo exploratório sobre a tipificação de projetos de edificações, visando a reformulação da Norma Brasileira NB-140/65**. Porto Alegre, 1987. 151p. Dissertação – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

LEUSIN, Sérgio. **Métodos de Controle da Produção e Produtividade das Edificações**. XIII ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção, anais, p.

748-753. Florianópolis,1993. Associação Brasileira de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, out., 1993.

LEÃO, Sandra M. C. **Medição de indicadores para o serviço de alvenaria.** ENEGEP 97 - Encontro Nacional de Engenharia de Produção, anais, Porto Alegre,1997. Associação Brasileira de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, out, 1997

LIBRELOTTO, Lisiane I.; FERROLDI, Paulo C. M.; RADOS, Gregório V. **Custos na construção civil: uma análise teórica e comparativa.** VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. VII ENTAC, Florianópolis,1988 . abr.

LICHTENBERG, Steen. **The Principles for Successive Planning.** Lyngby (Dinamarca), The Technical University of Denmark, 1980.

LICHTENBERG, Steen. **Medieval Remains in Modern Project Management and Some Successor Principles for the Nineties.** . Lyngby (Dinamarca), Technological University of Denmark, jan. 1985.

LIMA, Jorge L. P. **Custos na Construção Civil.** Niterói, 2000. 86p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal Fluminense.

LOSSO, Iseu Reichmann. **Utilização das características geométricas da edificação na elaboração de estimativas preliminares de custo: estudo de caso em uma empresa de construção.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis,1995. 146 p.

LOPES, Ana Lúcia Miranda. **Uma investigação sobre curvas ABC na construção civil.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis,1992.

MAIA, Maria Aridenise Macena. **Metodologia de intervenção para padronização na execução de edifícios com participação dos operários**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1994. 103p.

MACHADO, Ricardo Luiz. **Estudo dos esquemas de incentivos financeiros no conjunto de fatores que afetam a produtividade da mão-de-obra em empresas de Construção Civil**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1997.

MACHADO, Ricardo Luiz; HEINECK, Luiz f. M. Avaliação de esquema de incentivos financeiros na construção civil – Estudo de caso. In: ENEGEP 97 - Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Porto Alegre, out., 1997.

MARTINS, Eliseu. **Contabilidade de Custos**. Atlas, São Paulo, 1982.

MASCARÓ, Juan Luis. **O Custo das Decisões Arquitetônicas**. 2 ed., Porto Alegre, 1998, 180p.

MASCARÓ, Lúcia Raffo ; MASCARÓ, Juan Luis. A construção na economia nacional. São Paulo/SP, ed. Pini, 1981. 86p.

NETO, Ageu C. R., CASTRO, Ricardo A. **Arquitetura empresarial**. Dipro. Caderno Técnico da empresa Encol. Brasília, DF. 1990.

OLIVEIRA, Miriam. **Caracterização de prédios habitacionais de Porto Alegre através de variáveis geométricas – uma proposta à partir das técnicas de estimativas preliminares de custo**. Porto Alegre, 1990. 125p. Dissertação – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

OLIVEIRA, Miriam; LANTELME, Elvira; FORMOSO, Carlos Torres. **Sistema de indicadores da qualidade e da produtividade da construção civil**. Manual de utilização. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, dez., 1995.

OTERO, Juliano Araújo. **Análise paramétrica de dados orçamentários para estimativas de custo na construção de edifícios: estudo de caso voltado para a questão da variabilidade**. Florianópolis, 2000. 214p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.

PICCHI, Flávio Augusto. **Sistemas da qualidade: uso em empresas de construção de edifícios**. Tese de Doutorado. São Paulo, 1993. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 462p.

ROSSO, Teodoro. **Aspectos geométricos do custo das edificações**. Simpósio sobre barateamento da construção habitacional. Trabalho n° 83. Salvador, mar., 1978.

ROSSO, Teodoro. **Racionalização da Construção**. São Paulo. FAU/USP, reimpressão em 1990, p. 300.

SAMPAIO, Fernando M. **Orçamento e custo da construção**. São Paulo, ed. Hemus. (19__). 289p.

SOLANO, Renato da Silva. **Curva ABC de Fornecedores – Uma Contribuição ao Planejamento, Programação, Controle e Gerenciamento de Empreendimentos e Obras**. Dissertação de Mestrado. Porto Alegre, ago., 1995. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

____. **Indicadores geométricos, mão de obra e custos: Edificações alto padrão em Porto Alegre**. Trabalho de conclusão da disciplina de Gerenciamento de

Empreendimentos. Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003. p.100

TRAJANO, Isar. **Proposta de estimação do custo de edifícios**. In: VIII ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção. São Carlos, SP. p. 499 - 502.

____. **Análise da distribuição percentual do custo dos serviços em edifícios habitacionais**. In: IX ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Porto Alegre, 1989 p. 28-38.

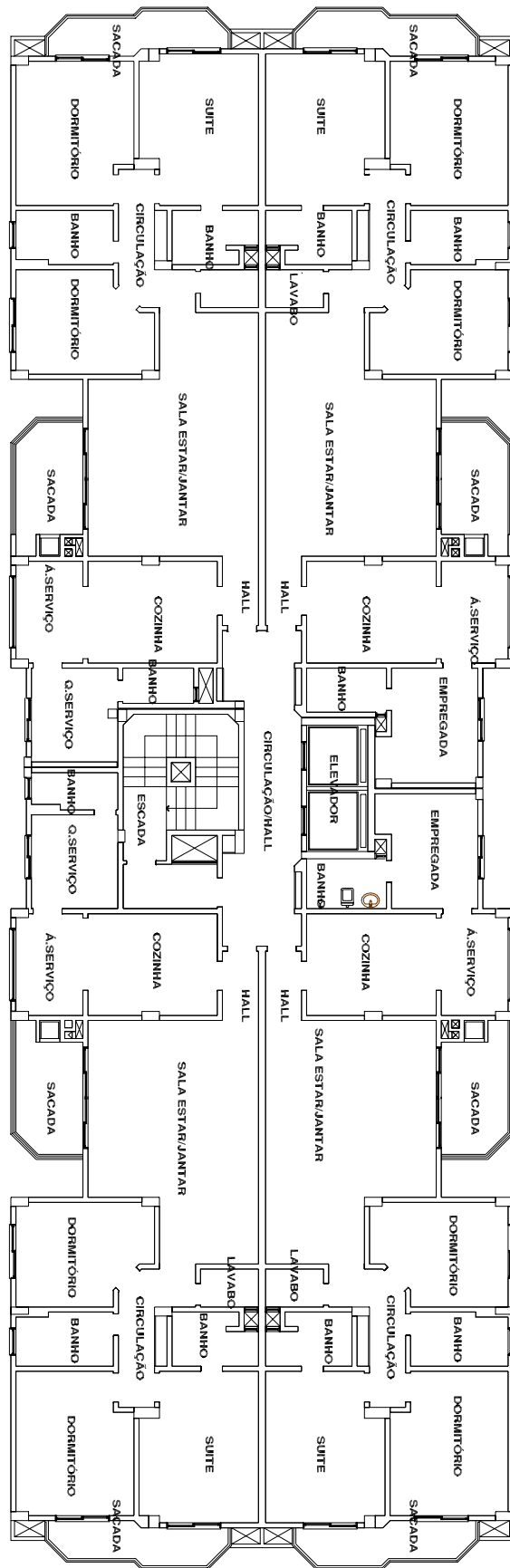
____. **A inadequação do método do custo unitário para a estimação do custo global de edifícios**. In: IX ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção. João Pessoa, PB. 1994. p. 143 - 148.

YIN, Robert K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos**. Tradução Daniel Grassi. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

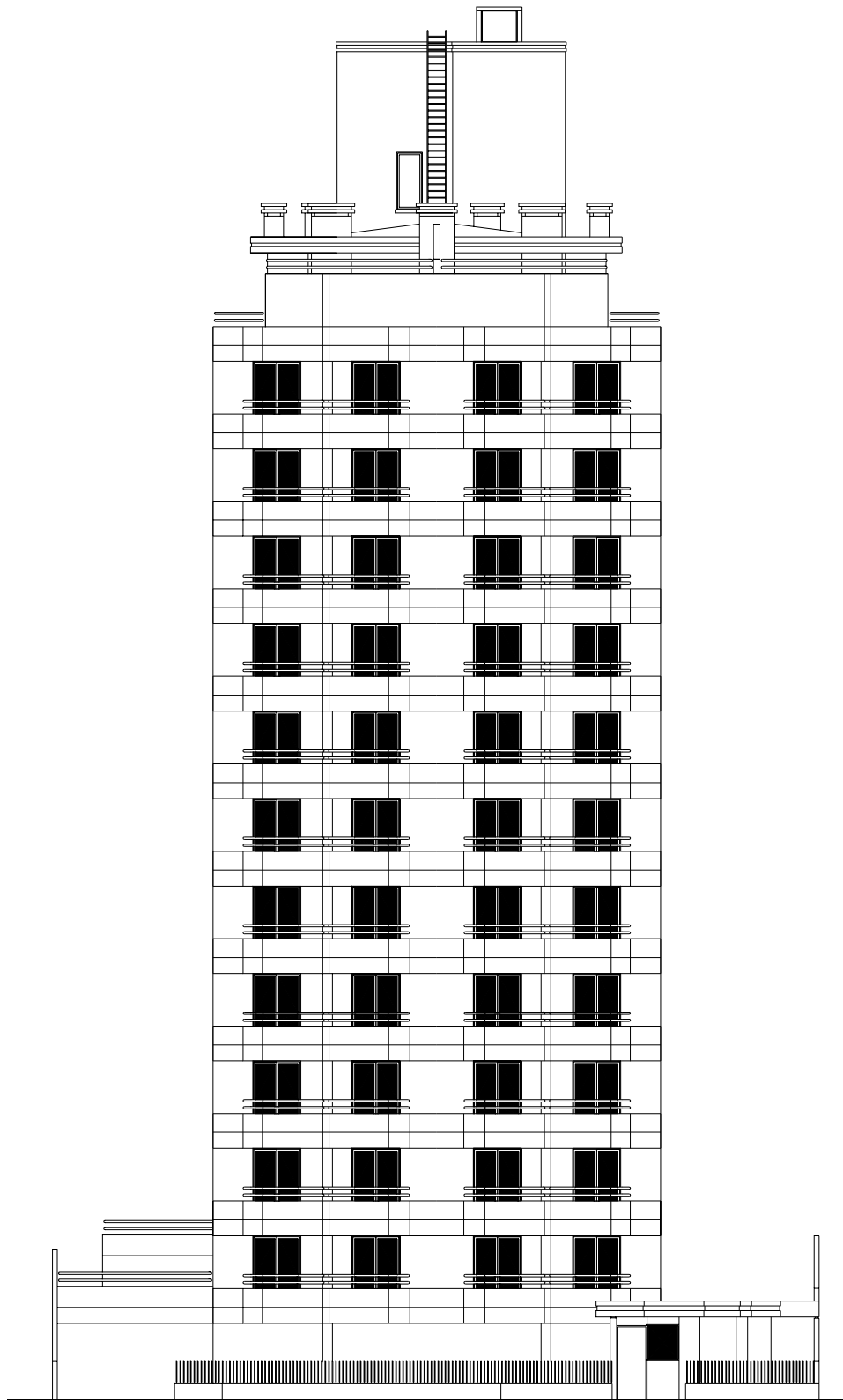
<http://pladin.uol.com.br/home.asp>. **Cotação oficial do dólar americano**.

<http://www.sinduscon-fpolis.org.br>. **Cotação do CUB**.

APÊNDICE A



PLANTA BAIXA P/TO TIPO



FACHADA PRINCIPAL

