



UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS
CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**TIPO ARQUITETÔNICO EM EMPREENDIMENTOS
HABITACIONAIS DE INTERESSE SOCIAL: IMPACTOS
AMBIENTAIS, DIFERENÇAS NO CUSTO E EM QUESITOS
DE HABITABILIDADE**

EDUARDO REUTER SCHNECK

São Leopoldo, Janeiro de 2013.

S358t

Schneck, Eduardo Reuter.

Tipo arquitetônico em empreendimentos habitacionais de interesse social : impactos ambientais, diferenças no custo e em quesitos de habitabilidade / Eduardo Reuter Schneck. – 2013.

168 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2013.

"Orientador: Prof. Dra. Andrea Parisi Kern ; co-orientador: Prof. PhD. Mauricio Mancio."

1. Empreendimento habitacional de interesse social. 2. Índice econômico de compacidade. 3. Energia incorporada. 4. Emissão de CO2. 5. Custos. 6. Habitabilidade. I. Título.

CDU 624

EDUARDO REUTER SCHNECK

**TIPO ARQUITETÔNICO EM EMPREENDIMENTOS
HABITACIONAIS DE INTERESSE SOCIAL: IMPACTOS
AMBIENTAIS, DIFERENÇAS NO CUSTO E EM QUESITOS
DE HABITABILIDADE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dra. Andrea Parisi Kern

Co-Orientador: Prof. PhD. Mauricio Mancio

Banca examinadora: Prof. PhD. Vinicius de Moraes Netto

Prof. Dr. Marco Aurélio Stumpf González

São Leopoldo, Janeiro de 2013.

EDUARDO REUTER SCHNECK

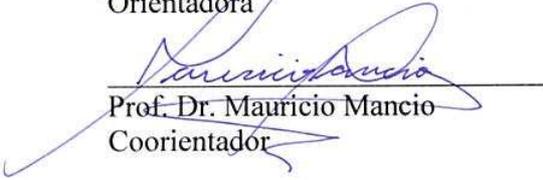
**“TIPO ARQUITETÔNICO EM EMPREENDIMENTOS
HABITACIONAIS DE INTERESSE SOCIAL: IMPACTOS
AMBIENTAIS, DIFERENÇAS NO CUSTO E EM QUESITOS
DE HABITABILIDADE”**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração: Gerenciamento de Resíduos, da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS.

Aprovada em 15 de janeiro de 2013.



Prof. Dra. Andrea Parisi Kern
Orientadora

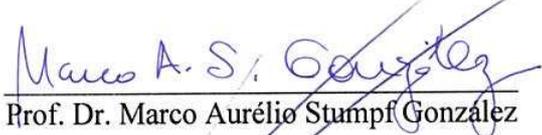


Prof. Dr. Mauricio Mancio
Coorientador

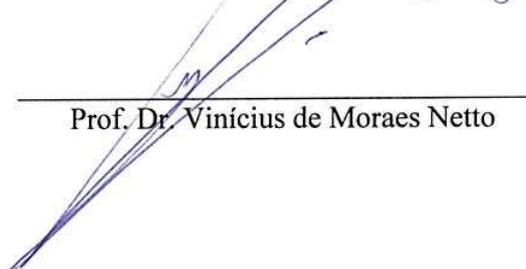


Prof. Dr. Claudio de Souza Kazmierczak
Coordenador do PPGEC/UNISINOS

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Marco Aurélio Stumpf González



Prof. Dr. Vinicius de Moraes Netto

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído.”

Confúcio (551 a.C. – 479 a.C.)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, Criador e Autor de todas as obras.

Em forma de reconhecimento, agradeço aos meus pais, Ivanir e Miriam, principais responsáveis pela minha formação. Através de sua integridade e dedicação, me ensinaram a ser a pessoa que sou hoje.

À minha irmã Claudía, que em função das nossas diferenças, me ensinou a buscar argumentos cada vez melhores.

Aos meus “segundos pais”, Lauro e Daize, pelos ensinamentos e pela tolerância.

Aos irmãos Daniel Assis e Daniel Luciano, amigos e parceiros de todas as horas: o apoio de vocês me faz seguir.

Aos professores do PPGEC, especialmente aos meus orientadores Prof. Dra. Andrea Parisi Kern e Prof. PhD. Mauricio Mancio, pela abnegação e altruísmo em ensinar e pela confiança nesta pesquisa. À colega Josiane Reschke Pires, pela ajuda e apoio no trabalho, e aos bolsistas de iniciação científica Alan Vinicius Hehn e Gustavo Luis Benini.

Ao professor Me. Carlos Fernando Silva Bahima, pela amizade e despreendimento em ensinar, auxiliar e apoiar.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos, e à Empresa Construtora, que gentilmente cedeu o projeto e o orçamento do estudo de caso.

Especialmente, agradeço ao amor da minha vida, minha esposa Aurélia, que com paciência, carinho e abnegação incentivou e comemorou comigo todas as conquistas desta etapa.

FONTES DE FINANCIAMENTO DA PESQUISA



SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
1.1	PROBLEMA DE PESQUISA	23
1.2	QUESTÕES DE PESQUISA.....	25
1.3	OBJETIVOS	26
1.3.1	<i>Objetivo geral.....</i>	26
1.3.2	<i>Objetivos específicos</i>	26
1.4	ESTRUTURA DA PESQUISA	26
1.5	DELIMITAÇÕES DO TRABALHO	27
2	EMPREENDEMENTOS HABITACIONAIS DE INTERESSE SOCIAL (EHIS)...	29
2.1	HISTÓRICO DA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL NO BRASIL	29
2.2	PROJETOS DE REFERÊNCIA NO SETOR DE EHIS.....	32
2.2.1	<i>Conjunto Residencial Prefeito Mendes de Moraes (Rio de Janeiro, Brasil, 1946).....</i>	32
2.2.2	<i>Conjunto Habitacional Zezinho Magalhães Prado – Cecap (Guarulhos, Brasil, 1967).....</i>	34
2.2.3	<i>Condomínio Residencial Cotia (Cotia, Brasil, 2001).....</i>	35
2.2.4	<i>Unité d’Habitation (Marselha, França, 1952).....</i>	36
2.2.5	<i>Conjunto Habitacional Quinta Monroy (Iquique, Chile, 2004)</i>	37
2.2.6	<i>Miranda Apartamentos (Bogotá, Colômbia, 2009).....</i>	39
2.2.7	<i>EHIS desenvolvidos pela Secretaria Municipal de Habitação de São Paulo.....</i>	40
2.3	APROVAÇÃO DE PROJETOS DE EHIS: PODER MUNICIPAL E CAIXA	41
2.3.1	<i>Exigências municipais.....</i>	41
2.3.2	<i>CAIXA: o PMCMV e o Selo Casa Azul.....</i>	43
2.4	OS PROJETOS DE EHIS E O TRIPÉ DA SUSTENTABILIDADE	46
3	DECISÕES PROJETUAIS E IMPACTOS DOS EDIFÍCIOS	47
3.1	IMPACTOS AMBIENTAIS.....	47
3.1.1	<i>Energia Incorporada (EI) nos materiais de construção</i>	49
3.1.2	<i>CO₂ nos materiais de construção</i>	50
3.2	IMPACTOS NO CUSTO.....	51
3.3	IMPACTOS EM QUESITOS DE HABITABILIDADE	58
3.3.1	<i>Desempenho térmico e lumínico.....</i>	60
3.3.2	<i>Funcionalidade e flexibilidade de planta</i>	62
4	MÉTODO DE PESQUISA	65
4.1	ESTRATÉGIA DA PESQUISA	65
4.2	DELINEAMENTO DA PESQUISA	66
4.2.1	<i>Etapa 1: Exploração do tipo arquitetônico</i>	68
4.2.2	<i>Etapa 2: Análise de impactos</i>	69
4.3	DESCRIÇÃO DO PROJETO-BASE.....	76
4.4	DESCRIÇÃO DO MUNICÍPIO DO ESTUDO DE CASO.....	77
5	APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	79
5.1	EXPLORAÇÃO DO TIPO ARQUITETÔNICO.....	79
5.2	ANÁLISE DE IMPACTOS	82
5.2.1	<i>Impactos ambientais.....</i>	82
5.2.2	<i>Impactos no custo.....</i>	90
5.2.3	<i>Impactos em quesitos de habitabilidade.....</i>	93
6	CONCLUSÃO.....	99
6.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	102
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103
	APÊNDICES.....	113
	ANEXOS	166

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparações entre exigências para edificações residenciais em geral e para projetos de EHIS no município de São Leopoldo.	42
Tabela 2 – Desafios da habitação de interesse social.	45
Tabela 3 – Densidade de planos verticais interiores (paredes) em relação à planta (m ² /m ²) ...	58
Tabela 4 – Móveis e equipamentos padrão.	62
Tabela 5 – Dimensões mínimas de mobiliário e circulação.	63
Tabela 6 – Composições por partes do edifício.	70
Tabela 7 – Descrição da Planilha de EI.	71
Tabela 8 – Descrição da Planilha de emissões de CO ₂	73
Tabela 9 – Descrição da Planilha de custos dos projetos.	74
Tabela 10 – Quesitos de habitabilidade avaliados.	76
Tabela 11 – Projeto, tipo arquitetônico e IeC calculado.	81
Tabela 12 – Área das alvenarias.	82
Tabela 13 – Composição do edifício e EI estimada em cada um dos projetos.	84
Tabela 14 – Geração de CO ₂ por materiais nos três projetos.	87
Tabela 15 – Estimativa de custos dos projetos (em R\$ e % do item sobre o total).	91

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Perspectiva do Conjunto do Pedregulho.	33
Figura 2: Vista geral dos prédios.	34
Figura 3: Projeto e unidades habitacionais construídas.	36
Figura 4: Vista geral da Unité d'habitation.	37
Figura 5: Vista geral do conjunto habitacional.	38
Figura 6: Organização das circulações horizontais e acesso aos apartamentos.	39
Figura 7: Potencial de influência no custo final de um empreendimento e suas fases.	52
Figura 8: Hierarquia das necessidades de Mallow e das necessidades habitacionais	59
Figura 9: Delineamento da pesquisa.	68
Figura 10: Modelo esquemático da planilha estimativa de EI.	71
Figura 11: Modelo esquemático da planilha estimativa de CO ₂	73
Figura 12: Modelo esquemático da planilha estimativa de custos.	74
Figura 13: Planta baixa do pavimento tipo do Projeto-base	77
Figura 14: Mapas com a localização do Rio Grande do Sul e Município de São Leopoldo	78
Figura 15: Projeto-proposto A, desenvolvido pelo pesquisador	80
Figura 16: Projeto-proposto B, desenvolvido pelo pesquisador	80
Figura 17: Relação percentual entre EI e IeC.	86
Figura 18: Relação entre MJ/m ² e IeC.	86
Figura 19: Relação percentual entre emissão de CO ₂ e IeC.	88
Figura 20: Relação entre emissão de CO ₂ e IeC.	89
Figura 21: Relação percentual entre custos de produção e IeC.	92
Figura 22: Insolação adequada para todos os dormitórios e possibilidade de ventilação cruzada no Projeto-proposto.	94
Figura 23: Mobiliário mínimo e espaços de utilização do projeto-base	95
Figura 24: Mobiliário mínimo e espaços de utilização do Projeto-proposto A	96
Figura 25: Proposta de flexibilidade do projeto-proposto	97

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AEIS – Área Especial de Interesse Social

APO – Avaliação Pós-ocupação

BDI – Benefícios e Despesas Indiretas

BIM – *Building Information Modelling*

BNH – Banco Nacional da Habitação

CAIXA – Caixa Econômica Federal

COHAB – Companhia de Habitação

CSTB – *Centre Scientifique et Technique du Bâtiment*

CUB – Custo Unitário Básico

EHIS – Empreendimento Habitacional de Interesse Social

EI – Energia Incorporada

FGTS – Fundo de Garantia de Tempo de Serviço

FICAM – Financiamento para Construção, Ampliação e Melhorias

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IC – Índice de Compacidade

IeC – Índice Econômico de Compacidade

MiC – Ministério das Cidades

MME – Ministério de Minas e Energia

MPO – Ministério do Planejamento e Orçamento

PAR – Programa de Arrendamento Residencial

PDM – Plano Diretor Municipal

PLANHAB – Plano Nacional de Habitação

PMCMV – Programa Minha Casa Minha Vida

PROFILURB – Programa de Financiamento de Lotes Urbanizados

PROMORAR – Programa de Erradicação de Subhabitação

RTE – Requisito Total de Energia

SBPE – Sistema Brasileiro de Poupança e Empréstimo

SEDU – Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano

SEPURB – Secretaria de Política Urbana

SFH – Sistema de Financiamento de Habitação

SNH – Sistema Nacional da Habitação

SNHIS – Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social

RESUMO

SCHNECK, E. R. **Tipo arquitetônico em empreendimentos habitacionais de interesse social: impactos ambientais, diferenças no custo e em quesitos de habitabilidade.** São Leopoldo, 2013. 168 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Unisinos, São Leopoldo. 2013.

Nos últimos anos, tem sido expressiva a oferta de unidades habitacionais em empreendimentos habitacionais de interesse social (EHIS), sendo a maioria fomentada por programas de subsídio e financiamento do governo federal. Em contrapartida, o grande número de obras acaba por aumentar os impactos ao meio ambiente, inerentes ao processo de produção dos edifícios. Além disso, verifica-se no setor uma preferência por edificações cujo tipo arquitetônico adotado é possivelmente mais oneroso do que outras alternativas, além de uma reduzida qualidade das unidades habitacionais. Portanto, a eficiência na execução destes empreendimentos é um aspecto relevante no que diz respeito à otimização no uso dos recursos – tanto naturais como financeiros. No âmbito do conceito do tripé da sustentabilidade, torna-se fundamental o conhecimento das relações do tipo arquitetônico e demais decisões tomadas na etapa de projeto, quando se tem maior influência em fatores que podem reduzir custos, aprimorar quesitos de habitabilidade e ainda minimizar os impactos ambientais. Neste sentido, o objetivo principal desta pesquisa é investigar a influência do tipo arquitetônico em impactos ambientais, no custo e em quesitos de habitabilidade em empreendimentos habitacionais de interesse social (EHIS). Para tanto, foi utilizado o projeto e o orçamento de um EHIS localizado no município de São Leopoldo/RS, fornecidos por uma empresa construtora e cujo tipo arquitetônico com planta em forma H é amplamente difundido na região. A partir desse projeto, denominado Projeto-base, foram feitas simulações do tipo arquitetônico visando aprimorar quesitos de habitabilidade e aumentar o índice econômico de compacidade (IeC), partindo do pressuposto de que com o aumento do IeC reduz-se a quantidade de materiais aplicados nos projetos e, conseqüentemente, minimiza-se os impactos ambientais além dos custos de produção. Os projetos simulados, denominados Projetos-propostos, tiveram a energia incorporada (EI) e a emissão de CO₂ dos materiais estimadas, com o intuito de compará-las com o Projeto-base. Em seguida, foram investigadas as diferenças no custo e também em quesitos de habitabilidade, visando à comparação entre o Projeto-base e os Projetos-propostos. Os resultados apontam para uma redução de 7% da EI e 8% de emissão de CO₂ em benefício do projeto-proposto. Em termos de custos de produção, o projeto-proposto apresentou redução de 7%, além de melhorias nos quesitos de habitabilidade como conforto térmico e lumínico, funcionalidade e flexibilidade de planta.

Palavras-chave: Empreendimento habitacional de interesse social; Índice econômico de compacidade; Energia incorporada; Emissão de CO₂; Custos; Habitabilidade.

ABSTRACT

SCHNECK, E. R. **Architectural type in social housing design: environmental impacts, differences in cost and habitability.** São Leopoldo, 2013. 168 f. Dissertação (Master Degree in Civil Engineering) – Postgraduate Civil Engineering Program, Unisinos, São Leopoldo.

In recent years, there has been a significant supply of housing units in social housing design (SHD), mostly fomented by grant programs and federal government funding. In contrast, the large number of works ultimately increase environmental impacts, inherent in the process of buildings production. Still, there are lots of buildings whose architectural type adopted are demonstrably more expensive than other alternatives, with a reduced quality in housing units. Therefore, the efficient implementation of these projects is an important aspect with regard to optimizing the use of resources - both natural and financial. Under the concept of the triple bottom line, it is crucial to understand the relationships of the type and other architectural decisions taken at the design stage, when it has the greatest influence on factors that can reduce costs, improve habitability and also minimize the environment impacts. In this sense, the main objective of this research is to investigate the influence of architectural type in environmental impacts, cost and habitability in social housing design (SHD). For this, we used the design and budget of a SHD located in São Leopoldo/RS and whose H-shaped design is widespread in the region. From that project, called Base-project, simulations were made of plants aiming to improve habitability questions and increase the economic index of compactness (EIC), on the assumption that with increasing EIC it is possible to reduce the amount of materials used in projects and hence to minimize environmental impacts and production costs. The Proposed-projects had the embodied energy (EE) and CO₂ emissions of materials estimated, in order to compare them with the Base-project. Next, it was investigated the differences in cost and also in habitability, evaluated and compared among all projects. The results indicate a reduction of 7% of EE and 8% of CO₂ emissions in favor of the Proposed-project. In terms of production costs, the Proposed-project declined by 7%, in addition to improvements in habitability such as luminic and thermal comfort, functionality and flexibility of the plant.

Key-words: Social housing design, Economic index of compactness, Embodied energy, CO₂ emissions, Costs, Habitability.

1 INTRODUÇÃO

A falta de habitação digna é um problema mundial, tão antigo quanto complexo. Segundo dados apresentados por Polak (2007), 90% da população mundial tem acesso restrito a serviços básicos de infraestrutura. Aproximadamente um bilhão de pessoas vivem em assentamentos informais, e a projeção para 2030 é que o dobro de pessoas se encontre nesta condição (SMITH, 2007).

A oferta de habitação para as pessoas menos favorecidas torna-se, assim, um grande desafio em termos quantitativos, tendo em vista a escala deste segmento, bem como em termos qualitativos, considerando a precariedade de infraestrutura e outros aspectos importantes ligados à habitação, geralmente ausentes na habitação informal.

No Brasil, segundo Arretche et al. (2007), a população com renda familiar de zero a cinco salários mínimos corresponde a 91,6% do *déficit* habitacional, o que torna a conquista de uma moradia própria não só o preenchimento de um requisito básico de inclusão social, mas representa também uma ferramenta que lhes proporciona maior dignidade e segurança.

Historicamente, diversas iniciativas por parte do Governo Federal foram realizadas a fim de minimizar o *déficit* habitacional. Recentemente, cita-se o Plano Nacional de Habitação (PLANHAB) e programas lançados através do Ministério das Cidades, como o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV). Neste contexto é previsto um investimento do Governo Federal de cerca de 125 bilhões de reais em crédito habitacional entre 2011 e 2014 (PENNA et al., 2012). Essas iniciativas visam eliminar o *déficit* habitacional até 2022, que em 2008 era de 5,8 milhões de moradias, conforme o Ministério das Cidades (2010).

Segundo Cordeiro Filho (2008), após 2003, o aumento da oferta de unidades habitacionais, especialmente no segmento de habitação de interesse social, fomentado por programas de subsídio e financiamento imobiliário do governo federal, contribuiu para o redesenho do mercado imobiliário, sendo a habitação de interesse social um dos segmentos com maior responsabilidade pelo crescimento da indústria da construção civil nos últimos anos.

Atualmente, 95% desses produtos imobiliários utilizam algum tipo de financiamento, o que demonstra a relevância da disponibilidade de crédito imobiliário para o desenvolvimento setorial da construção. De acordo com Penna et al. (2012) a inserção desses

empreendimentos no PMCMV chega a 88%, computando-se os produtos totalmente ou parcialmente dentro do Programa.

Especialmente neste setor, Losso (1995) identifica a limitação financeira como um argumento para a adoção de partidos arquitetônicos e soluções construtivas que atendem somente às necessidades mínimas dos seus moradores. Essa produção de habitação econômica, normalmente associada ao baixo custo, acaba por voltar-se para a construção de uma habitação mínima (ORNSTEIN e ROMÉRO, 2003).

Assim, visualizam-se em grande parte dos empreendimentos de habitação de interesse social (EHIS) especificações de materiais básicos e econômicos, muitas vezes desprezando-se o desempenho dos sistemas construtivos e custos de manutenção, além de áreas reduzidas, pouca flexibilidade de planta e questões de conforto comprometidas. Ainda, algumas particularidades são apresentadas pelos EHIS, se comparados a projetos para os demais conjuntos populacionais com acesso ao mercado imobiliário. Normalmente, esses empreendimentos apresentam um número excessivo de unidades habitacionais, falta de conexões adequadas entre essas unidades e os espaços abertos (muitas vezes sem tratamento adequado) e uma comum inexistência de equipamentos e serviços básicos (REIS, 1999; LAY e REIS, 2010). Como resultado, parte dos EHIS construídos no país apresenta discutíveis condições de habitabilidade (LIMA et al., 2011).

Além das questões relacionadas à habitabilidade para os usuários dos EHIS, também é preciso considerar que o expressivo volume de obras acaba por resultar em impactos ambientais de grande significância, considerando que os empreendimentos da construção civil são um dos maiores causadores de impactos ao meio ambiente, e ocorrem em toda a cadeia produtiva (VILHENA, 2007; AGOPYAN e JOHN, 2011).

Decorre, assim, que o foco no tripé da sustentabilidade (ambiental, social e econômica)¹ relacionadas aos EHIS, com estratégias projetuais adequadas, assume grande relevância (SILVA, 2007). A eficiência destes empreendimentos em todas as etapas é de extrema importância, desde a otimização no uso dos recursos até o desempenho na etapa de uso para os moradores, tanto do ponto de vista do governo, que atua como investidor, como também dos usuários, considerando a importância da moradia na vida das pessoas.

¹ Essas três dimensões formam o conceito do “tripé da sustentabilidade” *Triple Bottom Line (3BL) – profit, people, planet* (ELKINGTON, 1997), muito difundido e utilizado como diretriz de sustentabilidade.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

O setor da construção civil, especialmente no segmento de EHIS, é afetado pelas políticas e pelo conceito global da sustentabilidade, devendo objetivar a produção do ambiente construído de modo a minimizar os impactos ambientais. Por produzir bens de grandes dimensões físicas, é intrínseco à indústria da construção civil consumir grande parte dos recursos naturais e da energia produzida mundialmente. E, sendo alta a quantidade de recursos aplicados, também será o volume de resíduos gerados, chegando a um terço do total acumulado por toda a sociedade (DEGANI e CARDOSO, 2003).

Além de projetos e práticas mais sustentáveis, a esfera econômica também deve ser considerada, uma vez que a otimização dos recursos financeiros é basilar para o governo e para os usuários. Deve ser ponderada ainda, de modo geral, a construção de edificações com soluções projetuais que a qualifiquem, por meio de estratégias que visem à habitabilidade desses empreendimentos, considerando a satisfação do usuário final.

Na construção civil, decisões tomadas na etapa de projeto são as que mais influenciam o resultado final do empreendimento, tendo em vista que é nesta fase que o produto é concebido (TZORTZOPOULUS, 1999). As opções feitas nessa etapa têm o poder de definir e influenciar nos impactos ao meio ambiente, no montante final a ser despendido e na qualificação de uma edificação.

Segundo Afonso et al. (2011), o gerenciamento das decisões de projeto tem a capacidade de qualificar os imóveis por intermédio de soluções volumétricas diferenciadas daquelas comumente encontradas no mercado. Dentre essas decisões, este trabalho investiga o tipo arquitetônico dos empreendimentos habitacionais, elemento que influencia diretamente nos impactos ambientais e econômicos (KLEIN, 1980).

Adota-se aqui como conceito de tipo arquitetônico a definição do tratadista francês do século XVIII Quatremère de Quincy, a partir de estudo de Rossi (1995). Nele, o tipo é um objeto segundo o qual cada um pode conceber obras, que não se assemelham entre si. Complementando, Sherwood (1983) destaca que os tipos arquitetônicos mais comumente encontrados em termos edílicos são classificados por sua configuração geométrica, que por exemplo, podem apresentar disposições lineares (barra, barra em curva), centralizadas (seção circular, quadrada, em H) entre outras. O tipo pode ser também caracterizado por seu esquema estrutural (MARTÍ ARÍS, 1993), dimensão não investigada nesta pesquisa.

No âmbito do ambiente construído, Medvedovski (2002) aponta a ausência de uma avaliação do ambiente construído no país como contribuinte para a baixa qualidade dos empreendimentos, conduzindo à repetição das soluções adotadas sem a devida retroalimentação e aprimoramento dos espaços. Portanto, a investigação de soluções diferentes daquelas oferecidas majoritariamente pelo mercado imobiliário em termos de EHIS pode ser entendida como oportuna, estudando soluções morfológicas que venham a otimizar o uso de recursos naturais, diminuindo consumo de energia e emissões de gases. Também, aspectos de habitabilidade e a relação custo/benefício dos imóveis aos usuários e ao governo (que atua como investidor) deveriam ser discutidos, tendo em vista o estoque desses empreendimentos que está se formando no país.

Observa-se também uma predominância dos projetos de habitação de interesse social serem contemplados como uma série de edifícios de quatro ou cinco pavimentos, com apartamentos de dois dormitórios e quatro unidades por andar. Penna et al. (2012) apontam que 44% dos imóveis deste segmento econômico tem até 50 m² de área privativa.

A articulação dos blocos com a circulação visa uma melhor formatação desta, originando assim a forma de planta H e configurando um tipo arquitetônico amplamente difundido nas cidades. Essa solução é uma das mais comuns em EHIS e pode ser considerada como um reflexo do paradigma que diz respeito à economia nas áreas de circulações, especialmente por estas áreas não serem comercializáveis pelo mercado imobiliário (SIQUEIRA, 2008).

O tipo arquitetônico predial com forma em H é oriundo de uma solução arquitetônica que permite a entrada de iluminação e ventilação naturais em apartamentos localizados em edifícios geminados. Essas edificações acabam por formar ruas-fachadas, sendo geralmente construídos nos alinhamentos, e limitando as condições de conforto ambiental desses imóveis. No entanto, a utilização desse partido volumétrico em implantações isoladas, acaba por constituir uma solução de maior custo, distante do papel original pelo qual fora desenvolvido (SHERWOOD, 1983).

O tipo arquitetônico com planta em H apresenta características geométricas que, segundo estudos feitos por Mascaró (2010), incrementam os custos de produção da edificação especialmente por consumirem mais materiais de construção, como perímetro externo, com considerável número de arestas. O autor relaciona diretamente o custo de uma edificação com sua forma, por meio do Índice Econômico de Compacidade (IeC) e pelo qual afirma que as decisões geométricas do projeto arquitetônico são dominantes para se obter soluções de custo

mais baixo ou mais elevado em uma edificação, atestando que a forma de um edifício tem influência direta no seu custo.

Conforme Siqueira (2008), a falta de embasamento teórico e de conhecimento acerca dos custos nos momentos das tomadas das decisões faz com que muitos projetistas utilizem as soluções arquitetônicas mais comumente encontradas no mercado. Portanto, muitas vezes não há um questionamento sobre a qualidade final do empreendimento, tanto nos seus requisitos de desempenho (condições de habitabilidade, construtibilidade, funcionalidade/flexibilidade de planta, etc), como nos custos e perdas.

A otimização do processo de projeto, priorizando soluções que utilizam menor quantidade de materiais, corrobora para a minimização da geração de resíduos e consumo de energia na etapa de construção. Medina (2006), Tavares (2006) e Lobo et al. (2010) apontam que cerca de 40% da energia consumida no mundo abastece a indústria da construção civil, ao passo que as taxas de desperdício de materiais no setor chegam a 20%.

A abrangência dos papéis da habitação está, portanto, diretamente ligado ao tripé social, ambiental e econômico. Como função social, abriga o usuário e é um dos fatores de seu desenvolvimento. Na função ambiental, além da inserção no meio urbano, determina o impacto destas estruturas sobre os recursos naturais disponíveis. Por último, a função econômica da moradia é basilar, pois interfere nos setores da economia do país e na dimensão do montante financeiro a ser despendido pelo governo e também pelos usuários (PENNA et al., 2012).

Em face desse cenário, surgiu a motivação do presente trabalho pelo interesse do autor em buscar subsídios teóricos para contribuir para a melhoria dos EHIS, investigando alternativas de projetos visando à mitigação dos impactos ambientais, redução de custos de produção e o incremento das condições de habitabilidade das unidades.

1.2 QUESTÕES DE PESQUISA

Neste contexto, a principal questão de pesquisa que norteia o trabalho consiste em:

- Como o tipo arquitetônico influencia na geração de impactos ambientais, nos custos e na habitabilidade dos empreendimentos habitacionais de interesse social (EHIS)?

Como desdobramentos da questão de pesquisa principal, apresentam-se as seguintes questões secundárias:

Considerando o tipo arquitetônico em forma H como bastante recorrente na construção de EHIS,

- que outros tipos arquitetônicos atendem ao mesmo programa de necessidades, consomem menos materiais e melhoram questões de habitabilidade?

Considerando outros tipos arquitetônicos possíveis,

- quais as relações entre características do projeto (IeC) e quantidade de energia incorporada (EI) e entre características do projeto (IeC) e emissão de CO₂?
- qual a estimativa de redução de custos?
- quais os ganhos em habitabilidade?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é investigar a influência do tipo arquitetônico em impactos ambientais, no custo e em quesitos de habitabilidade em empreendimentos habitacionais de interesse social (EHIS).

1.3.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- investigar alterações no tipo arquitetônico de prédios de EHIS, mantendo mesmo programa e área do empreendimento, visando otimizar o Índice Econômico de Compacidade (IeC) e melhorar quesitos de habitabilidade;
- estimar impactos ambientais dos tipos arquitetônicos investigados;
- estimar diferenças no custo de produção dos projetos dos tipos arquitetônicos investigados;
- analisar quesitos de habitabilidade dos tipos arquitetônicos investigados.

1.4 ESTRUTURA DA PESQUISA

O restante deste trabalho encontra-se dividido da seguinte forma:

O capítulo 2 apresenta a primeira parte da revisão bibliográfica, abordando os empreendimentos habitacionais de interesse social (EHIS). Discute os aspectos históricos dos EHIS no Brasil e apresenta alguns projetos de EHIS tidos como referência, tanto no país como no exterior, aponta as exigências para aprovação de projetos e relaciona os EHIS com o conceito do tripé da sustentabilidade.

O capítulo 3 discorre sobre o peso das decisões projetuais, avaliando o impacto das soluções no meio ambiente, no custo e em quesitos de habitabilidade dos empreendimentos habitacionais.

O capítulo 4 é destinado à metodologia utilizada neste trabalho; nele, é fundamentado o método escolhido, além do delineamento da pesquisa e a descrição das etapas do estudo de caso.

No capítulo 5 são apresentados, analisados e discutidos os resultados obtidos na pesquisa.

O capítulo 6 traz as conclusões da pesquisa, com as considerações finais e também sugestões para trabalhos futuros.

Por fim, são listadas as referências bibliográficas utilizadas, e a seguir são apresentados os Apêndices e Anexos.

1.5 DELIMITAÇÕES DO TRABALHO

Tendo em vista a abrangência dos temas investigados neste estudo, a seguir são descritas as delimitações do trabalho em termos de análise dos impactos ambientais, de custo e habitabilidade.

Os impactos ambientais foram analisados quanto à energia incorporada (EI) dos materiais de construção e o CO₂ embutido na fabricação dos mesmos, considerando as etapas de produção dos materiais e sua aplicação na construção da edificação. Não são avaliados impactos ambientais que ocorrem nas etapas de operação, manutenção e demolição por não ser o foco principal da pesquisa. Além disso, itens como a energia elétrica, energia de equipamentos e para o transporte de funcionários, entre outros, não foram estimados, devido à carência de uma base de dados e à extensão da avaliação de EI.

A análise de custos delimita-se aos custos de materiais e mão-de-obra, tendo como base o orçamento do projeto estudado fornecido pela empresa construtora. Não foram investigados custos relativos a terreno, projetos e despesas indiretas.

Por fim, a avaliação dos quesitos de habitabilidade é baseada na concepção dada pela NBR-15575 – Edifícios Residenciais de até cinco pavimentos – Desempenho (ABNT, 2010) e analisada a partir de comparações de ganhos e perdas face à literatura existente, em termos de ventilação, funcionalidade/flexibilidade dos projetos e desempenho térmico e lumínico entre os tipos arquitetônicos. Portanto, este estudo não abrange todos os quesitos elencados pela NBR-15575, devido à extensão desse tema e por não se enquadrar nos objetivos desta pesquisa. Também, não foram analisadas as questões específicas de urbanismo e relações com o entorno dos empreendimentos.

2 EMPREENDIMENTOS HABITACIONAIS DE INTERESSE SOCIAL (EHIS)

Este capítulo apresenta um panorama dos empreendimentos habitacionais de interesse social (EHIS), com um breve histórico do setor no Brasil, projetos de destaque nos âmbitos nacional e internacional e ainda, requisitos para aprovação destes projetos junto aos órgãos competentes.

A habitação de interesse social está diretamente ligada à necessidade de se construir e prover moradias urbanas para a população de baixa renda, as quais podem ser fornecidas pelo setor público ou privado, para fins de venda ou aluguel. Mais do que um instrumento de inclusão social, a moradia em condições adequadas representa para essas pessoas maior dignidade e segurança (LAY e REIS, 2010; ARRETCHE et al., 2007).

Conforme Reis (1992), a habitação de interesse social surge com maior força no Brasil a partir de 1950, como consequência da necessidade de um grande número de imóveis em função da migração de moradores das áreas rurais para as cidades, tendo em vista a acelerada industrialização e também o crescimento da população.

2.1 HISTÓRICO DA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL NO BRASIL

Entre 1950 e 1980, a população urbana brasileira cresceu 321%, totalizando cerca de 80 milhões de pessoas. Por sua vez, a população total aumentou de 52 milhões para 119 milhões de indivíduos no mesmo período, ou seja, um acréscimo de 128% em 30 anos (LAY e REIS, 2010). Esses dados retratam a dimensão do problema gerado com a falta de habitações adequadas nas cidades, o que incitou as construções irregulares e em áreas periféricas urbanas, contribuindo para o aumento das favelas (SERRA, 1989; MARICATO, 1999).

Ao se visualizar a precariedade do cenário habitacional do país, deve-se considerar a segregação espacial sofrida pela população com menores condições financeiras, refletida pela distribuição de renda desigual e traduzida na falta de acesso às infraestruturas e ao solo construível. Conforme Sachs (1999), não restou alternativa a essa população, senão, a de resolver seus problemas de moradias em áreas ilegais. Esse impulso para o crescimento de favelas e bairros irregulares acaba, segundo Bonduki (2004), por criar ambientes de moradia

hostis, degradando as relações sociais e contribuindo para aumentar a pobreza e violência urbana. Esse cenário, segundo o autor, teve como consequência o desencadeamento do mercado de provisão habitacional, especialmente o de EHIS.

Conforme Leite (2005), a década de 1960 pode ser caracterizada pela preocupação política com a habitação de interesse social. Apesar da ascensão social aspirada pela população brasileira, especialmente a pequena classe média e o operariado, estas viviam a realidade de um poder aquisitivo cada vez mais reduzido (BOLLAFI, 1979). E assim, a instituição do Banco Nacional da Habitação (BNH) em 1964, com a finalidade de orientar e controlar o Sistema Financeiro da Habitação acabou por fomentar a construção e a aquisição da casa própria, especialmente pelas classes de menor renda (AZEVEDO e ANDRADE, 1982).

O modelo de política habitacional implementado a partir de então pelo BNH se tornou um eixo estruturante nas concepções institucional e de política habitacional durante os anos seguintes, cujas características podem ser fundamentadas nos seguintes elementos (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2004):

- a criação do Fundo de Garantia de Tempo de Serviço (FGTS) e do Sistema Brasileiro de Poupança e Empréstimo (SBPE), sistemas de financiamento que permitiram a captação de recursos para o investimento habitacional;
- o desenvolvimento e operacionalização que estabeleceram as diretrizes a serem seguidas pelos órgãos executivos;
- a criação de uma agenda de redistribuição dos recursos por região;
- a implantação de uma rede de agências distribuídas pelo país, responsáveis pela operação das políticas e dependentes diretamente dos recursos delimitados pelo órgão central.

Os agentes para o mercado popular foram as Companhias de Habitação (COHABs), podendo ser estaduais ou municipais. Apesar de ser um marco na história da habitação no Brasil, o BNH acabou por gerar um retrocesso na qualidade dos projetos dos conjuntos residenciais. Isso porque, ao tentar reduzir o custo do imóvel para atender as classes mais necessitadas, ao invés de alterar processos de gestão e de produção dos produtos finais, acabou diminuindo demasiadamente as áreas das unidades. Assim, passou a financiar moradias cada vez menores, mais precárias e mais periféricas às cidades, isolando e exilando seus moradores (MARICATO, 1999; BONDUKI, 2004).

Leite (2005) aponta alguns programas alternativos desenvolvidos pelo governo federal na década de 1970 que, além de prover moradias, tinham a intenção de fortalecer a indústria da construção civil. Entre eles, o Programa de Financiamento de Lotes Urbanizados (PROFILURB), o Financiamento para Construção, Ampliação e Melhoria (FICAM) e o Programa de Erradicação de Subhabitação (PROMORAR).

Como o Sistema Financeiro de Habitação (SFH) operava numa lógica de empresa privada, investimentos sem retorno inviabilizariam o processo. Com o cenário econômico dos anos 1980 altamente inflacionário e subsídios privilegiando classes mais altas, o BNH acabou extinto em agosto de 1986, segundo Arretche (1990). Essa alteração criou um hiato em relação à política habitacional brasileira, com desarticulações progressivas, perda de capacidade decisória e redução dos recursos disponibilizados para investimento na área (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2004).

As atribuições do BNH foram transferidas para a Caixa Econômica Federal (CAIXA). Após três anos de articulações, em 1989 foi criada a Secretaria Especial de Habitação e Ação Comunitária (SEAC), passando para o Ministério da Fazenda as atividades financeiras do SFH e da CAIXA (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2004).

Em 1999 é criado o Programa de Arrendamento Residencial (PAR), priorizando o atendimento às famílias com renda mensal de até seis salários mínimos, sob a forma de arrendamento com a opção de compra no final do contrato. No entanto, o destaque na década de 1990 foi a aprovação do Sistema Financeiro Imobiliário (SFI), uma vez que este previa a alienação fiduciária, mecanismo pelo qual o mutuário apenas torna-se proprietário do imóvel quando quita o financiamento (PENNA et al., 2012).

A partir de 2003, com a criação do Ministério das Cidades, inicia-se mais um capítulo político, com a elaboração do Plano Nacional de Habitação (PLANHAB) a ser desenvolvido e implantado pela Secretaria Nacional de Habitação (SNH).

Em 2005, a criação do Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social (SNHIS) visou implementar políticas e programas que promovessem o acesso à moradia digna para a população de baixa renda, que compõe a quase totalidade do *déficit* habitacional do país. Todos os programas e projetos destinados à habitação de interesse social foram centralizados, tendo a CAIXA como interveniente financeiro (BRASIL, 2005a).

Embora o *déficit* de moradias venha diminuindo nos últimos anos (por exemplo, de 16,1% em 2004 para 14,5% em 2006, e para 10,1% em 2008), o montante em números

absolutos continua a ser expressivo. Em 2008, era estimado em 5,8 milhões de moradias, sendo 82% delas nas áreas urbanas do país (PENNA et al., 2012).

Dentre os mecanismos de financiamento para provisão de moradias, se destaca o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV). Instituído em 2009, tem por objetivo promover a produção ou aquisição de novas unidades habitacionais, ou a requalificação de imóveis urbanos, para famílias com renda mensal de até dez salários mínimos (BRASIL, 2009). A partir dessa visão sistêmica sobre a questão da moradia e com a parceria inédita entre União, estados, municípios, empreendedores e movimentos sociais, o PMCMV introduziu mecanismos propostos pelo PLANHAB para reduzir o custo da habitação, atuando de forma estratégica no cenário da habitação brasileira (PENNA et al., 2012).

2.2 PROJETOS DE REFERÊNCIA NO SETOR DE EHS

O tema da habitação social só passa a ter prestígio para os projetistas com o movimento da arquitetura moderna, quando arquitetos expoentes viram na habitação social o caminho para modificar as condições da classe trabalhadora (BONDUKI, 2004).

Assim, diversos projetos habitacionais de interesse social no país e também no exterior se destacaram por promover uma arquitetura considerada de qualidade. Esses empreendimentos sintetizam preceitos de habitabilidade, como iluminação e ventilação naturais, flexibilidade de planta entre outros, com formas e técnicas construtivas que facilitam a construtibilidade e minimizam os custos de produção e manutenção.

Seja por sua importância histórica e urbanística ou mesmo pelo partido e soluções arquitetônicas adotadas, a seguir são brevemente descritos exemplos de empreendimentos construídos no Brasil e em outros países que merecem destaque pela qualidade arquitetônica. Como ponto em comum, esses conjuntos habitacionais têm características próprias, uma vez que a implantação e projeto arquitetônico consideram o local (topografia, orientação solar, etc), conferindo personalidade aos empreendimentos.

2.2.1 Conjunto Residencial Prefeito Mendes de Moraes (Rio de Janeiro, Brasil, 1946)

Tido como um dos principais protagonistas do movimento moderno no Brasil, o arquiteto Affonso Eduardo Reidy buscava nos seus projetos o a união entre as possibilidades de uma nova arquitetura e a manutenção de valores culturais e naturais pré-existentes (CAIXETA, 2003).

Mais conhecido como Conjunto do Pedregulho (Figura 1), trata-se de uma das primeiras tentativas de construir EHIS no país, deixando clara a opção de prover maior qualidade de vida e dignidade à população de menor renda. Tornou-se, assim, um eco do discurso do movimento moderno europeu, em favor de uma habitação social e coletiva (SILVA, 2005).

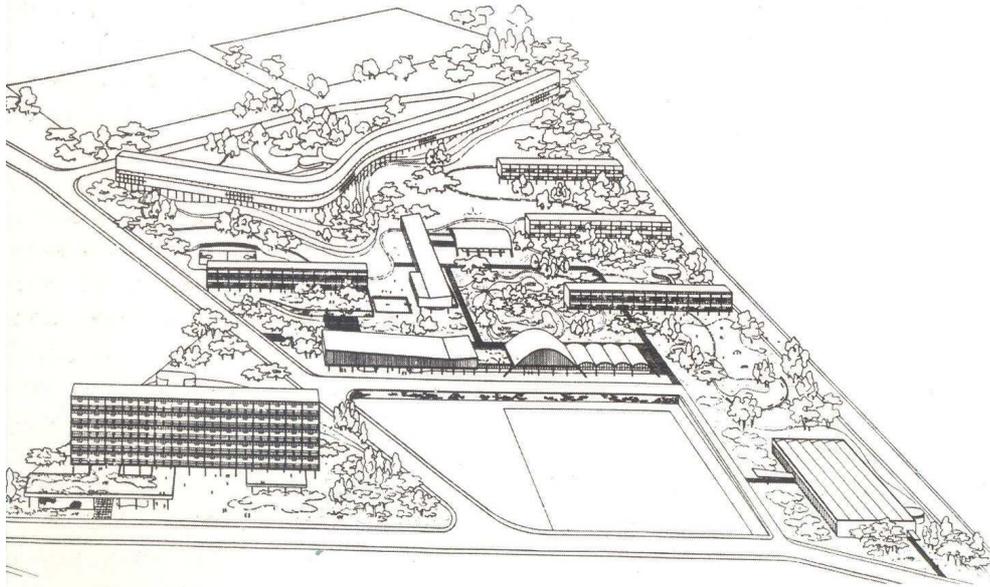


Figura 1: Perspectiva do Conjunto do Pedregulho.

Fonte: BONDUKI, 2004

Conforme Silva (2005), com o intuito de promover maior legibilidade às edificações em relação à sua funcionalidade, o arquiteto posicionou os edifícios segundo uma simples relação de organização espacial. Nela, os blocos residenciais estão implantados paralelamente entre si, enquanto as demais edificações com funções diversas estão posicionadas perpendicularmente. Essa proposta forma um grande pátio interno de lazer, tido como o coração do conjunto, e valorizando a natureza como ferramenta de projeto (SILVA, 2005).

Formado por um arquétipo básico como a torre com pilotis, o projeto imprime sua personalidade com o acompanhamento da topografia e a implantação, no terceiro pavimento do edifício, de uma segunda linha de pilares. Esse pilotis intermediário está localizado junto ao pavimento de acesso à edificação, a partir do platô mais elevado do terreno. Somado a isso, Caixeta (2002) aponta aspectos de racionalização do projeto, tais como a definição de apartamentos-tipo para diferentes grupos de usuários. Além disso, a modulação e a

distribuição de plantas-tipo visavam resolver problemas funcionais e técnico-construtivos, além do uso do apartamento duplex como solução prioritária de racionalização.

Como a localização do conjunto se dá em uma das áreas mais quentes do Rio de Janeiro, o projeto apresenta várias soluções de fachada e de distribuição de espaços que resolvem o problema da proteção solar e da ventilação cruzada nos ambientes. Concebido de maneira a constituir uma unidade residencial autônoma, o conjunto do Pedregulho acabou associado à criação de pequenos núcleos urbanos, tornando-se matriz de uma série de outros projetos habitacionais de interesse social no país (CAIXETA, 2002).

2.2.2 Conjunto Habitacional Zezinho Magalhães Prado – Cecap (Guarulhos, Brasil, 1967)

De um lado, arquitetos politicamente opostos ao regime militar, porém com amplo interesse pela causa habitacional. Do outro, a assimilação da cultura e da prática popular como alternativa para a resolução do espaço das moradias. A partir dessas vertentes, nasce o conjunto habitacional Zezinho Magalhães Prado (Figura 2), mais conhecido como Cecap-Cumbica, em 1967 (SEGAWA, 1997).



Figura 2: Vista geral dos prédios.

Fonte: ISAAC, 2007

Patrocinado pela extinta Caixa Estadual Casas para o Povo (Cecap), o projeto foi elaborado pelos arquitetos João Batista Vilanova Artigas, Fábio Penteadó e Paulo Mendes da Rocha. Planejado para uma população de 55 mil habitantes em 13 hectares de terreno, nas proximidades de Guarulhos, SP (SEGAWA, 1997).

O projeto conta com uma infra-estrutura urbana completa, visando reunir um conjunto de pessoas com interesses comunitários. Dentre os serviços disponíveis, estavam escolas, hospital, centro de saúde, hotel, teatro, cinema e comércio próprio. As divisões comportavam agrupamentos de edifícios autônomos com equipamentos urbanos, solução esta

que, segundo Segawa (1997), pode ser lida como uma derivação do conceito de superquadra, formulada por Lucio Costa em Brasília.

Os blocos de apartamentos são formados por três pavimentos com pilotis, sendo que cada um deles é composto por duas edificações idênticas. As unidades habitacionais possuem área de 64 m² e a planta tipo apresenta sala, três dormitórios, banheiro, cozinha e área de serviço (FERRAZ, 1997).

Todavia, a maior contribuição desse projeto reside na opção de planta livre para o setor de habitação popular. Com as paredes independentes da estrutura, os apartamentos podem ser adaptados às necessidades de cada família, priorizando a flexibilidade dos imóveis. Também, o uso das janelas em fita, garantia de maior luminosidade e ventilação, são o oposto dos modelos das construções do BNH, que geralmente utiliza janelas mínimas (FERRAZ, 1997).

Calculado e executado de forma industrializada, o conjunto Cecap-Cumbica pode ser considerado como um das mais importantes experiências de EHIS no Brasil, especialmente se comparado aos conjuntos propostos pelo BNH à época de sua construção.

2.2.3 Condomínio Residencial Cotia (Cotia, Brasil, 2001)

Vencedor de prêmio especial conferido pelo IAB/SP em 2002, o projeto dos arquitetos Joan Villà e Sílvia Chile é configurado por três blocos iguais, com oito unidades habitacionais cada. Aproveitando o terreno em aclave, as construções estão implantadas em diferentes patamares, solução que melhora a ventilação, a iluminação e a visibilidade, independentemente do posicionamento do imóvel.

Conforme Serapião (2003), o projeto destaca-se tanto no entorno como no contexto da arquitetura brasileira, tratando-se de um raro exemplo de habitação popular com qualidade de projeto (Figura 3). Além disso, um dos principais diferenciais é a predominância de espaços de uso comum, sendo que cada unidade possui ainda um pequeno quintal nos fundos.



Figura 3: Projeto e unidades habitacionais construídas.

Fonte: SERAPIÃO, 2003

As edificações foram construídas com pré-fabricação cerâmica (painéis de blocos cerâmicos para laje, paredes e escada), com terraços cobertos com telhas metálicas. A técnica construtiva de baixo custo foi desenvolvida pelos arquitetos e a mão-de-obra, treinada no canteiro de obras, uma vez que não era especializada (SAYEGH, 2004).

Sayegh (2004) aponta o desejo dos arquitetos em oferecer um projeto de qualidade a preço acessível, remetendo a características típicas da habitação popular sem, entretanto, desmerecer os sobrados. Para tanto, a aplicação dessa técnica construtiva com painéis de baixo peso, que permitiu a montagem manual por mão-de-obra comum, foi basilar.

Em termos de planta baixa, sala, cozinha e área de serviço estão dispostas no térreo e a área íntima, no segundo pavimento, totalizando 60 m². Entretanto, o destaque do conjunto está no terraço coberto com telhas metálicas. Segundo Serapião (2003), essa configuração mistura o popular e o erudito, uma vez que o primeiro é amplamente encontrado em autoconstruções no país e o segundo, remete ao terraço-jardim defendido por Le Corbusier no movimento da arquitetura moderna.

2.2.4 Unité d'Habitation (Marselha, França, 1952)

A *Unité d'Habitation* de Marselha foi o primeiro trabalho de grande influência de Le Corbusier no pós-guerra. O bloco de apartamentos de quinze andares para 1.600 pessoas é a contrapartida moderna e tardia da habitação em massa, com esquemas da década de 1920, construído para aliviar uma falta grave de moradias no pós-guerra (TRACHTENBERG e HYMAN, 1986).

Apesar do programa do empreendimento ser elaborado, estruturalmente ele é simples: um bloco retangular de concreto armado, em cuja malha são alocadas as unidades habitacionais. Por meio de uma modulação pré-determinada, vinte e três configurações

diferentes de apartamentos são possíveis, para acomodar desde solteiros a famílias com até dez pessoas (TRACHTENBERG e HYMAN, 1986), em uma barra de 120 m de comprimento por 50 m de largura (Figura 4).



Figura 4: Vista geral da Unité d'habitation.

Fonte: TRACHTENBERG E HYMAN, 1996

Os trezentos e trinta e sete apartamentos foram concebidos com a padronização dos elementos construtivos e com a introdução da produção em série, utilizada até hoje pela indústria da construção, o que imprimiu um ritmo acelerado à produção do edifício (BOESIGER, 1977).

Na metade do empreendimento está situado um pavimento de serviços, com restaurante, cafeteria, padaria, etc. No teto-jardim, academia, pista de corrida, maternal e creche complementam o rol de serviços propostos pelo arquiteto, com o objetivo de prover o máximo de facilidade para os moradores do local, de acordo com Boesiger (1977).

2.2.5 Conjunto Habitacional Quinta Monroy (Iquique, Chile, 2004)

Localizado em Iquique, cidade no deserto chileno, o projeto do arquiteto Alejandro Aravena tinha como missão radicar 100 famílias que ocupavam ilegalmente um

terreno de 5.000 m². Essa área de terra tinha preço três vezes maior do que o programa para habitação social do Chile poderia pagar (FERNANDES, 2008). Assim, uma das diretrizes projetuais acabou se tornando a limitação do subsídio de 7.500 dólares por família para a construção de suas casas, incluindo compra do terreno, serviços de urbanização e arquitetura.

Com o intuito de transformar o gasto social em investimento, o projeto pensa na moradia de maneira a agregar maior valor às residências com o passar do tempo. Do problema da escassez de recursos, acabou nascendo uma solução para a repetição de elementos, saída geralmente encontrada pela necessidade de baixar custos (FERNANDES, 2008). Dessa maneira, o uso estratégico do projeto compreendia em uma estrutura inicial pensando no tamanho final da casa, que compreendia em cozinha, banheiro, escada e muros intermediários (Figura 5). Nas palavras do autor do projeto, foi feita a construção da parte mais difícil do imóvel, ou seja, aquela que os usuários não teriam como realizar sozinhos (ARAVENA, 2004).



Figura 5: Vista geral do conjunto habitacional.

Fonte: ARAVENA, 2004

Divididos em quatro grupos, a construção de edifícios com dois pavimentos são estruturados para futuras ampliações, como projetos embrionários (BRANDÃO, 2011). No primeiro pavimento, a residência principia com 6 m x 6 m, área que pode crescer dentro do lote de 9 m x 9 m. Já no segundo, a área inicial é de 3 m x 6 m, ampliável em mais 3 m para a lateral. Conforme Horta (2009) apud Brandão (2011), para evitar a degradação comumente encontrada em expansões autoconstruídas, o projeto já antecipa a visão da casa após a sua ampliação final.

2.2.6 Miranda Apartamentos (Bogotá, Colômbia, 2009)

Localizado em uma das zonas mais pobres de Bogotá, os arquitetos Juan Diego Pinzón Sarmiento e Gloria Serna Meza se propuseram a realizar um conjunto de apartamentos voltado à habitação social com vistas à qualificação do bairro e da vida dos usuários.

O projeto, com área construída de 9.050 m², se destaca na urbanização não somente por sua distribuição, mas também pelo emprego de materiais não-convencionais para a área de habitação social (GOOSSENS, 2010). O conjunto consiste em uma larga barra localizada sobre a via principal do bairro, mais cinco barras menores perpendiculares, de forma que o empreendimento se abre para o bairro (Figura 6).



Figura 6: Organização das circulações horizontais e acesso aos apartamentos.

Fonte: GOOSSENS, 2010

Nos pontos de junção entre a barra longitudinal e as barras transversais, se localizam as circulações verticais, com escadas abertas. Por conseguinte, em cada pavimento, galerias abertas cumprem a função de sacadas e levam aos apartamentos. Desta maneira, cada uma das barras tem de um lado o acesso aos imóveis e, do outro, as zonas sociais e de serviços (GOOSSENS, 2010).

O preço de venda das unidades, estabelecido em US\$ 18.000, impulsionou a busca permanente por um projeto que oferecesse um produto de alta qualidade a um custo

mínimo. As unidades, com 47 m², são amplamente iluminadas e ventiladas por duas frentes, resultado do tipo arquitetônico adotado.

Os apartamentos têm uma área de serviço separada da cozinha, ventilada por um painel de fachada perfurado. A cozinha é aberta, porém disposta de maneira tal que possa ser fechada, caso o morador assim preferir. A zona íntima se divide da área principal por meio de uma parede, podendo o usuário decidir o que fazer com o restante do espaço: um quarto, dois quartos, um quarto e um closet, ou deixar o espaço aberto.

Conforme Goossens (2010), essa flexibilidade é facilitada pela entrega da obra com reboco aparente, deixando os usuários com liberdade para transformar muitos aspectos de sua moradia, especialmente na área da cozinha e nos dormitórios. Uma vez habitado o conjunto, se pôde comprovar que os habitantes se apropriaram do espaço com facilidade.

Outro aspecto evidenciado posteriormente foi a contribuição da arquitetura à segurança no conjunto, especialmente pela promoção da interação entre os vizinhos em função das sacadas comunitárias. Além disso, os pátios de uso comum geram um alto nível de controle social, tornando-se uma vantagem frente a outros esquemas mais convencionais (GOOSSENS, 2010).

2.2.7 EHIS desenvolvidos pela Secretaria Municipal de Habitação de São Paulo

Atualmente, merece destaque o trabalho em EHIS desenvolvido pela Secretaria Municipal de Habitação de São Paulo (SEHAB), com diversos empreendimentos premiados em concursos realizados em Bienais de Arquitetura, dentre as quais em Quito, Veneza, além de concursos nacionais. Hoje, cerca de 90.000 famílias são contempladas com as intervenções da SEHAB e aproximadamente 20.000 novas unidades estão construídas ou em construção (SERAPIÃO, 2012).

Para a execução dos empreendimentos, a SEHAB promove concursos públicos de projeto de arquitetura e urbanismo e são estabelecidos requisitos e critérios por meio de uma estrutura de prioridades, a partir de avaliações das situações de risco, carência de infraestrutura, vulnerabilidade social e índices de saúde. Além dessas, são considerados outros conceitos importantes, como o respeito às pré-existências e a busca de projetos específicos para cada um dos bairros, evitando soluções únicas e repetidas. Cabe comentar que a SEHAB realiza estudos e pesquisas de diagnósticos sobre os usuários de EHIS e dos locais de implantação através de parcerias estabelecidas com universidades estrangeiras como Columbia e Havard, nos Estados Unidos, e ETH, na Suíça (FRANÇA e BARDA, 2011).

Os recursos para essas construções provêm de participações estaduais e federais. Da esfera municipal, somam-se recursos indiretos, como taxas e impostos que são revertidos, em parte, para habitação social, via parcerias entre o Poder Público e a iniciativa privada. De forma geral, 60% dos recursos provêm do Poder Municipal, 20% do Poder Estadual e 20 % do Poder Federal (SERAPIÃO, 2012).

2.3 APROVAÇÃO DE PROJETOS DE EHIS: PODER MUNICIPAL E CAIXA

Afora os bons exemplos construídos em EHIS, observa-se um grande número de empreendimentos já construídos e em construção que, ao contrário dos exemplos supracitados, apresentam soluções arquitetônicas repetitivas, desconsiderando o local e implantação e sem levar em conta critérios de habitabilidade das unidades.

Em se tratando de EHIS, a limitação financeira é um forte argumento à falta de qualidade arquitetônica, assim como a legislação, que permite a esses empreendimentos exigências inferiores às mínimas estabelecidas para projetos residenciais fora deste segmento.

2.3.1 Exigências municipais

No Brasil, o Plano Diretor Municipal (PDM) e o Código de Obras são os principais instrumentos utilizados pelos governos municipais para controlar o uso do solo e definir estratégias para aprimoramento dos espaços construídos. Silva (2011) destaca que Planos Diretores desenvolvidos após 2001 deveriam conter em seus textos meios urbanísticos que incorporem o princípio da função social da propriedade como estratégias para atender às demandas por habitação de interesse social. Como exemplo, requisitos urbanísticos com procedimentos para implantação e regularização do parcelamento do solo para fins urbanos em Áreas Especiais de Interesse Social (AEIS) do PDM (SÃO LEOPOLDO, 2006).

Em Códigos de Obras de diferentes municípios, observam-se seções dedicadas à habitação para população de baixa renda. Como exemplo, cita-se o Código de Obras da cidade de São Leopoldo/RS, município onde está localizado o empreendimento cujo projeto serviu de objeto de estudo nesta dissertação. Segundo o documento, na execução de programas habitacionais, o poder público atenderá como prioridade a parcela de demanda por habitação de interesse social destinada à população com renda mensal igual ou inferior a cinco salários mínimos. Esses empreendimentos objetivam (SÃO LEOPOLDO, 2008):

- assegurar o respeito e a proteção do direito à moradia para a população de menor renda, viabilizando o acesso à moradia digna sustentável;

- viabilizar padrões adequados de moradia nos programas e projetos de EHIS;
- adotar critérios para de qualificação ambiental na produção de EHIS;
- articular, compatibilizar e acompanhar a atuação das instituições e órgãos que desempenham funções no setor da habitação de interesse social;
- incentivar a pesquisa, incorporação de desenvolvimento tecnológico e de formas alternativas de produção habitacional.

No que diz respeito às exigências mínimas para aprovação de projetos residenciais, observam-se diferenças entre às solicitadas para edificações residenciais em geral e as exigências para habitação de interesse social, demonstradas Tabela 1.

Tabela 1 – Comparações entre exigências para edificações residenciais em geral e para projetos de EHIS no município de São Leopoldo.

Edificações Residenciais em geral		Habitação de Interesse Social (HIS)	
1. Ventilação			
Art. 32	Para obter uma adequada ventilação é recomendado que existam aberturas de entrada e saída em faces opostas dos locais.	-	Nada consta
2. Iluminação			
<i>(área mínima das janelas em relação à superfície do piso do respectivo ambiente)</i>			
Art. 38	Dormitórios – 1/7 (um sétimo) Estar/Jantar – 1/7 (um sétimo) Cozinha – 1/7 (um sétimo) Banheiro – 1/7 (um sétimo)	Art. 123	Dormitórios – 1/7 (um sétimo) Estar/Jantar – 1/9 (um nono) Cozinha – 1/12 (um doze avos) Banheiro – 1/12 (um doze avos)
3. Paredes			
<i>(espessura mínima das paredes externas e entre unidades)</i>			
Art. 43	20 cm	Art. 121	15 cm
4. Escada			
<i>(largura mínima livre da escada)</i>			
Art. 59	1,20 m	Art. 121	70 cm
5. Portas			
<i>(largura mínima das folhas das portas)</i>			
Art. 77	Entrada principal – 90 cm Dormitórios – 80 cm Estar/Jantar – 80 cm Cozinha – 80 cm Banheiro – 70 cm	Art. 123	Entrada Principal – 80 cm Dormitórios – 70 cm Estar/Jantar – 70 cm Cozinha – 70 cm Banheiro – 60 cm
6. Pé direito			
Art. 116	2,60 m	Art. 121	2,40 m
7. Áreas e Dimensões			
Art. 116	Ambientes de permanência prolongada devem permitir a inscrição de um círculo de d=2,50 m no piso ou possuir área mínima de 7,50 m ² .	Art. 121	Dimensões mínimas que comportem: Dormit. casal – 01 cama 1,40x1,90 m e 01 armário 1,60x0,50 m Dormit. solteiro – 02 camas 0,80x1,90 m e 01 armário 1,60x0,50 m Estar/Jantar – 01 mesa para quatro lugares, 01 sofá de dois lugares e 01 poltrona de 01 lugar. Cozinha – 01 fogão quatro queimadores, 01 refrigerador e balcão de 1,10x0,55 m

Com a análise dos dados disponíveis em São Leopoldo/RS, verifica-se um contrassenso nas exigências feitas pelo poder público. Primeiramente, pelo fato do plano diretor dispor de ferramentas que visam atender à população de baixa renda com qualidade, conforme explicitado na Seção específica sobre AEIS. Em seqüência, por apresentar requisitos de aprovação de projetos com diferenças que influenciam diretamente na qualidade das moradias.

Ora, se o poder público, base para a formatação de novos projetos na cidade, apresenta diferenças nos quesitos de habitabilidade para projetos residenciais de interesse social, é possível afirmar que existe já nesse conceito uma forma de discriminação.

Além disso, as exigências às habitações de interesse social expressam requisitos mínimos mais brandos que para outras edificações residenciais, como se o usuário destes empreendimentos tivesse necessidades diferentes de quesitos de habitabilidade como ventilação, espaço, luz natural, entre outros. Em outras palavras, o usuário menos favorecido economicamente tende a receber uma habitação sem a devida qualidade, sendo que a realização de melhorias e adaptações durante a fase de uso é extremamente difícil, tendo em vista que grande parte dos empreendimentos é composta por prédios, o que impossibilita o aumento de área e dificulta mudanças em esquadrias.

Em contrapartida, Moro (2011) aponta que a produção de EHS em grupos menores e em espaços vazios da cidade, utilizando a estrutura urbana já existente, pode liberar recursos para a qualificação das unidades habitacionais. Ainda, sugere a inserção de exigências qualitativas vinculadas ao desempenho das edificações nos planos diretores e códigos de obras – e não somente a presença de critérios quantitativos.

2.3.2 CAIXA: o PMCMV e o Selo Casa Azul

A Caixa Econômica Federal (CAIXA), como interveniente financeiro da maior parte dos empreendimentos habitacionais financiados no Brasil, apresenta uma extensa lista de procedimentos técnicos e documentos de engenharia, arquitetura e urbanismo que necessitam ser cumpridos para que os financiamentos sejam disponibilizados.

Como há uma variedade de programas operacionalizados pela CAIXA, verificam-se exigências de critérios e documentações diferenciadas para cada produto, de acordo com a linha de financiamento ou produto de repasse. Dentre outros, são exigidos projetos aprovados pela Prefeitura, declaração de viabilidade de atendimento das concessionárias de água e energia, alvará de construção e licença ambiental (JOHN e PRADO, 2010).

Como iniciativa principal do governo federal na esfera habitacional nos últimos anos está o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV). O PMCMV foi lançado em 2009 com o objetivo de construir 1 milhão de moradias. A prioridade de atendimento é de famílias com renda de até três salários mínimos – entretanto, abrange famílias com renda até 10 salários mínimos (BRASIL, 2009).

A segunda fase do Programa, aprovada em 2011, tem como meta construir 2 milhões de habitações, atendendo às mesmas classes salariais da primeira fase. No entanto, integra mudanças para dar resposta a críticas recebidas na primeira fase. Dentre elas, o aumento do número relativo de habitações para famílias com renda até três salários (de 40% para 60%), revisão do valor máximo de aquisição, melhoria nas especificações técnicas dos empreendimentos e flexibilização dos tipos dos edifícios. Além disso, foram determinadas diretrizes para a produção da habitação bem localizada, com os recursos do PMCMV e aplicando-se os instrumentos do Estatuto da Cidade.

O PMCMV visa injetar cerca de 125 bilhões de reais em crédito habitacional entre 2011 e 2014, sendo uma das estratégias para implantação da política e do sistema nacional de habitação, buscando eliminar o *déficit* habitacional no país até 2022 (PENNA et al., 2012).

De forma geral, o PMCMV apresenta algumas disposições para o financiamento de novos projetos, buscando assegurar o direito a condições como (BRASIL, 2009):

- acessibilidade a todas as áreas públicas e de uso comum;
- unidades adaptáveis ao uso para pessoas com deficiência, com mobilidade reduzida e idosos;
- condições de sustentabilidade das construções;
- uso de novas tecnologias construtivas.

Esses requisitos denotam a ambição do PMCMV e implicam em importantes desafios: ao propor a construção de três milhões de habitações em cinco anos (2009-2014), por intermédio do Programa, há a intenção de se produzir cerca de 10% dos domicílios particulares permanentes adequados do país². Assim, o PMCMV se apresenta como uma grande oportunidade de se reduzir o *déficit* habitacional do país ao mesmo tempo em que se

² Por domicílio adequado entende-se a unidade que conta com abastecimento de água por rede geral, esgotamento sanitário, coleta de lixo e até dois moradores por dormitório. De acordo com o Censo Demográfico (IBGE, 2010), dos 57 milhões de habitações permanentes no Brasil, apenas 30 milhões são consideradas adequadas.

caracteriza como um desafio para a produção habitacional de qualidade. Conforme o PLANHAB (2010), esses desafios podem ser setorizados e sintetizados conforme a Tabela 2:

Tabela 2 – Desafios da habitação de interesse social.

Desafio financeiro	Desafio institucional	Desafio fundiário	Desafio produtivo
Disponibilizar financiamento para garantir a urbanização e a produção das novas habitações.	Envolver os vários níveis da administração, assegurar a participação da comunidade, capacitar os agentes envolvidos no setor da construção e controlar os resultados.	Garantir o acesso a terra urbanizada, legalizada e bem localizada para a construção das novas habitações.	Aumentar a produção do setor da construção civil orientada para a HIS, garantindo a qualidade das habitações e mantendo o custo reduzido.

Fonte: adaptado de PLANHAB (2010).

Por outro lado, o elevado volume de obras e os impactos ao meio ambiente causados pelas mesmas, fez com que a CAIXA desenvolvesse em 2010 o Guia Caixa Selo Azul – boas práticas para habitação mais sustentável. Essa certificação é um instrumento de classificação socioambiental das habitações, que busca reconhecer aquelas edificações que adotam soluções mais eficientes aplicadas à construção, ao uso, à ocupação e à manutenção dos empreendimentos. Assim, visa ao incentivo do uso racional dos recursos naturais da melhoria das condições de habitabilidade das moradias e do seu entorno imediato (JOHN e PRADO, 2010).

O Selo Casa Azul se aplica a todos os empreendimentos habitacionais apresentados à CAIXA, sendo necessária a solicitação de adesão por parte do proponente. O método consiste em verificar e analisar o atendimento aos critérios estabelecidos pelo instrumento, a partir de 53 itens divididos em seis categorias (qualidade urbana, projeto e conforto, eficiência energética, conservação de recursos materiais, gestão da água e práticas sociais), que orientam a classificação do projeto (JOHN e PRADO, 2010).

Os níveis de gradação do Selo Casa Azul estão divididos em:

- Bronze: atendimento aos critérios obrigatórios (19);
- Prata: critérios obrigatórios e mais 6 critérios de livre escolha;
- Ouro: critérios obrigatórios e mais 12 critérios de livre escolha.

Além dos requisitos exigidos pelo Selo Casa Azul, os projetos devem atender, primeiramente, às regras específicas dos programas operacionalizados pela CAIXA, de acordo com a linha de financiamento.

2.4 OS PROJETOS DE EHIS E O TRIPÉ DA SUSTENTABILIDADE

A preocupação dos aspectos qualitativos dos EHIS denota não só um aspecto fundamental para a qualidade de vida de seus moradores, mas, juntamente com as dimensões econômica e ambiental, forma o tripé do desenvolvimento sustentável (SILVA, 2007). De acordo com Farah e Vitorino (2006), o conceito de sustentabilidade deve ser encarado de forma ampla, de modo a tratar o ambiente físico, o econômico e o social equilibradamente, numa visão mais global das consequências que a utilização de critérios sustentáveis pode acarretar.

No segmento da construção civil, a sustentabilidade de um edifício deve estar presente desde a escolha dos materiais de construção, projeto e durante todo o processo geral de produção do edifício (FARAH e VITORINO, 2006).

Com base nisso, os EHIS devem visar à melhor relação custo/benefício, tanto do ponto de vista do governo, que atua como investidor, como também nos aspectos qualitativos, face à importância da moradia na vida das pessoas. Configura-se, portanto, um complexo de valores culturais, aspectos éticos, atitudes e comportamentos humanos, além dos aspectos ambientais e econômicos que devem ser levados em conta na formulação de estratégias para soluções eficientes, incluindo os interesses das pessoas (usuários) e das comunidades locais (SADAN; CHURCHMAN, 1996 apud SILVA, 2007).

Oktay (1999) relaciona desenvolvimento sustentável diretamente à melhoria da qualidade de vida dos indivíduos, nos níveis urbanos e arquitetônicos, enquanto Rodrigues (2010) destaca que muitos são os desafios a serem vencidos pelo Brasil, atrelados ao custo e melhoria ambiental, a começar pelas condições humanas, com a diminuição da desigualdade social e econômica.

Ao mesmo tempo em que a indústria da construção civil brasileira vive um momento de acelerado crescimento, especialmente no contexto das habitações de interesse social, é pertinente que se leve em consideração, além dos aspectos quantitativos, a qualidade arquitetônica dos empreendimentos que vêm sendo construídos (LAY e REIS, 2010). Considerando o estoque desses empreendimentos que está se formando no país, a eficiência na execução destes projetos é importante no que diz respeito à otimização no uso dos recursos.

3 DECISÕES PROJETUAIS E IMPACTOS DOS EDIFÍCIOS

O processo de projeto é a mais importante fase do empreendimento, pois é no projeto que o produto é concebido (TZORTZOPOULOS, 1999). Nessa etapa diferentes definições são estabelecidas que impactam o produto nas mais variadas dimensões. Devido à implantação, podem ser citados impactos sociais e urbanos, como apropriação de espaços abertos, vida microeconômica da população local, integração com o entorno, dependência funcional de outras áreas da cidade. Devido à forma e escolha de materiais, o projeto tem influência nos impactos ambientais, tais como o consumo de materiais, energia incorporada e geração de resíduos. Durante a fase de uso da edificação, o projeto influencia em questões de habitabilidade, tais como a flexibilidade da planta, conforto térmico, acústico e lumínico, entre outros.

Ou seja, as relações entre as decisões tomadas na etapa de projeto estão intimamente ligadas ao desempenho final das edificações (MELHADO, 2005), influenciando diretamente no tripé da sustentabilidade, nos fatores ambiental, econômico e social, conforme será apresentado no decorrer desta dissertação. Apesar de serem comumente ignoradas, muitas vezes por desconhecimento dos projetistas, torna-se imprescindível analisar os impactos das decisões arquitetônicas e sua influência no seu produto final: o edifício.

Este capítulo tem por finalidade apontar os principais impactos causados pelas edificações. Inicialmente, são descritos os principais impactos ambientais, com destaque para a energia incorporada (EI) dos materiais e a emissão de CO₂, por serem itens de grande consumo de fontes não renováveis. Em seguida, são descritas as relações entre as decisões tomadas na etapa de projeto, especialmente em relação ao tipo arquitetônico das edificações, e seus impactos no custo de produção. Por fim, são apontados quesitos de habitabilidade e sua importância nos EHIS.

3.1 IMPACTOS AMBIENTAIS

As mobilizações de maior envergadura da sociedade civil em termos de proteção ao meio ambiente e frente à exploração dos recursos naturais ocorreram após a crise do petróleo de 70 (CIB, 1999). As discussões sobre a redução do consumo e do uso dos recursos naturais de forma desenfreada culminou com a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente, que ficou conhecida por RIO 92. Com a presença de 178 países e de 112 chefes de

estado foram discutidos os temas ambientais, resultando em um documento de compromissos e metas denominado como Agenda XXI (CIB, 1999).

De forma direcionada à indústria da construção civil, essas discussões internacionais resultaram em outro documento: a Agenda XXI para a Construção Civil (LOBO et al., 2010). A partir do Congresso Habitat II ocorrido em Istambul, cuja temática era o assentamento humano sustentável, constituíram-se planos de implementação de políticas urbanas visando o desenvolvimento sustentável (CIB, 1999).

Tradicionalmente, no setor de construção, materiais locais com reduzido consumo de energia e baixo impacto ambiental eram utilizados. Atualmente, materiais globais como cimento, alumínio, concreto e PVC são usados, aumentando os custos de energia e impactos ao meio ambiente, o que representa um grande alvo para implantação de melhorias, que podem ser feitas com boas políticas ambientais (BRIBIÁN et al., 2009), além de decisões conscientes tomadas na etapa de projeto, considerando a influência do projeto em aspectos ambientais durante todo o ciclo de vida das edificações.

Por produzir bens de grandes dimensões físicas, é inerente à indústria da construção civil consumir grande parte dos recursos naturais e da energia produzida mundialmente. Dados encontrados em estudos realizados em países do continente americano indicam que a indústria da construção civil consome mais de 50% da matéria-prima produzida anualmente no Canadá, além de 35-40% do consumo nacional total de energia e gera 25% dos resíduos sólidos daquele país (NELMS et al., 2005).

E, sendo alta a quantidade de recursos aplicados, também será o volume de resíduos gerados. Nesse sentido, estima-se que entre metade e três quartos dos materiais extraídos da natureza retornam como resíduos em um período de um ano (JOHN e PRADO, 2010).

Dessa maneira, o setor da construção e, especialmente, o segmento de EHS, em função do elevado número de obras, deve objetivar a produção do ambiente construído de modo a otimizar o uso dos recursos e minimizar os impactos ambientais. De modo geral, o panorama do crescimento da indústria da construção civil está inserido em um cenário associado à superpopulação urbana, escassez de materiais de construção e impactos ambientais. Assim como em Tavares (2006), a reação a essa situação é o interesse pela pesquisa, o desenvolvimento de alternativas para a habitação e a investigação do consumo de energia.

Resumidamente, alguns dos principais impactos ambientais associados às edificações são:

- emissões de gases do efeito estufa, especialmente na produção de materiais;
- consumo de energia nas edificações, desde a produção dos materiais até sua desconstrução;
- consumo de recursos naturais;
- impactos indiretos, como transporte.

Medina (2006), Tavares (2006) e Lobo et al. (2010) apontam que cerca de 40% da energia consumida no mundo abastece a indústria da construção civil, ao passo que as taxas de desperdício de materiais no setor chegam a 20%. Em outras indústrias, conforme os mesmos autores, essa taxa é de 10% em média.

Entre os setores diretamente ligados à construção civil, destaca-se a importância do setor residencial em termos energéticos, por consumir o equivalente aos setores comercial e público juntos, em todas as fontes de energia (BRASIL, 2005b). Portanto, a indústria da construção civil apresenta papel essencial para o desenvolvimento de tecnologias mais limpas e enxutas (HALLIDAY, 1997 apud LOBO et al., 2010).

3.1.1 Energia Incorporada (EI) nos materiais de construção

Roaf et al. (2009) destacam que todos os materiais de construção impactam de alguma maneira no meio ambiente, porém não há maneira de avaliar exatamente o impacto total de um edifício, em função da complexidade de materiais e processos. Entretanto, o autor indica a energia incorporada (EI) como uma das medidas mais importantes para verificar o impacto ambiental, uma vez que o uso de fontes não renováveis colabora diretamente para a degradação do meio ambiente. De acordo com Gauzin-Müller (2002), a EI é o montante energético utilizado para a produção de determinado produto. No cômputo, inclui-se desde as etapas de extração, sua distribuição no mercado até sua destinação final.

Uma análise energética resgata o total de energia gasto para a produção de um produto ou serviço (TAVARES, 2006). Esta estimativa é denominada de Requisito Total de Energia (RTE), expresso em MJ/kg. São expressões, de acordo com Tavares (2006), em termos de energia primária, tanto de fontes renováveis como não renováveis.

Nesse cálculo, são computadas também as conversões de energia primária para secundária, o que faz com que, na prática, um mesmo produto tenha requisitos variados

dependendo do processo e local de fabricação (TAVARES, 2006), tornando a análise energética um processo complexo.

A energia embutida total de uma edificação é dividida, conforme Tavares (2006), em:

- energia incorporada inicial (insumos diretos e indiretos utilizados para erguer o edifício, incluindo o transporte dos materiais até o canteiro de obras);
- energia operacional (energia necessária durante a vida útil, seja para cocção, utilização de equipamentos, climatização, etc);
- energia incorporada de manutenção (reparos, reformas, etc);
- energia de desconstrução (considera o total de insumos diretos para demolição ou desmontagem de uma edificação, incluindo o transporte dos resíduos).

A análise da EI em materiais de construção é de fundamental importância para determinar a energia total na edificação. Os valores são normalmente disponibilizados em MJ/kg e MJ/m³ de material produzido, ou de MJ/m² quando se comparam elementos construtivos como tipos de alvenarias, pisos ou coberturas (TAVARES, 2006).

Tavares (2006) apresenta um complexo estudo sobre a energia das edificações no Brasil, a partir de estudos da bibliografia nacional e internacional. Entretanto, ainda verificam-se lacunas em bases de dados específicas, devido à extensão e complexidade dessa análise.

3.1.2 CO₂ nos materiais de construção

Conforme Fay (1999), as análises energéticas fornecem resultados para discussão, análise e dados para tomada de decisão. Dentre elas, os relacionados à emissão de CO₂, por este ser um dos parâmetros de sustentabilidade mais difundidos e com potencial para negociação e para comercialização. O conceito de carbono embutido é definido como a geração equivalente de CO₂ em uma determinada atividade (TAVARES, 2006), sendo utilizado como parâmetro de sustentabilidade em edificações.

O acúmulo de gases do efeito estufa é tido como uma das principais causas das mudanças climáticas mundiais (TAVARES, 2006). Estima-se que as fontes fósseis não renováveis representam 70% dos requisitos energéticos de origem de combustíveis fósseis não renováveis, sendo que 4/5 da lenha e 50% do carvão vegetal é extraído de matas nativas (BRASIL, 2011).

Além dos gases liberados pelas queimadas, uma quarta parte é proveniente da construção e operação das edificações, seja do consumo energético ou do processo de fabricação dos materiais, de acordo com Tavares (2006). Somente a indústria de cimento do tipo portland lança cerca de 6% de todas as emissões de CO₂ (LOBO et al., 2010). Torna-se, portanto, esse quesito de avaliação de sustentabilidade especialmente relevante no país.

A pesquisa desenvolvida por Lacerda et al. (2009) avalia a quantidade de CO₂ equivalente (CO₂ eq)³ removida da atmosfera pela biomassa aérea de reflorestamento. Assim, pode-se estipular, por exemplo, quantas árvores são necessárias para compensar a emissão de CO₂ eq emitida por determinada atividade.

Conforme Lobo et al. (2010), a abordagem com foco na análise energética e suas influências na construção civil apresenta outra característica da construção que é o uso maciço de energia, majoritariamente de fontes não renováveis. O setor de energia possui ainda parâmetros referenciados e tem claras implicações sociais, econômicas e ambientais (LOBO et al., 2010).

A partir dos estudos publicados nestes temas, é possível concluir que a escolha dos materiais, definida pelo projeto, em termos qualitativos e também pela quantidade envolvida na produção da obra, tem influência direta na quantidade de energia incorporada e nas emissões de CO₂ embutido nos materiais de um edifício.

3.2 IMPACTOS NO CUSTO

Segundo Giammusso (1988), custo é a importância necessária à obtenção ou produção de um bem ou serviço, ou à realização de um empreendimento. O custo de uma atividade, independente da sua natureza, é composto pelos custos diretos e indiretos. Apesar de ambos poderem ser previstos, sua precisão será maior ou menor, dependendo da natureza da atividade e dos dados que se encontram à disposição.

Kern (2005) afirma que os custos diretos de empreendimentos de construção civil são fortemente definidos pelos processos de projeto e produção, especialmente através da especificação de materiais e quantidades de utilização. Por sua vez, os custos indiretos são dependentes do prazo de produção, uma vez que sua estimativa leva em conta o tempo que a obra utiliza os recursos da empresa (KERN, 2005).

³ Unidade de medida do impacto das emissões sobre o clima do planeta. Todos os gases são transformados em CO₂ eq, de acordo com um fator de conversão. Assim, por exemplo, uma tonelada de metano (CH₄), por possuir um efeito 21 vezes superior ao dióxido de carbono, equivale a 21 toneladas de CO₂ eq (WWF, 2012).

Como o conhecimento do custo é um dos itens que indicarão a viabilidade de construção de determinado projeto, é nas etapas iniciais do processo de projeto que as estimativas de custo se fazem mais necessárias. Essas estimativas são ferramentas que fundamentam tomadas de decisões em momentos em que se buscam valores aproximados, diferente dos métodos de orçamento tradicionais, que exigem alto grau de detalhamento e especificações que, muitas vezes, não estão disponíveis na etapa de anteprojeto (OTERO e HEINECK, 2004).

Siqueira (2008) explana que a maior dificuldade em se estimar custos deve-se à característica interdisciplinar dos empreendimentos, posto que uma definição feita no projeto arquitetônico tem interferência em uma série de outros elementos, com pesos diferenciados no custo do final da edificação. No entanto, fica claro que cada decisão tomada pelo arquiteto ou engenheiro em um projeto tem por finalidade solucionar um dos vários aspectos da produção do edifício. Ou seja, são decisões que, de alguma maneira, condicionam o comportamento e o desempenho de todo o edifício, tanto funcional como economicamente (MASCARÓ, 2010).

Por sua vez, Melhado (2005) define o projeto como instrumento de decisão sobre as características do produto, que interfere diretamente nos resultados econômicos dos empreendimentos. O mesmo autor afirma ainda que as decisões tomadas no projeto são as que têm maior capacidade de influenciar no custo final, oferecendo as principais alternativas para a diminuição dos custos de uma edificação, conforme é apresentado no gráfico da Figura 7.

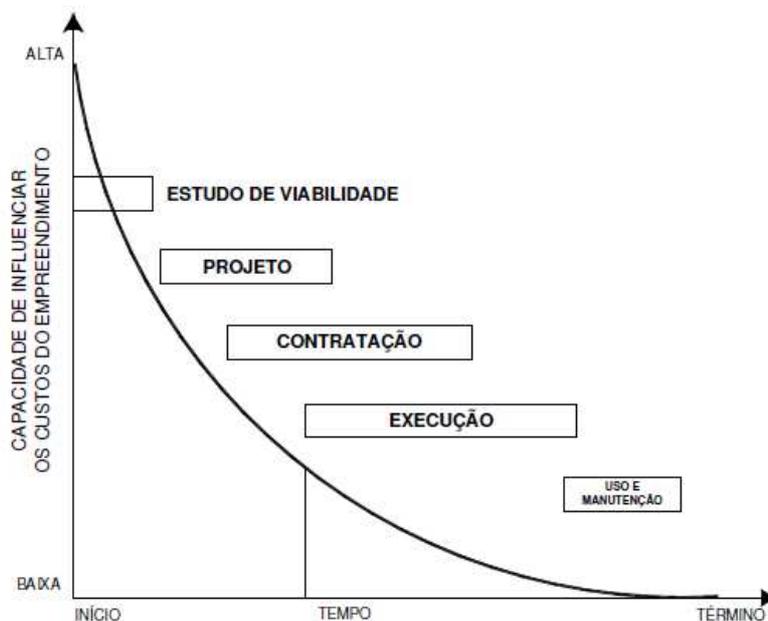


Figura 7: Potencial de influência no custo final de um empreendimento de edifício e suas fases.

Fonte: CII, 1987 apud MELHADO, 2005

Em concordância, Formoso (1991) e Rodriguez e Heineck (2001) reforçam que a indústria da construção civil é farta em desperdícios ao longo de todo o processo do empreendimento, iniciando por sua concepção. Os autores apontam que nessa fase se pode interferir com maior tenacidade, provocando a minimização de custos, tempos de produção, custos de manutenção e até mesmo reclamação dos consumidores finais. Além disso, indicam que a gestão do processo de projeto bem estruturada pode significar uma redução de até 6% do custo direto das obras (RODRIGUEZ e HEINECK, 2001).

Vanegas et al. (1998) apontam que na etapa de concepção de um empreendimento se tem maior poder de intervenção na redução do seu custo total, a um baixo custo de investimento. Conforme Kern (2005), na fase de projeto, o controle na redução dos custos ainda é elevado, mas tende a diminuir com o aumento dos investimentos. Na fase de produção, quando a maior parte dos custos ocorre, a influência na redução de custos é baixa.

O processo para a produção de uma edificação principia na fase de concepção, no detalhamento e especificação de componentes, culminando com a sua fabricação (ROSSO, 1990). Todavia, o autor observa que deve haver uma preocupação também na fase de ocupação, com o registro e interpretação do comportamento do produto e de seu desempenho, para, de posse dessas informações, aperfeiçoar sua qualidade em projetos futuros. Assim, conforme Rosso (1990), produto e processo se caracterizam por uma dependência recíproca que converge para a necessidade da integração, obtida em função da normalização e da organização.

Contudo, as incertezas nas etapas de concepção e projeto de um empreendimento, quando não se tem definidos todos os requisitos necessários para a formatação do projeto final, fazem com que os agentes que detêm o poder de decisão invistam a menor quantia possível nessas etapas iniciais, segundo Tzortzopoulos (1999). O pequeno número de dados e informações do projeto para a avaliação do custo também é apontado por Hirota (1987).

Desta maneira, indefinições, variações no escopo, interdependência e complexidade entre os diversos fatores podem ser vistos como características do ambiente da construção civil, fazendo com que um bom gerenciamento de todas as etapas possa exercer o papel de reduzir os impactos no resultado final dos empreendimentos (KOSKELA, 2000). Afirma o autor também que essas dificuldades estão condicionadas às particularidades do produto edificação, que é único, com vida útil longa e de grande porte.

Kern (2005) esclarece que podem ser obtidas reduções de custos nas etapas de concepção e projeto não somente por meio da especificação de materiais de menor custo, mas também a partir de um projeto arquitetônico que colabore para a maximização da eficácia na fase de execução: repetitividade, modulação e simplificação de detalhes e acabamentos, entre outros.

Todavia, em consequência do habitual desconhecimento da influência de cada uma destas variáveis no custo total de uma edificação, é bastante comum, ao se deparar com limitações financeiras, tentar economizar em todos os itens possíveis de uma obra. Entretanto, essas atitudes podem reduzir a qualidade do empreendimento, sendo estas muitas vezes mais significativas que a economia obtida, diminuindo-se a relação qualidade-custo (MASCARÓ, 2010). De maneira geral, a falta de embasamento teórico sobre as relações entre a configuração arquitetônica de uma edificação e seu custo final, faz com que muitos projetistas utilizem as soluções arquitetônicas mais comumente encontradas no mercado, de acordo com Siqueira (2008).

A principal meta das análises de custo durante todo o processo de planejamento é tornar economicamente viáveis as soluções arquitetônicas mais adequadas a cada situação (SIQUEIRA, 2008). Quando o custo é fator determinante no processo, como no caso dos EHIS, torna-se indispensável uma avaliação para a definição das soluções, especialmente as relacionadas aos componentes de um edifício.

Sendo assim, Siqueira (2008) destaca a importância de se conhecer a variação dos custos em função das decisões projetuais, ou seja, seu peso econômico. Assim, pode-se confirmar ou não o desempenho econômico das propostas arquitetônicas geralmente utilizadas, comparando-se a outras que são consideradas atípicas.

No Brasil, o engenheiro Teodoro Rosso introduziu o tema da avaliação dos aspectos geométricos do custo das edificações. Posteriormente, o engenheiro Juan Luis Mascaró criou bases conceituais para a temática sobre essas estimativas (PARISOTTO, 2003).

De acordo com Parisotto (2003), um empreendimento pode ser caracterizado morfológicamente por elementos construtivos e serviços presentes para sua construção, relacionando estes com as principais características geométricas da edificação. Assim, os direcionadores para estimativa de custo de empreendimentos imobiliários estão intimamente relacionados aos elementos funcionais destes últimos.

Além dos elementos funcionais, pode-se caracterizar o edifício através de relações entre as variáveis que representem a morfologia do empreendimento. Dentre os parâmetros utilizados em trabalhos desta área, um dos mais conhecidos é o Índice de Compacidade (IC). Conforme Rosso (1978), o IC foi definido na década de 70 pelo *Building Performance Research Unit* da universidade escocesa de Strathclyde, sendo pioneiro em analisar o custo das decisões arquitetônicas e características geométricas dos prédios.

O IC é definido como a relação percentual que existe entre o perímetro de um círculo de igual área do projeto e o perímetro de suas paredes exteriores (ROSSO, 1978), conforme Equação 1. De acordo com o autor, matematicamente, o índice máximo é 100, ao passo em que o do quadrado é 88,6, e dificilmente projetos se aproximam muito desse valor.

$$Ic = \frac{2\sqrt{Ap \cdot \pi}}{Pp} \times 100 \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

Ic = índice de compacidade;

Ap = superfície do projeto;

Pp = perímetro das paredes exteriores do projeto.

A partir de uma revisão feita por Mascaró (2010), o índice teve incorporado o número de arestas e perímetros curvos de fachadas, em função do maior custo de execução destes, passando à denominação atual de Índice Econômico de Compacidade (IeC), conforme Equação 2.

$$Iec = \frac{2\sqrt{Ap \cdot \pi}}{Pep} \times 100 \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

IeC = índice econômico de compacidade;

Ap = superfície do projeto;

Pep = perímetro econômico do projeto.

Por incorporar arestas e curvas, o Pep da Equação 2 é calculado separadamente, pela Equação 3, e seu resultado aplicado na equação do IeC.

$$Pep = Ppr + 1,5Ppc + \frac{nA}{2} \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

P_{pr} = perímetro das paredes exteriores retas;

P_{pc} = perímetro das paredes exteriores curvas;

n_A = número de arestas da fachada.

As relações geométricas e os custos de produção dos projetos vêm sendo estudados por diversos autores, dentre os quais Trajano (1989), Losso (1995), Assumpção (1996), Carvalho (2000) e Solano (2007). O intuito é desenvolver relações e parâmetros para definições e tomadas de decisões para auxiliarem na fase de investimento dos empreendimentos, quando se dispõem de poucas informações sobre o projeto (HEINECK, 2000).

Losso (1995) avaliou do ponto de vista geométrico vinte projetos arquitetônicos e sete orçamentos de edifícios em Curitiba/PR. O autor apresenta índices obtidos estatisticamente e os relaciona com os insumos necessários para a execução dos serviços representados por essas variáveis, incluindo a mão-de-obra. Os principais objetivos de sua pesquisa eram eliminar erros grosseiros no processo de quantificação e apresentar índices médios de consumo.

Parisotto (2003) apresentou um procedimento para a quantificação de serviços, consumo e custos de empreendimentos residenciais na fase de investimentos. O trabalho faz uma revisão dos métodos de estimativa por características geométricas e aplica as equações resultantes de outros trabalhos em um estudo de caso a partir de um edifício localizado no município de Florianópolis/SC.

Solano (2007) contribuiu com a caracterização geométrica e orçamentação de diversos empreendimentos de alto padrão em Porto Alegre/RS. A partir do custo unitário da construção indexado ao IC, a ferramenta desenvolvida pelo autor evita que o custo global da construção só seja conhecido após a finalização do orçamento, o que ocorrerá somente na conclusão dos projetos. Entretanto, a pesquisa do autor ainda não utiliza o IeC revisado, ou seja, não computa o número de arestas dos empreendimentos, item que apresenta um incremento de custos e que influencia diretamente no montante total de uma edificação.

No que tange à composição do custo por grandes grupos dos edifícios, Mascaró (2010) afirma que os planos horizontais representam aproximadamente 25% do custo total de um empreendimento, os verticais 45%, as instalações 25% e o canteiro de obras 5%. Os planos verticais, além de apresentarem inúmeras alternativas tanto para o desenho quanto para o uso de materiais, podem ser aprimorados tanto em quantidade como em qualidade. Portanto,

reduzir áreas com a justificativa simplista de minimizar custos, além de não ser uma solução essencialmente eficaz, pode prejudicar o uso do imóvel pelos usuários (GUERRA et al., 2009).

Com esse raciocínio, Mascaró (2010) analisa simultaneamente outras variantes de uma edificação, como altura, dimensões das circulações, tipos de sacada, considerando o fato de que, quanto menor a relação perímetro/área, menor será seu custo, uma vez que se reduzem os planos verticais. A forma circular, apesar do maior índice de compacidade, se torna menos econômica se comparada ao quadrado, em função do maior custo de execução de fachadas curvas.

De acordo com Mascaró (2010), o custo dos planos verticais depende basicamente:

- dos materiais, componentes e sistemas construtivos adotados na construção, que podem aumentar o custo do metro quadrado da parede;
- do tamanho médio dos ambientes, o que determina a quantidade média das paredes por metro quadrado construído;
- da forma dos compartimentos e do edifício, ou seja, do grau de compacidade, que influi decisivamente na quantidade média de paredes por metro quadrado construído.

Com base no exposto, Brandão (2006) aponta que a relação entre os planos verticais e horizontais necessita de características que tornem certos arranjos geométricos preferenciais para a composição arquitetônica, de modo a destacar as propriedades de eficiência do projeto.

A relação entre perímetro e área (IC) é apresentada pelo Manual de Projetos da Encol (1990) e por Mascaró (2010) como um dos fatores de geometria fundamentais para a tipificação dos edifícios, e determinantes, conseqüentemente, no custo das unidades habitacionais. Essa relação resulta em uma “lei de formação dos ambientes”, cujas paredes assumem o fator principal da economia e funcionalidade dos espaços construídos (MASCARÓ, 2010).

Portanto, uma vez que quase metade do custo de produção do espaço construído é originada pelos planos verticais, a economia destes será fundamental para a economia do edifício como um todo (MASCARÓ, 2010). A Tabela 3 serve como orientação para aspectos

de densidade de paredes em relação à planta, cujos índices, em projetos mais organizados e com menos recortes de fachadas, tenderão a ser menores (ENCOL, 1990).

Tabela 3 – Densidade de planos verticais interiores (paredes) em relação à planta (m²/m²)

Tipo de unidade habitacional classificada por faixa de área privativa total	Menor que (ótimo)	Valor médio	Maior que (desaconselhável)
Apartamento de 70 a 100 m ²	2,0	2,2	2,5
Apartamento de 100 a 140 m ²	1,9	2,1	2,4
Apartamento de 140 a 180 m ²	1,9	2,1	2,3
Apartamento de 180 a 240 m ²	1,8	2,0	2,2
Apartamento de 240 a 400 m ²	1,7	1,9	2,1

Fonte: ENCOL, 1990

Essa densidade é definida pela totalidade das paredes (somando-se os comprimentos das linhas de eixo das paredes multiplicado pelo pé-direito) dividida pela área da laje, obtendo-se, portanto, m²/m² dessa variável (ENCOL, 1990).

Siqueira (2008) comparou edificações de diversos partidos arquitetônicos, analisando itens que interferem diretamente nos custos desses empreendimentos, como circulações, paredes e perímetros de fachadas. Dentre os resultados obtidos, está o incremento de custos da edificação em forma de H por metro quadrado, se comparado aos demais projetos.

Por último, Trajano (1989) faz uma crítica à correlação entre os custos globais de construção e os custos dos serviços face à área de piso para todos os serviços da edificação, sugerindo a obtenção de custos unitários às diversas fases de decisão dos empreendimentos imobiliários. Em outras palavras, Rosso (1990) aponta que critérios geométricos, IeC, área de circulação, entre outros, devem ser considerados durante o todo processo de projeto. Entretanto, essa relação ainda é pouco utilizada por empresas construtoras, apesar desses indicadores e características geométricas fornecerem dados mais concretos em relação aos custos das definições projetuais do que estimativas por área.

3.3 IMPACTOS EM QUESITOS DE HABITABILIDADE

Paralelamente ao fato de muitas pessoas nos países em desenvolvimento precisarem de uma moradia decente, Abdullah (1995) destaca que há uma grande fatia da população que já tem um local para habitar, mas que sofre com problemas causados pela baixa qualidade dessas habitações. Assim, a solução para a habitação deve englobar profissionais e políticos na busca pela qualificação e padronização das atitudes, além de

soluções em termos de EHIS que favoreçam o aprimoramento do padrão de vida dessas pessoas (ABDULLAH, 1995).

Abdullah (1995) equivale os anseios e buscas do indivíduo em uma moradia com a clássica hierarquia das necessidades do homem, conforme Figura 8.

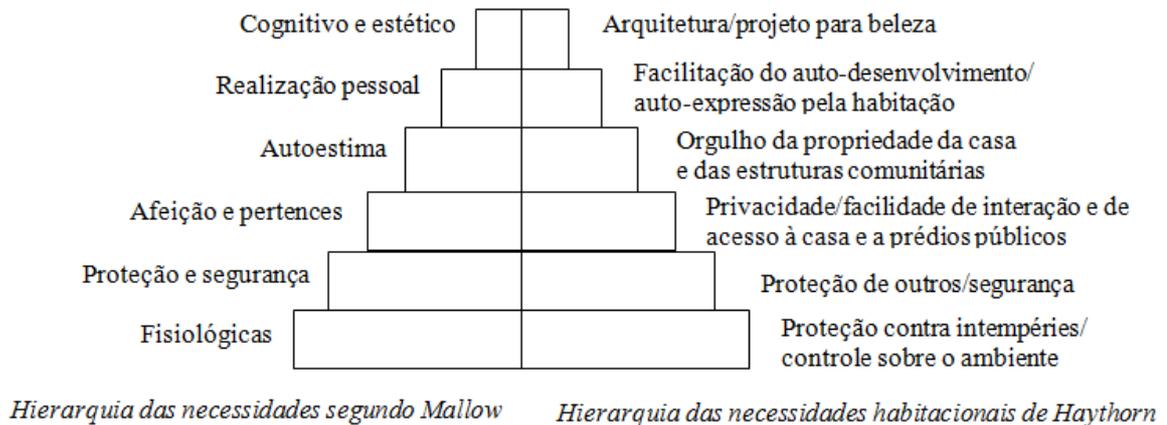


Figura 8: Hierarquia das necessidades de Mallow e das necessidades habitacionais de Haythorn.

Fonte: Adaptado de HAYTHORN, 1970, apud ABDULLAH, 1995

Para que se obtenham projetos de EHIS com bons níveis de habitabilidade, é preciso que a linguagem arquitetônica expresse esses preceitos, com a incorporação de elementos que permitam aperfeiçoar as soluções à idéia e ao método de projeto (AFONSO et al., 2011). Desta maneira, pretende-se atingir um desempenho técnico que assegure a satisfação dos moradores.

Conforme Asiaín (2010), as condições bioclimáticas do morar são uma necessidade do espaço, onde os aspectos fisiológicos, psicológicos, culturais e estéticos se confundem, devendo ser harmonizadas de forma tão simples como é o morar em um espaço construído. Em outras palavras, o autor aponta a qualidade da habitação como aspecto inerente para o bem estar e para a valorização do usuário na sociedade.

Portanto, estabelecer quesitos de habitabilidade é uma atividade um tanto complexa, especialmente com as definições de desempenho das edificações. A forma de estabelecimento do desempenho é pensada por meio da definição de requisitos (qualitativos), critérios (quantitativos ou premissas) e métodos de avaliação. Esse processo visa orientar e avaliar a eficiência técnica e econômica das inovações tecnológicas e, conseqüentemente, o atendimento às exigências dos usuários, de forma indireta (ABNT, 2010).

O conceito de habitabilidade pode ser assim definido:

Entende-se por padrão de habitabilidade a adoção de tipologias em correspondência aos requisitos mínimos que garantam o morar com desfrute de saúde e bem-estar e propiciem a dignidade humana. Nesse sentido, promove o pleno exercício do ato de morar, ampliando e melhorando, respectivamente, a qualidade do espaço e da vida. Padrões que propiciem o convívio harmônico através da reflexão e do aprimoramento do lugar/objeto/habitação (COHEN, 2004).

Em consonância, a NBR 15575-1 (ABNT, 2010) aponta que, aliados a aspectos de segurança e sustentabilidade, alguns quesitos aprimoram a habitabilidade e fazem com que estejam satisfeitas as exigências dos usuários. Assim, de acordo com a mesma Norma, os requisitos de habitabilidade são expressos pelos seguintes fatores:

- estanqueidade;
- desempenho térmico e lumínico;
- desempenho acústico;
- saúde, higiene e qualidade do ar;
- funcionalidade e acessibilidade;
- conforto tátil e antropodinâmico.

Para cada uma destas exigências, faz-se necessária a medição de níveis de desempenho e metodologias de avaliação específicas, uma vez que são aspectos complexos e com forte influência na vida dos moradores. Comparando-se com a questão do conforto ambiental (lumínico, térmico, acústico e tátil), somados à salubridade do seu entorno, estas seriam as mesmas questões envolvidas no desfrute, usufruição e construção do espaço arquitetônico (BONDUKI, 2002).

3.3.1 Desempenho térmico e lumínico

É importante ressaltar que, dentre os diversos quesitos de habitabilidade, aqueles que apresentam maiores possibilidades de serem trabalhados são os relacionados ao conforto térmico e lumínico. Levando em consideração que essas exigências variam conforme as rotinas de uso, a organização dos ambientes pode ser trabalhada conforme a orientação solar e a espessura de fachadas (BRASIL, 2005b).

De acordo com o Ministério de Minas e Energia (MME), os setores residencial e industrial são os que mais consomem energia e possuem mais da metade do potencial de aprimorar a eficiência energética no Brasil, somando 60% do consumo total. Dentre eles, o

setor residencial apresenta maior potencial de melhoria de eficiência energética, tendo em vista que, de toda energia elétrica consumida no país, estima-se que 48% tenha origem no atendimento ao conforto térmico interno dos edifícios (BRASIL, 2005b; BRASIL, 2011).

Segundo dados do Procel (2010), a capacidade de redução do consumo de energia é de cerca de 30% em edificações já construídas. Entretanto, pode chegar a 50% caso haja um melhor aproveitamento dos recursos de iluminação e ventilação naturais, energia solar, além da escolha de materiais e sistemas construtivos adequados à região bioclimática onde a edificação será construída, desde a fase do projeto (BRASIL, 2005b).

No que tange ao conforto térmico, a edificação habitacional deve reunir características que atendam às exigências de conforto térmico dos usuários, considerando-se a região de implantação da obra e as respectivas características bioclimáticas definidas pela NBR 15220-3 (ABNT, 2005) e levando em conta que o desempenho térmico do edifício depende do comportamento interativo entre fachada, cobertura e piso.

Dentre as exigências de desempenho feitas pela Norma, a edificação deve apresentar condições térmicas no interior do edifício habitacional melhores ou iguais às do ambiente externo, à sombra, para o dia típico de verão. No inverno, deve apresentar condições melhores no interior da edificação do que as do ambiente externo (ABNT, 2010).

Conforme estudos realizados por Tuhus-Dubrow e Krarti (2010) nos Estados Unidos, o tipo arquitetônico influencia na otimização das condições de conforto térmico de uma edificação. A análise foi feita com diferentes tipos arquitetônicos, com formas de plantas – retangular, L, T, cruz, U, H e trapezoidal – de forma holística, incluindo materiais de vedação, cobertura, tipo e dimensões das esquadrias. De acordo com os autores, as formas retangular e trapezoidal apresentaram a melhor desempenho em termos de otimização energética, proporcionando o menor custo do ciclo de vida.

Além disso, o tipo arquitetônico com forma de planta retangular apresentou menor consumo anual de energia elétrica e de gás com fins de conforto térmico (TUHUS-DUBROW e KRARTI, 2010). Independente das condições climáticas das simulações, esse tipo arquitetônico tem a vantagem de permitir a insolação mais adequada para todos os ambientes de permanência prolongada, quando assim a implantação viabilizar. Portanto, fatores relacionados à orientação, forma e proporção geométrica afetam o consumo de anual energia e, conseqüentemente, do custo de operação da edificação, mesmo que a área de piso permaneça a mesma.

Conforme Lamberts et al. (1997), a eficiência energética de uma edificação é a obtenção de um serviço com baixo dispêndio de energia. Dessa maneira, verifica-se que a qualidade de vida dentro do espaço habitacional é consequência do cumprimento de normas de conforto ambiental que promovam ventilação, iluminação e condições acústicas adequadas. Torna-se, assim, o imóvel um espaço que responde à qualidade e função de habitação saudável, sendo atendido o conceito de habitabilidade da moradia (BONDUKI, 2002).

3.3.2 Funcionalidade e flexibilidade de planta

Para atender aos anseios dos seus usuários, a moradia deve oferecer, além de condições de habitabilidade, características de funcionalidade. A complementação é dada pelo entendimento de que a unidade habitacional deve ser adaptável e flexível, possibilitando modificações e adaptações de acordo com as alterações das necessidades dos moradores, preferencialmente durante a vida útil do imóvel (PEDRO, 2000 apud AFONSO et al., 2011).

A funcionalidade é um dos quesitos que qualifica um projeto, pois permite facilidade e eficiência no desenvolvimento das funções e atividades da moradia, sendo oferecida pelas características ambientais e de seus equipamentos (PEDRO, 2000 apud AFONSO et al., 2011).

Neste sentido, a NBR 15575-1 (ABNT, 2010) elenca móveis e equipamentos padrões (Tabela 4) e suas dimensões mínimas (Tabela 5), visando compatibilizar os ambientes com as necessidades humanas.

Tabela 4 – Móveis e equipamentos padrão.

Atividades essenciais / Cômodo	Móveis e equipamentos padrão
Dormir / Dormitório Casal	Cama de casal + guarda roupa + criado mudo (mínimo 1)
Dormir / Dormitório para duas pessoas (2º dormitório)	Cama de solteiro (duas) + guarda roupa + criado mudo ou mesa de estudo
Dormir / Dorm para uma pessoa (3º dorm)	Cama de solteiro + guarda roupa + criado mudo
Estar	Sofá de dois ou três lugares + estante + poltrona
Cozinhar	Fogão + geladeira + pia de cozinha + armário sobre a pia + gabinete + apoio para refeição (2 pessoas)
Alimentar / tomar refeições	Mesa + quatro cadeiras
Fazer higiene pessoal	Lavatório + chuveiro (box) + vaso sanitário Obs.: no caso de lavabos, não é necessário o chuveiro
Lavar, secar e passar roupas	Tanque (externo para unidades habitacionais térreas) + máquina de lavar roupa
Estudar, ler, escrever, costurar, reparar e guardar objetos diversos	Escrivaninha ou mesa + cadeira

Fonte: Adaptado de NBR 15575-1 (ABNT, 2010).

Tabela 5 – Dimensões mínimas de mobiliário e circulação.

Ambiente	Mobiliário		Circulação (m)	Observações
	Móvel ou Equipamento	Dimensões L x P (m)		
Sala de Estar	Sofá de 3 lugares com braço	1,70 0,70	Prever espaço de 0,50m na frente do assento, para sentar, levantar e circular.	Largura mínima da sala de estar deve ser 2,40m. Número mínimo de assentos determinado pela quantidade de habitantes da unidade, considerando o número de leitos.
	Sofá de 2 lugares com braço	1,20 0,70		
	Poltrona com braço	0,80 0,70		
	Sofá de 3 lugares sem braço	1,50 0,70		
	Sofá de 2 lugares sem braço	1,00 0,70		
	Poltrona sem braço	0,50 0,70		
	Estante / Armário para TV	0,80 0,50	0,50 m	Espaço para o móvel obrigatório
	Mesinha de centro ou cadeira	- -	-	Espaço p o móvel opcional
Sala estar/jantar	Mesa redonda para 4 lugares	D=0,95		Largura mínima da sala de estar/jantar e da sala de jantar (isolada) deve ser 2,40m. Mínimo 1 mesa para 4 pessoas. Admite-se layout com o lado menor da mesa encostado na parede, desde que haja espaço para seu afastamento, quando da utilização.
	Mesa redonda para 6 lugares	D=1,20		
Sala de jantar/copa	Mesa quadrada para 4 lugares	1,00	1,00	
	Mesa quadrada para 6 lugares	1,20	1,20	
Copa/cozinha	Mesa retangular para 4 lugares	1,20	0,80	
	Mesa retangular para 6 lugares	1,50	0,80	
Cozinha	Pia	1,20	0,50	Circulação mínima 0,85m frontal a pia, fogão e geladeira.
	Fogão	0,55	0,60	
	Geladeira	0,70	0,70	
	Armário sob a pia e gabinete	-	-	
	Apoio para refeição (2 pessoas)	-	-	
Dormitório casal (principal)	Cama de casal	1,40	1,90	Circulação mínima entre o mobiliário e/ou paredes de 0,50m.
	Criado mudo	0,50	0,50	
	Guarda roupa	1,60	0,50	

Fonte: Adaptado de NBR 15575-1 (ABNT, 2010).

Também, Brandão (2011) destaca a importância de se considerar a flexibilidade dos espaços na habitação de interesse social, de forma a possibilitar a adaptação facilitada e adequada da moradia ao longo de sua vida útil. Dessa maneira, Rosso (1990) considera uma habitação evolutiva quando, dado o modo como foram concebidos os seus espaços, permite-se alterar os usos dentro dela, de forma a distribuir as funções diferentemente.

Brandão (2011) destaca a importância da flexibilidade nos EHIS, uma vez que os moradores buscam imprimir à sua residência, dentro do que é possível, características individuais tanto internamente como externamente. Além disso, é um mecanismo que busca compensar a lacuna na ligação entre o projetista e o ocupante desconhecido, possibilitando a diversidade dos modos de vida.

Dessa maneira, as residências deveriam, conforme Friedman (1997) apud Brandão (2011), ser adaptáveis ao mercado de usuários não-conhecidos:

- antes da ocupação, o construtor deve alterar a moradia às necessidades de diferentes tipos de família;
- no estágio de pós-ocupação, a residência também deve responder às necessidades de alterações espaciais, sendo adaptável às necessidades dos primeiros e dos proprietários futuros.

No entanto, Brandão (2011) aponta a repetição e compartimentação excessiva dos empreendimentos habitacionais no país como fator limitador para a evolução das habitações. Nesse caso, como estratégias de projeto, devem ser levadas em consideração a flexibilidade de execução, permitindo a execução em etapas, e a flexibilidade de uso, de forma a facilitar a adequação dos ambientes às necessidades dos usuários.

Finalmente, de modo geral, na construção de EHIS, além de avanços na área tecnológica, também são necessários avanços na esfera social. Desse modo, sobre as soluções poderão convergir ambas as visões sobre o problema do morar: de forma global e priorizando o cliente final, morador e usuário de cada empreendimento (DEL RÍO-CIDONCHA et al., 2007).

4 MÉTODO DE PESQUISA

A pesquisa é um procedimento racional e sistemático cujo objetivo é proporcionar respostas aos problemas que são propostos, ou ainda construir um conhecimento que preenche uma lacuna em uma determinada área do conhecimento (GIL, 2002). Assim, a pesquisa tem importância fundamental, especialmente na obtenção de soluções ou alternativas para problemas sociais e coletivos (MARCONI e LAKATOS, 2006).

Este capítulo descreve o método de pesquisa que foi adotado no presente trabalho. Inicialmente é apresentada a estratégia da pesquisa utilizada na condução dos estudos. Em seguida, é descrito o delineamento do trabalho em duas etapas, que correspondem à (i) exploração do tipo arquitetônico e (ii) análise dos impactos nos vieses ambiental, econômico e de quesitos de habitabilidade. Por último, são descritos os objetos de pesquisa, ou seja, o empreendimento do estudo de caso e também o município em que o mesmo está inserido.

4.1 ESTRATÉGIA DA PESQUISA

Segundo Easterby-Smith et al. (1991), o método para o desenvolvimento do estudo deve ser delineado a partir da questão fundamental da pesquisa. O seu desenvolvimento ocorre a partir da utilização do conjunto de conhecimento disponível e do emprego de métodos, técnicas e outros procedimentos científicos, desde a adequada formulação do problema até a satisfatória apresentação dos resultados (GIL, 2002).

A definição da estratégia de pesquisa pode ser influenciada por diferentes aspectos, dentre os quais podem ser citados a identificação do pesquisador com o método, as características do contexto e do problema de pesquisa e também sua motivação pessoal para o desenvolvimento do trabalho (EASTERBY-SMITH et al., 1991; HIROTA, 2001).

De acordo com Yin (2005), a primeira e mais importante condição para se diferenciar e optar entre as diversas estratégias de pesquisa é a identificação do tipo de questão a que o trabalho busca responder. Para desenvolver e atingir o objetivo geral e os objetivos específicos desta pesquisa serão realizadas análises comparativas entre simulações a partir de um estudo de caso.

Em geral, os estudos de caso representam a estratégia preferida quando se colocam questões do tipo “como” e “por que” e quando o foco se encontra em fenômenos contemporâneos inseridos em algum contexto da vida real (YIN, 2005). Ainda conforme o autor, utiliza-se o estudo de caso em muitas situações, para contribuir com o conhecimento que temos dos fenômenos individuais, organizacionais, sociais, políticos e de grupo, além de outras correlações.

Segundo Gil (2000), a estratégia do estudo de caso pode ter diferentes objetivos: explorar situações reais cujos limites não estão claramente delimitados, preservar o caráter unitário do objeto estudado, descrever a situação do contexto em que está sendo feita determinada investigação, desenvolver teorias e hipóteses para explicar as variáveis causais de determinado fenômeno em situações que não possibilitam a utilização de experimentos. Schramm (1971) destaca que a essência e a principal tendência de um estudo de caso é que ele tenta esclarecer uma decisão ou um conjunto de decisões: o motivo pelo qual foram tomadas, como foram implementadas e com quais resultados.

Os estudos realizados na pesquisa são chamados de empíricos, uma vez que foram conduzidos a partir de dados reais e envolveram diversas variáveis (FLYNN, 1990). A partir destas, foi feito o planejamento, a coleta de dados e suas respectivas abordagens, e, em seguida, as simulações e análises das informações e resultados alcançados.

No caso desta dissertação, as análises comparativas entre projetos simulados e o projeto do estudo de caso reforçam a eleição desse método, uma vez que a investigação entre os casos arquetípicos visa à compreensão, através das variáveis ponderadas, da interrelação entre o IeC e os impactos dos edifícios.

4.2 DELINEAMENTO DA PESQUISA

O desenvolvimento do estudo teve início em março de 2011 e término em dezembro de 2012. Na primeira etapa, foi feita a exploração do tipo arquitetônico através de simulações, a partir de um projeto de EHIS fornecido por uma empresa construtora (Projeto-base), compreendendo a contextualização e exploração do tema. Na segunda etapa, procedeu-se a análise dos impactos dessas simulações nos vieses ambiental, de custos e de aspectos de habitabilidade. Nesse ciclo, o objetivo era avaliar as diferenças e alterações nos impactos entre o Projeto-base e os projetos simulados (Projetos-propostos), nos três quesitos que formam o tripé da sustentabilidade.

A Figura 9 apresenta o delineamento da pesquisa, mostrando, em cada etapa, os pressupostos, as questões contextuais de pesquisa, os objetivos específicos, as fontes de evidências e os resultados parciais, culminando com o resultado final do trabalho.

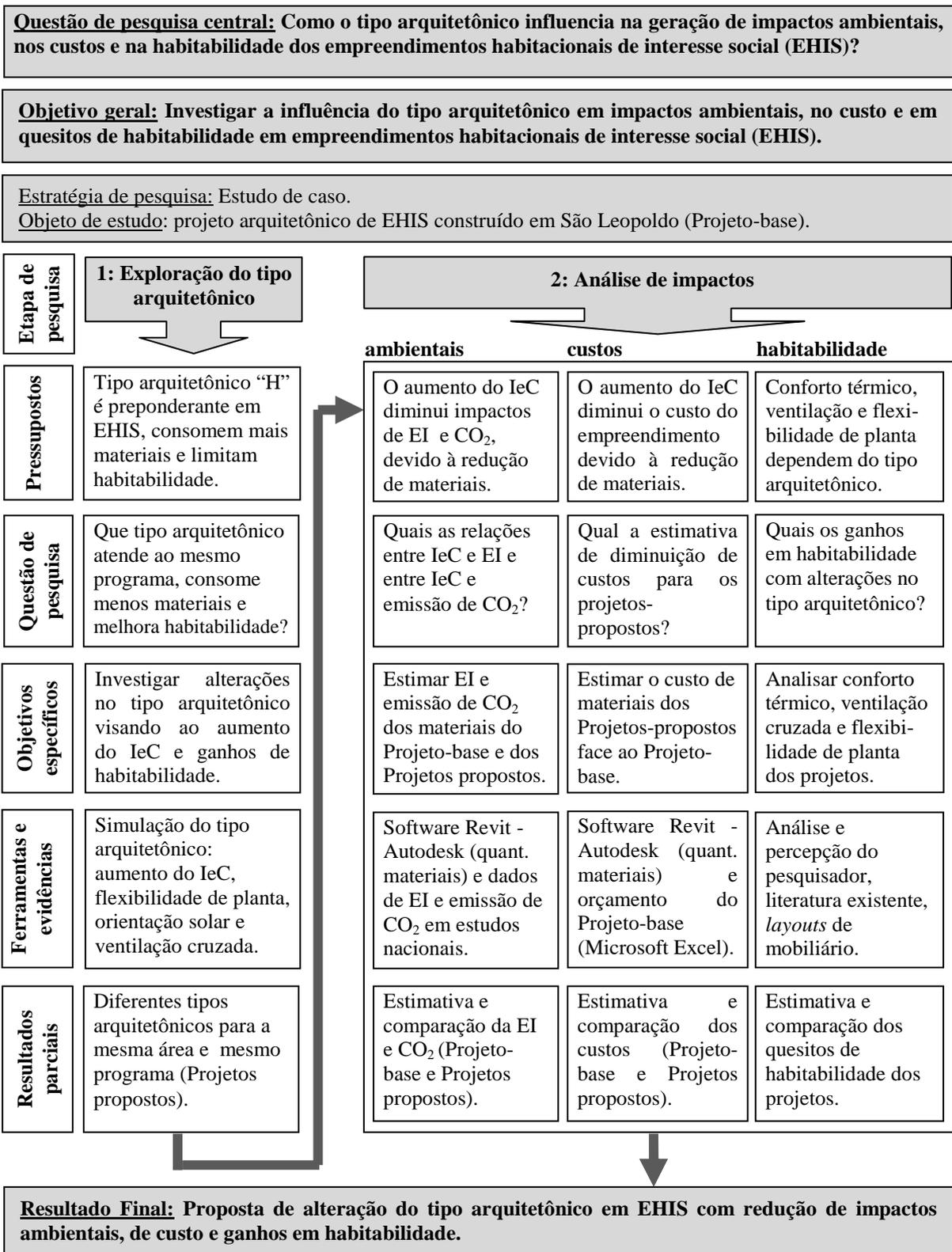


Figura 9: Delineamento da pesquisa.

4.2.1 Etapa 1: Exploração do tipo arquitetônico

O ciclo inicial da pesquisa parte do pressuposto de que o tipo arquitetônico em forma H é bastante recorrente em EHIS, e que essa forma de planta consome mais materiais em função do baixo IeC. Além disso, limita quesitos de habitabilidade, em função da priorização de algumas unidades com a melhor insolação e impossibilidade de ventilação cruzadas nas unidades habitacionais.

A partir desses pressupostos foram definidos a questão de pesquisa a ser investigada e o objetivo específico a ser atingido nesta etapa. Como questão de pesquisa tem-se “Que outros tipos arquitetônicos atendem ao mesmo programa atendido pelo tipo preponderante, e ao mesmo tempo consomem menos materiais e melhoram quesitos de habitabilidade?”. Por objetivo específico, esta etapa apresenta “Investigar alterações no tipo arquitetônico visando ao aumento do IeC e ganhos de habitabilidade”.

Para atender a esse objetivo, foi feito um levantamento dos projetos de EHIS aprovados junto à Prefeitura Municipal de São Leopoldo/RS, para a verificação do tipo arquitetônico mais frequentemente utilizado. Em seguida, obteve-se junto a uma empresa construtora da cidade, o projeto arquitetônico completo de um EHIS (Projeto-base), que contemplava as características de tipo arquitetônico dos empreendimentos mais comumente aprovados – a forma de planta em H. Junto a esse projeto, foi fornecido pela empresa o orçamento completo do mesmo, aprovado pela CAIXA, e atualizado com valores de Janeiro de 2012.

Após, foram realizadas simulações do tipo arquitetônico, visando ao aumento do IeC do edifício. Nos apartamentos, buscou-se flexibilidade de planta, melhor orientação solar (quando viável na implantação) e ventilação cruzada. Baseado no IC, o tipo arquitetônico que se buscou atingir foi a retangular, com a menor relação comprimento/largura possível. Para fins de comparação, foram mantidas as mesmas áreas de pavimento tipo do Projeto-base e a mesma área privativa das unidades habitacionais.

Como resultados parciais deste ciclo inicial, obtiveram-se dois diferentes tipos arquitetônicos para a mesma área de pavimento tipo e de unidade habitacional, atendendo ao mesmo programa de necessidades, sendo denominados de Projetos-propostos A e B.

4.2.2 Etapa 2: Análise de impactos

O ciclo final da pesquisa buscou estimar e analisar os impactos causados pelas alterações do tipo arquitetônico do EHIS, a partir do tripé da sustentabilidade. Para nortear a realização desta etapa, foram feitos os seguintes procedimentos:

4.2.2.1 Impactos ambientais

Utilizou-se como pressuposto desta etapa a lógica de que o aumento do IeC diminui impactos de EI e emissões CO₂, devido à redução no consumo de materiais de construção, em função do menor número de arestas e perímetro. Conseqüentemente, pode-se supor uma minimização na geração de resíduos, uma vez que estará se utilizando menor quantidade de insumos.

Dessa forma, a análise dos impactos ambientais deste trabalho partiu da seguinte questão de pesquisa: “Quais as relações entre IeC e EI dos materiais e entre IeC e emissões de CO₂?”.

Assim, foi definido como objetivo específico desta sub-etapa: “Estimar EI e emissão de CO₂ dos materiais de construção do Projeto-base e dos Projetos-propostos”.

Para atender a esse objetivo, utilizou-se o *software* Revit – Autodesk com a tecnologia *BIM (Building Information Modelling)*, para a quantificação dos materiais, tanto do Projeto-base como dos dois Projetos-propostos. A partir da quantificação dos materiais, estimou-se os valores de EI e emissão de CO₂ dos materiais de construção com base nas pesquisas de Tavares (2006) e Lobo et al. (2010). Os valores de EI em MJ/kg e por volume de material estão no Anexo A deste trabalho.

O cálculo estimativo contemplou as etapas de (a) prospecção, fabricação e transporte de insumos; (b) fabricação de materiais de construção e (c) transporte dos materiais de construção, todos pertencentes à fase pré-operacional das edificações. Assim, de modo a se obter a EI e emissões de CO₂ totais em cada um dos projetos nas etapas citadas, foram utilizados os materiais especificados no orçamento do Projeto-base, cuja composição por partes do edifício foi fornecida pela empresa construtora, conforme Tabela 6.

As etapas de operação, manutenção e desconstrução não foram contabilizadas neste trabalho, por não ser o foco deste estudo e por não estarem implantadas na região políticas públicas para a reciclagem ou destino final adequado de resíduos após a demolição.

Tabela 6 – Composições por partes do edifício.

Composição	Descrição
1	Serviços preliminares
1.1	Locação da obra
1.2	Tapume de tábuas com portão
1.3	Abrigo provisório
2	Estrutura
2.1	Infraestrutura
2.2	Supraestrutura
2.3	Escada
3	Alvenarias
3.1	Painéis e paredes
3.2	Revestimento de paredes
4	Esquadrias
4.1	Esquadrias de madeira
4.2	Esquadrias metálicas com vidros
5	Cobertura e proteções
5.1	Telhado
5.2	Proteções
5.3	Forros
6	Pisos
7	Instalações
7.1	Instalações hidrossanitárias
7.2	Instalações elétricas
8	Pintura
8.1	Pintura forros e paredes internas
8.2	Pintura paredes externas
8.3	Pintura em esquadrias madeira
9	Serviços complementares

Como o intuito desta pesquisa não é obter o total geral de EI consumido em cada projeto, mas sim comparar os impactos ambientais causados por cada uma das alternativas, utilizou-se os mesmos valores para algumas composições nos três sistemas. Dentre eles, consideraram-se similares os serviços preliminares, as esquadrias, escada, instalações elétricas e hidrossanitárias. No entanto, optou-se pela estimativa desses valores e replicação dos mesmos nos três projetos, ao invés de excluí-los do cálculo. Dessa maneira, pôde-se obter um valor total de EI para cada um dos tipos arquitetônicos estudados.

Para materiais que utilizam medida usual em massa, optou-se pelo cálculo em quilograma (kg). Os demais, que não se enquadravam nesta situação, foram convertidos em massa por meio de suas densidades, conforme tabela no Anexo A.

A energia para o transporte dos materiais até o canteiro de obras foi estimada separadamente para cada item, a partir da relação entre uma carga completa de cada material (em toneladas, obtida a partir de informações fornecidas por cada fabricante), o consumo médio de combustível (1 l de óleo diesel a cada 3 km) e a distância onde cada material foi produzido em relação ao canteiro de obras (estimada através do aplicativo Google Earth). Considerando-se o poder calorífico deste combustível de 35 GJ/m³ (BRASIL, 2010a), obteve-

Projeto-base (Tipo H - IeC=49,3)									
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)
<i>I</i>	<i>Parte da Edificação</i>	<i>Qtd</i>	<i>Und</i>	<i>Dens.</i>	<i>Total kg</i>	<i>EI</i> (MJ/kg)	<i>Total</i> MJ	<i>Relação</i> MJ/t/km	<i>EI</i> <i>Transp.</i>
1.1 Composição									

Material A

Material B

Material C

etc

se para cada material uma relação de MJ/t/km. Os locais de produção de cada material, as capacidades de carga para transporte e os índices obtidos em MJ/t/km encontram-se no Apêndice A desta pesquisa.

A partir desses dados, formatou-se uma planilha estimativa, conforme Figura 10. A tabela completa, com os cálculos estimativos, está no Apêndice B deste trabalho.

Figura 10: Modelo esquemático da planilha estimativa de EI.

A Tabela 7 descreve as planilhas de estimativa de EI utilizada no Projeto-base e nos Projetos-propostos.

Tabela 7 – Descrição da Planilha de EI.

Coluna da planilha	Descrição
Coluna A	Discriminação das partes da edificação e materiais utilizados.
Coluna B	Quantidade do material (levantado a partir do <i>software</i> Revit).
Coluna C	Unidade do material em cada parte da edificação. Caso já esteja em kg, transferido diretamente para a coluna E.
Coluna D	Densidade do material (apenas se for necessário converter o valor da coluna B). Densidades de cada material conforme Anexo A.
Coluna E	Total em kg dos materiais utilizados em cada etapa.
Coluna F	Fator de energia incorporada por kg de material, conforme Anexo A.
Coluna G	Total de energia incorporada em MJ no material de construção (resultado da multiplicação entre coluna E e coluna F).
Coluna H	Fator do transporte dos materiais até o canteiro de obras, conforme Apêndice A.
Coluna I	Total da energia incorporada no transporte de cada material até a obra (resultado da multiplicação entre coluna G e coluna H).

Fonte: Adaptado de Tavares (2006).

Uma vez obtida a quantificação de materiais nas edificações e consequente EI, foi feita a desagregação dos valores de consumo de energia em fontes primárias, conforme Anexo B. Nele, estão a relação percentual de consumo de fontes específicas de energia (% MJ) em materiais de construção produzidos no país.

Essa discriminação dos insumos energéticos em fontes específicas e destas para a geração de CO₂ correspondentes são pontos importantes para a análise dos impactos ambientais das edificações. A quantidade de CO₂ liberada por fonte para geração de energia é apresentada no Anexo C.

Somado a isso, os processos de fabricação de determinados materiais de construção geram significativas quantidades de CO₂ independente do uso de energia. Segundo o Inventário Nacional de Emissões de Gases de Efeito Estufa editado pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (BRASIL, 2010a), os mais relevantes têm seus fatores de geração de CO₂, por tonelada de produto, discriminados no Anexo D.

Por fim, a partir das tabelas apresentadas nos Anexos C e D, adaptou-se, com base na pesquisa de Tavares (2006), uma planilha para o cálculo de CO₂ embutido a partir das fontes primárias. A primeira parte contém o cálculo de CO₂ por material e a segunda determina o CO₂ proveniente de reações químicas do processo da fabricação dos materiais de construção, culminando com o somatório dos itens anteriores e determinação dos índices de

Projeto-base (Tipo H - IeC=49,3)					
(A)	(B)	(C)	(D) a (N)	(O)	(P)
Materiais	Área/ Quant.	Fonte	Fontes de energia	Total Kg CO₂	Total %
Aço e ferro	%				

emissão por metro quadrado de edificação. Os dados de quantidade de EI em MJ por materiais de construção, foram obtidos a partir dos resultados da planilha estimativa de EI de cada projeto.

A Figura 11 demonstra, esquematicamente, o modelo de tabela utilizado para a estimativa de CO₂ dos projetos analisados. A planilha completa, com os cálculos estimativos, está no Apêndice C deste trabalho.

Quant. (MJ)	CO ₂ (Kg/GJ)		
CO ₂ (Kg)			

Figura

ra 11: Modelo esquemático da planilha estimativa de CO₂.

A Tabela 8 descreve as planilhas de estimativa de CO₂ utilizada no Projeto-base e nos Projetos-propostos.

Tabela 8 – Descrição da Planilha de emissões de CO₂.

Coluna da planilha	Descrição
Coluna A	Especificação do material utilizado.
Coluna B	Área construída do projeto / Quantificações energéticas em %, MJ e o resultado parcial em Kg de CO ₂ .
Coluna C	Fonte CO ₂ (kg/GJ): valor resultante do somatório de EI de cada material, a partir da planilha estimativa de EI dos projetos.
Colunas D a N	Geração de CO ₂ por fontes de energia (conforme Anexo C).
Coluna M	Total de kg CO ₂ emitido por cada material.
Coluna O	Total percentual de CO ₂ emitido por cada material.

Fonte: Adaptado de Tavares (2006).

Como resultados parciais desta sub-etapa, obteve-se a estimativa de EI e emissões de CO₂ para o Projeto-base e os Projetos-propostos, podendo-se realizar a comparação entre eles, analisar os impactos ambientais de cada tipo arquitetônico e relacioná-los com o IeC.

4.2.2.2 Impactos no custo

A investigação dos impactos no custo dos projetos partiu do pressuposto de que o aumento do IeC pode minimizar o custo do empreendimento, devido à redução no consumo de materiais de construção, em função do menor número de arestas e perímetro de fachada.

A partir dessa hipótese, a análise dos impactos nos custos de produção dos EHIS teve como questão de pesquisa: “Qual a estimativa de diminuição de custos para os Projetos-propostos?”.

Para a efetivação desta etapa, foi estabelecido o seguinte objetivo específico: “Estimar o custo de materiais dos Projetos-propostos face ao Projeto-base”.

Para tanto, utilizou-se o *software* Revit – Autodesk com a tecnologia *BIM* (*Building Information Modeling*), para a quantificação dos materiais, tanto do Projeto-base como dos dois Projetos-propostos. A partir dessas quantificações, os itens foram divididos em composições por partes do edifício, conforme orçamento fornecido pela empresa construtora e apresentado na Tabela 6, e planilhados com auxílio do *software* Microsoft Excel. O orçamento fornecido apresenta valores de Janeiro/2012. Os resultados são apresentados em

Projeto-base (Tipo H - IeC=49,3)							
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)
<i>I</i>	<i>Parte da Edificação</i>	<i>Und</i>	<i>Qtd</i>	<i>Custo unitário</i>	<i>Custo total</i>	<i>% Item</i>	<i>% Total</i>
1.1 Composição							
	Material A						
	Material B						
	Material C						
	etc						

tabela conforme esquematizado na Figura 12. Os montantes totais encontram-se no Apêndice D da pesquisa.

Figura 12: Modelo esquemático da planilha estimativa de custos.

A Tabela 9 descreve as planilhas estimativas de custos de produção, utilizadas no Projeto-base e nos Projetos-propostos.

Tabela 9 – Descrição da Planilha de custos dos projetos.

Coluna da planilha	Descrição
Coluna A	Discriminação das partes da edificação e materiais utilizados.
Coluna B	Unidade do material para fins de orçamentação.
Coluna C	Quantidade do material (levantado a partir do <i>software</i> Revit).
Coluna D	Custo unitário do item (em R\$).
Coluna E	Custo total do item (em R\$), resultante da multiplicação entre coluna C e coluna D.
Coluna F	Relação percentual de custo do item em relação ao montante total.
Coluna G	Relação percentual de custo da composição do edifício em relação ao montante total.

Fonte: Adaptado do orçamento fornecido pela empresa construtora.

Como o objetivo desta etapa é investigar a diferença de custo entre os projetos, utilizou-se para os Projetos-propostos os mesmos materiais, especificações e lotes básicos de material e mão-de-obra do Projeto-base, os quais foram fornecidos pela empresa construtora. Não constam no orçamento fornecido os valores e quantitativos de fundações especiais – no entanto, as vigas de fundação estão incluídas no cômputo.

Como o intuito desta investigação é comparar os impactos no custo causados por cada uma das alternativas, utilizarm-se os mesmos valores para algumas composições nos três sistemas. Dentre eles, consideraram-se similares os serviços preliminares, as esquadrias, escada, instalações elétricas e hidrossanitárias. No entanto, optou-se pela estimativa desses

valores e replicação dos mesmos nos três projetos, ao invés de excluí-los do cômputo. Dessa maneira, pôde-se obter um valor orçamentário geral para cada um dos tipos arquitetônicos estudados.

O orçamento fornecido apresentava os valores globais do empreendimento projetado pela empresa construtora (que consistia em quinze torres iguais, totalizando 300 apartamentos) e os valores por torre, com 20 unidades cada. No caso desta pesquisa, foram utilizados os valores referentes a um único prédio, uma vez que analisar todo o empreendimento não é objetivo deste estudo.

Os resultados parciais desta sub-etapa foram a estimativa dos custos de construção dos projetos-propostos e comparação destes com o Projeto-base (fornecido pela empresa construtora), viabilizando uma análise financeira dos projetos e possibilidade de relação com o IeC.

4.2.2.3 *Impactos em quesitos de habitabilidade*

Os estudos visando à qualificação das unidades habitacionais partiram do pressuposto que conforto térmico, ventilação cruzada, funcionalidade e flexibilidade de planta dependem do tipo arquitetônico, uma vez que o tipo H limita esses quesitos em função de suas características geométricas.

A análise dos impactos nos quesitos de habitabilidade partiu da seguinte questão de pesquisa: “Quais os ganhos em habitabilidade com alterações no tipo arquitetônico?”.

Baseado nessa proposição foi definido o seguinte objetivo específico: “Analisar conforto térmico, ventilação cruzada, funcionalidade e flexibilidade de planta dos projetos”.

Para atender a esse objetivo, foram realizados estudos de plantas baixas e *layout* de mobiliário das unidades habitacionais, utilizando-se o *software* AutoCAD. Para análise e efetivação desta etapa, foram definidos fatores de habitabilidade e seus níveis de avaliação, baseado em definições da NBR 15575 (ABNT, 2010). A Norma de Desempenho estabelece critérios e requisitos para uma edificação e seus sistemas, baseado em exigências dos usuários, caracterizando assim a esfera social desta pesquisa, conforme descrito no item 3.3 deste trabalho.

Assim como em Moro (2011), a avaliação completa dos itens de habitabilidade exige a aplicação de diversos critérios, normas e utilização de equipamentos específicos indisponíveis durante esta pesquisa. Em função desses condicionantes, e por não ser objetivo

desta pesquisa avaliar todos os fatores de habitabilidade, foram selecionados somente os quesitos que pudessem ser percebidos e analisados criticamente pelo pesquisador, baseado na literatura existente e na sua experiência profissional.

Assim, a Tabela 10 mostra de forma sintética os itens selecionados e respectivos resumos para avaliação.

Tabela 10 – Quesitos de habitabilidade avaliados.

Quesito	Descrição
Conforto térmico	Avaliação do posicionamento solar adequado para os ambientes de permanência prolongada e possibilidade de ventilação cruzada nas unidades habitacionais.
Conforto lumínico	Avaliação do posicionamento solar adequado para os ambientes de permanência prolongada.
Funcionalidade	Avaliação da disponibilidade de espaços mínimos para circulação e utilização dos equipamentos nos ambientes das unidades habitacionais.
Flexibilidade	Possibilidade da configuração de novas tipologias de apartamentos no edifício, a partir da junção de duas unidades de forma a não comprometer a qualidade do ambiente construído.

Fonte: Adaptado da NBR 15575 (ABNT, 2010).

Como resultados parciais, esta sub-etapa apresentou a estimativa e comparação dos quesitos de habitabilidade dos projetos, proporcionando uma análise entre os diferentes tipos arquitetônicos pesquisados.

4.3 DESCRIÇÃO DO PROJETO-BASE

O projeto de habitação de interesse social utilizado no estudo de caso foi construído na cidade de São Leopoldo/RS e é composto por quinze torres com cinco pavimentos cada, num total de 300 apartamentos. Entretanto, para as análises estimativas realizadas nesta pesquisa, utilizou-se somente uma torre, totalizando 20 unidades.

A área privativa das unidades é de 43 m². A superfície de cada pavimento tipo soma 204 m², totalizando cada torre 1020 m² de área construída. Em termos de infraestrutura e lazer, apresenta uma vaga de estacionamento descoberta para cada apartamento, um salão de festas com churrasqueira e um playground.

O empreendimento teve financiamento do Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV). Os prédios foram construídos em alvenaria estrutural com lajes em concreto armado. As unidades foram entregues aos usuários com piso cerâmico em todos os ambientes. As portas são de madeira e as janelas, metálicas com vidro incolor. As alvenarias foram chapiscadas e emboçadas, recebendo pintura em tinta acrílica. Nos banheiros, há revestimento cerâmico na área do box e, nas demais paredes, até a altura de 1,50 m.

A Figura 13 apresenta a planta baixa do Projeto-base. A planta original, cortes e fachadas, fornecidos pela empresa construtora, não foram anexados ao trabalho para manter o sigilo da fonte.

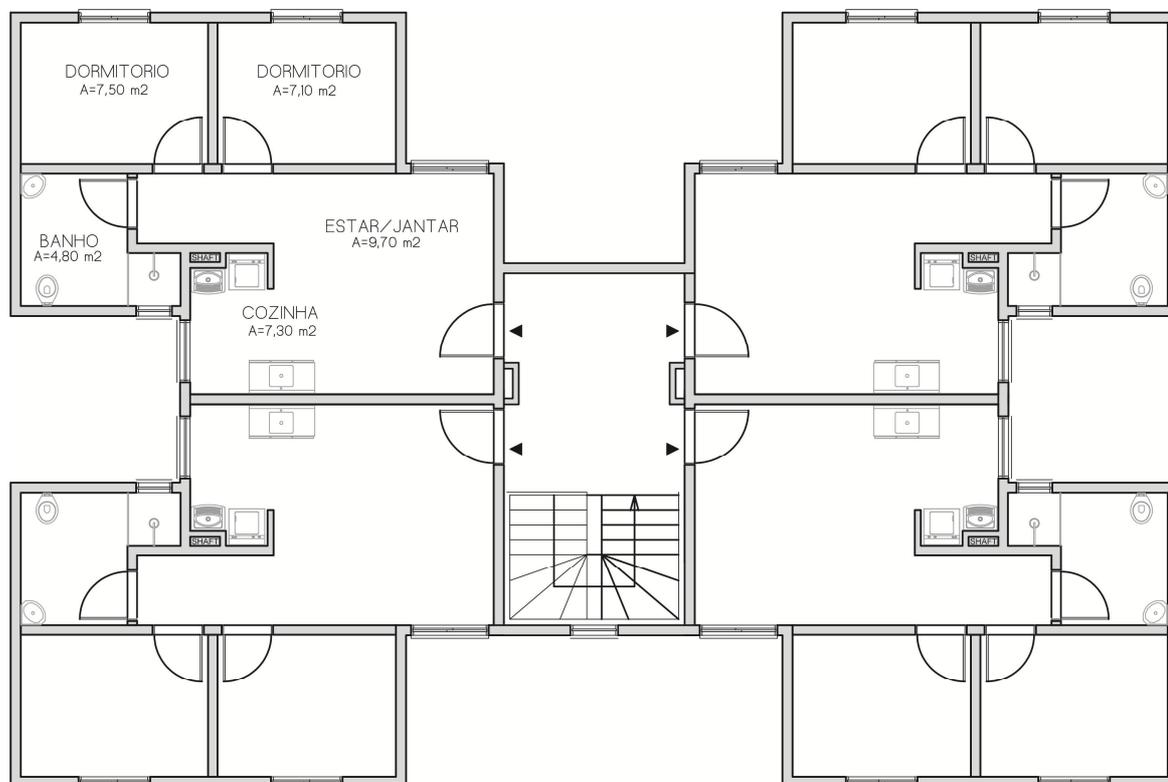


Figura 13: Planta baixa do pavimento tipo do Projeto-base (escala indeterminada).

Fonte: fornecido pela empresa construtora.

4.4 DESCRIÇÃO DO MUNICÍPIO DO ESTUDO DE CASO

São Leopoldo está localizado no Vale do Rio dos Sinos, região metropolitana de Porto Alegre, distante 28 km da capital (Figura 14). A região compreende 14 municípios, com população total de 1.290.491 habitantes e densidade demográfica de 922,8 hab/km², totalizando 12,06% da população do Estado do Rio Grande do Sul (FEE, 2011).

O município de São Leopoldo possui área de 102.313 km², com população de 214.210 habitantes. A densidade populacional é de 2.093,67 hab/km², sendo que 99,7% dos habitantes ocupam a área urbana da cidade (IBGE, 2010). Sua principal atividade econômica está centrada na indústria, com destaque para o setor o metal-mecânico.



Figura 14: Mapas com a localização do (a) Estado do Rio Grande do Sul e (b) Município de São Leopoldo

Fonte: Google Maps (2012)

São Leopoldo possui relevo inclinado, com altitude média de 15 m acima do nível do mar. Sua classificação climática é subtropical úmido, tipo Cfa pela classificação climática de Köppen-Geiger (clima temperado úmido com verão quente), com precipitação pluviométrica média anual de 1.324 mm e suas temperaturas médias variam entre 9,3°C no inverno e 35,5°C no verão (RIO GRANDE DO SUL, 2011).

5 APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados e analisados os resultados obtidos na realização do trabalho. A apresentação do capítulo é realizada em duas partes, equivalente às duas etapas da pesquisa, descritas no capítulo anterior: exploração do tipo arquitetônico e análise de impactos.

5.1 EXPLORAÇÃO DO TIPO ARQUITETÔNICO

A partir do Projeto-base fornecido pela empresa construtora, foram realizadas simulações do tipo arquitetônico, visando ao aumento do IeC do edifício. Conforme descrito no Capítulo anterior, a forma de planta que se buscou atingir foi a retangular, com a menor relação comprimento/largura possível. Mantiveram-se as mesmas áreas de pavimento tipo do projeto-base e a mesma área privativa das unidades habitacionais, assim como o programa de necessidades.

O Projeto-base, fornecido pela empresa construtora, está demonstrado na Figura 13, no item 4.3. A partir desse projeto, calculou-se seu índice econômico de compactidade aplicando-se a fórmula do IeC apresentada anteriormente pelas Equação e Equação . A seguir, está demonstrado o cálculo do Perímetro Econômico do Projeto (Pep), cujo valor é utilizado para o cálculo do Índice Econômico de Compactidade (IeC):

$$Pep = Ppr + 1,5Ppc + \frac{nA}{2} \quad Pep = 90,5 + 1,5x0 + \frac{24}{2} \quad Pep = 102,5$$

$$Iec = \frac{2\sqrt{Ap.\pi}}{Pep} x100 \quad Iec = \frac{2\sqrt{204.\pi}}{102,5} x100 \quad Iec = 49,4\%$$

Obteve assim, para o Projeto-base, o valor do IeC=49,4%.

Em seguida, as simulações visando ao aumento do IeC resultaram nos Projetos-propostos A e B, demonstrados pelas Figura 15 Figura 16, respectivamente. Plantas e cortes esquemáticos, gerados pelo *software* Revit, encontram-se no Apêndice E.

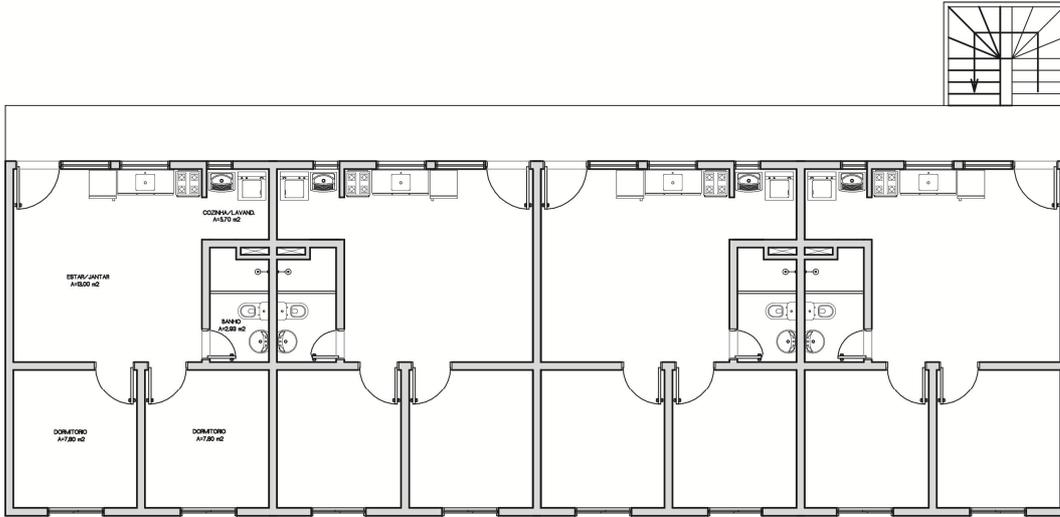


Figura 15: Projeto-proposto A, desenvolvido pelo pesquisador (escala indeterminada).

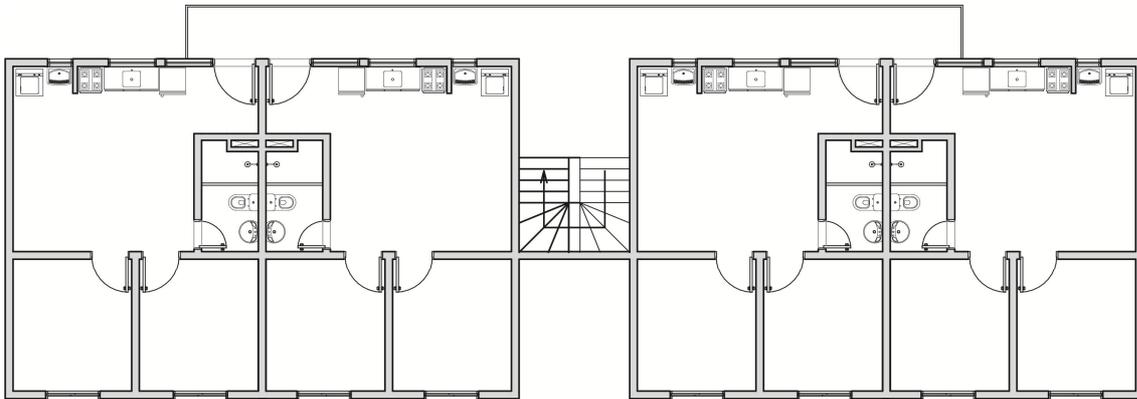


Figura 16: Projeto-proposto B, desenvolvido pelo pesquisador (escala indeterminada).

Definidos os projetos-propostos, procedeu-se o cálculo do IeC das alternativas.

$$Pep = Ppr + 1,5Ppc + \frac{nA}{2} \quad Pep = 67,2 + 1,5x0 + \frac{6}{2} \quad Pep = 70,2$$

$$Iec = \frac{2\sqrt{Ap \cdot \pi}}{Pep} \times 100 \quad Iec = \frac{2\sqrt{204 \cdot \pi}}{70,2} \times 100 \quad Iec = 72,1\%$$

O Projeto-proposto A atingiu IeC=72,1%. Após, foi calculado o IeC do projeto B:

$$Pep = Ppr + 1,5Ppc + \frac{nA}{2} \quad Pep = 74,5 + 1,5x0 + \frac{12}{2} \quad Pep = 80,5$$

$$Iec = \frac{2\sqrt{Ap \cdot \pi}}{Pep} \times 100 \quad Iec = \frac{2\sqrt{204 \cdot \pi}}{80,5} \times 100 \quad Iec = 62,8\%$$

Obteve-se, para o Projeto-proposto B, $IeC=62,8\%$.

Baseado na literatura, esperava-se encontrar para o Projeto-base o menor IeC e para o Projeto-proposto A, o maior dentre as alternativas. Entretanto, com o intuito de validar essa ferramenta e possibilitar a execução de gráficos comparativos entre os impactos da tipologia arquitetônica e o IeC , simulou-se o projeto-proposto B (Figura 16), que, supostamente, teria IeC intermediário entre as propostas estudadas.

Sintetizando os resultados obtidos nesta etapa, a Tabela 11 aponta as alterações tipológicas propostas, a configuração e o IeC de cada projeto.

Tabela 11 – Projeto, tipo arquitetônico e IeC calculado.

Projeto	Tipo arquitetônico	IeC
Projeto-base	Planta em forma H, circulação centralizada e fechada.	49,4%
Projeto-proposto A	Planta em forma de barra, circulação lateral aberta protegida.	72,1%
Projeto-proposto B	Planta em forma de barra, circulação mista (lateral e centralizada).	62,8%

A partir da Tabela anterior, observa-se que houve uma diferença de até aproximadamente 23 pontos do IeC dos projetos-propostos se comparados ao projeto-base. Esse valor, conforme apontado por Mascaró (2010), pode representar uma redução de custos de construção de cerca de 10%.

Com a mesma área superficial nas três alternativas, o custo de produção tende a ser menor em função do menor perímetro e área de fachada (item de custo elevado, se comparado aos planos horizontais do edifício). Além da redução no consumo de materiais, o menor número de arestas tende a otimizar o processo de produção.

Em termos de planta das unidades habitacionais, observa-se alguns ganhos de habitabilidade, como a possibilidade de ventilação cruzada nos apartamentos, melhor insolação para os dormitórios (quando viável na implantação), aumento da cozinha e separação da área de serviço, além de melhor configuração espacial da unidade. Note-se, contudo, que as áreas dos imóveis são iguais, apesar do custo de produção apontar para um decréscimo com as alterações formais propostas.

Nesse sentido, as diferenças e a validação desses índices serão analisados nas etapas seguintes, com a parametrização dos custos. Entretanto, os resultados preliminares já apresentam uma direção importante na tomada de decisões, especialmente na etapa de concepção e projeto de um EHIS.

5.2 ANÁLISE DE IMPACTOS

5.2.1 Impactos ambientais

Conforme descrito no Método de Pesquisa deste trabalho, a análise dos impactos ambientais foi realizada através do cálculo estimativo da energia incorporada (EI) e da emissão de CO₂ dos materiais de construção aplicados nos projetos, conforme especificações do Projeto-base fornecido pela construtora.

5.2.1.1 Energia incorporada (EI) nos projetos

Após as simulações dos tipos arquitetônicos visando ao aumento do IeC feitas no ciclo inicial desta pesquisa, procedeu-se à quantificação dos materiais e insumos dos projeto-base e dos projetos-propostos A e B. A partir de então, estimou-se, inicialmente, os valores de EI dos materiais de construção dos edifícios, através da composição por partes da edificação formatada pela empresa construtora.

Além disso, se faz necessário comentar acerca das composições e quantitativos gerais, os quais foram obtidos a partir de programa computacional com a tecnologia *BIM*:

- O cálculo das alvenarias e materiais correlatos (reboco, revestimentos, pintura, etc) foi feito a partir da área de paredes internas e externas e conforme especificações de materiais do orçamento fornecido pela empresa construtora; a Tabela 12 informa a relação total de área de paredes por área construída, de modo a se observar o efeito deste índice na energia incorporada em cada um dos projetos:

Tabela 12 – Área das alvenarias.

Projeto	Paredes externas (m ²)	Paredes internas (m ²)	Área construída (m ²)	Relação paredes/superfície
Projeto-base	967	759	1020	1,69
Projeto-proposto A	625	752	1020	1,35
Projeto-proposto B	825	671	1020	1,46

- A quantificação das tintas considera o número de demãos a serem aplicadas, e de igual forma foram baseadas no orçamento do Projeto-base;
- O volume de concreto armado e peso da respectiva ferragem foram calculados a partir da relação estabelecida no projeto-base (taxa de aço de 90 kg/m² e taxa de formas igual a 10 m²/m³);

- As madeiras foram divididas em madeiras de obra e madeiras de esquadria; estas seguiram as dimensões e características estabelecidas no Projeto-base;
- Os componentes das instalações elétricas e hidrossanitárias foram computados em quilograma (kg) através da informação de fabricantes, a partir da pesquisa de Tavares (2006).

A Tabela 13 apresenta, de forma sintética, a EI de cada composição dos edifícios para cada um dos projetos, bem como a energia total para o transporte dos materiais até o canteiro de obras. O Apêndice A mostra como foram obtidos aos valores de energia de transporte de cada um dos materiais, cujo procedimento está descrito no Capítulo 4, item 4.2.2.1. No Apêndice B, encontra-se a planilha completa, com os quantitativos de cada material e a EI por partes do edifício

Tabela 13 – Composição do edifício e EI estimada em cada um dos projetos.

	EI Projeto-base (MJ)	EI Projeto-proposto A (MJ)	EI Projeto-proposto B (MJ)
1. Serviços preliminares			
1.1. Locação da obra	281,40	281,40	281,40
1.2. Tapume de tábuas c/ portão	3969,08	3969,08	3969,08
1.3. Abrigo provisório	13317,14	13317,14	13317,14
2. Estrutura			
2.1. Infraestrutura	53977,50	53977,50	53977,50
2.2. Supraestrutura	1666464,88	1590680,60	1629141,31
2.3. Escada	930184,03	930184,03	930184,03
3. Alvenarias			
3.1. Paredes e painéis	1021979,75	796200,46	816858,93
3.2. Revestimento paredes	81347,35	55797,78	59261,39
4. Esquadrias			
4.1. Esquadrias de madeira	69126,37	69126,37	69126,37
4.2. Esquadrias metálicas	1079384,68	1079384,68	1079384,68
5. Cobertura e proteções			
5.1. Telhado	74538,15	64626,80	66673,80
5.2. Proteções	19202,00	20738,00	20738,00
5.3. Forros	100256,00	52000,00	52000,00
6. Pisos	174582,40	174294,31	174870,49
7. Instalações			
7.1. Instalações hidrossanitárias	91528,50	91528,50	91528,50
7.2. Instalações elétricas	188245,15	188245,15	188245,15
8. Pintura			
8.1. Pintura forros e paredes int.	77656,80	70062,10	62988,74
8.2. Pintura paredes externas	21637,67	12875,15	15444,47
8.3. Pintura esquadrias madeira	11760,00	11760,00	11760,00
9. Serviços complementares	1212,00	1212,00	1212,00
<i>Subtotal</i>	<i>5680650,86</i>	<i>5300103,20</i>	<i>5360805,09</i>
Energia transporte (MJ)	41550,22	37389,09	38056,37
Total geral (MJ)	5722201,07	5337492,29	5398861,46
Total MJ/m²	5610,01	5232,83	5293,00

Fonte: Adaptado da planilha completa contida no Apêndice B desta pesquisa.

Sintetizando os resultados obtidos a partir da estimativa de EI do Projeto-base e dos dois Projetos-propostos, confirma-se o pressuposto de que, aumentando o IeC, reduz-se os impactos ambientais em função do menor consumo de materiais. De modo geral, em função do menor consumo de materiais, pode-se esperar também uma redução na geração de resíduos para a produção desses edifícios, tendo em vista a otimização do processo de projeto.

A diferença entre a EI do projeto-base (5.722.201,07 MJ) e do projeto-proposto A (5.337.492,29 MJ) foi de 384.708,78 MJ, o que representa uma redução de cerca de 7% em benefício da alternativa do tipo arquitetônico em barra. Esse resultado pode ser justificado pela diminuição de materiais necessários para a execução dos projetos arquitetônicos, especialmente em itens como alvenarias e pinturas.

Para facilitar a compreensão da dimensão desse montante, converteu-se a diferença de EI em energia elétrica, uma vez que ambas são unidades de medição de energia. Assim, 384.708,78 MJ equivalem a 106.863,55 kWh.

Considerando um consumo médio de 100 kWh/mês – limite da faixa intermediária de desconto da Tarifa Social de Energia Elétrica (BRASIL, 2010b) proposta pelo Governo Federal, tem-se que a economia gerada seria suficiente para atender as necessidades energéticas de uma unidade habitacional por cerca de 90 anos (considerando-se o consumo anual do imóvel de 1.200 kWh/ano).

Analisando-se o empreendimento de forma global, pode-se também estimar que a economia de energia obtida para a produção do Projeto-proposto A face ao Projeto-base seria suficiente para suprir as necessidades energéticas de 20 unidades (uma torre) por 4,5 anos.

Com a redução do consumo de materiais em função da otimização do projeto (especialmente pela redução dos planos verticais), verifica-se as maiores diferenças de EI nos materiais que compõem esses itens, com blocos cerâmicos, argamassa e pintura. Ainda, destaca-se o cálculo das distâncias de cada material até o canteiro de obras. Com a variação da quantidade de materiais entre um projeto e outro, esse item acaba também sendo influenciado diretamente.

Assim, de forma a relacionar o aumento do IeC dos projetos-propostos – conforme obtido no item 5.1 do trabalho – com a redução da EI, desenvolveu-se os gráficos das Figura 17 e Figura 18. Neles, estão ilustrados a variação da EI em função do IeC, para cada uma das alternativas.

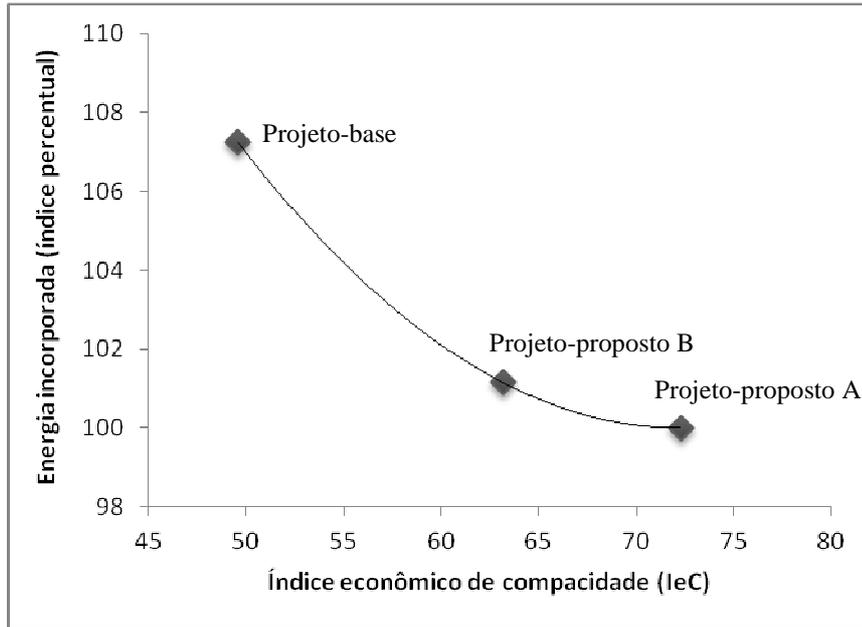


Figura 17: Relação percentual entre EI e IeC.

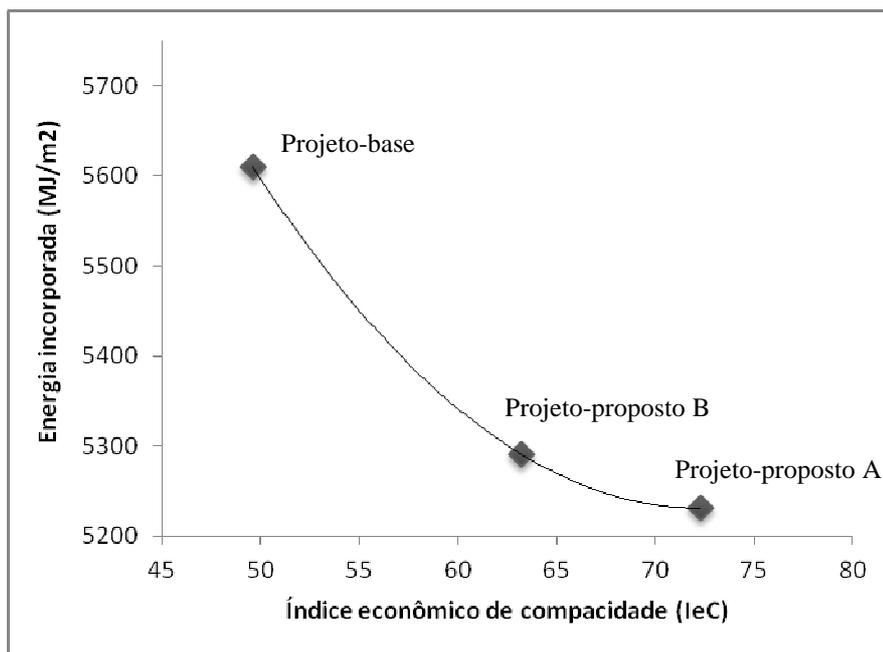


Figura 18: Relação entre MJ/m² e IeC.

O gráfico da Figura 17 apresenta a relação entre EI e o IeC em uma relação percentual; o gráfico da Figura 18 mostra os valores absolutos de EI em MJ/m². Os resultados confirmam o pressuposto de que, conforme se aumenta o IeC, diminui-se os impactos ambientais através do menor consumo de EI na produção dos edifícios. Esse fato contribui

para aprimorar quesitos de sustentabilidade ambiental, a partir da otimização no uso dos recursos, através de alternativas tipológicas.

5.2.1.2 Emissões de CO₂ dos projetos

Uma vez obtida a quantificação de materiais nas edificações e consequente EI dos três projetos, procedeu-se a estimativa de CO₂ emitidos pelos materiais de construção das edificações. Os procedimentos adotados estão descritos no capítulo de Método de Pesquisa, no item 4.2.2.1.

A Tabela 14 apresenta sinteticamente as emissões de CO₂ dos materiais dos projetos, gerado pela queima de combustíveis para geração de energia e oriunda de reações químicas dos processos de fabricação do cimento e cal, contemplando a fase pré-operacional dos empreendimentos. O Apêndice C apresenta os resultados de forma detalhada.

Tabela 14 – Geração de CO₂ por materiais nos três projetos.

	Projeto-base		Projeto-proposto A		Projeto-proposto B	
	kg CO ₂	%	kg CO ₂	%	kg CO ₂	%
Aço e ferro	179780,6196	39,57	175602,7667	41,79	177972,8995	41,77
Alumínio	40697,43844	8,96	40697,43844	9,69	40697,43844	9,55
Areia	1004,382115	0,22	930,8078841	0,22	955,6142076	0,22
Cal	6020,326083	1,33	5160,277267	1,23	5280,333286	1,24
Cerâmica revestim.	9189,021147	2,02	8678,061433	2,07	8699,605902	2,04
Cerâmica vermelha	76933,90019	16,93	59918,75484	14,26	61508,95534	14,44
Cimento	16541,77458	3,64	15208,20042	3,62	15620,80127	3,67
Cobre	4380,64	0,96	4380,64	1,04	4380,64	1,03
Fibrocimento (telha)	2045,040254	0,45	2000,794337	0,48	2069,337047	0,49
Impermeabilizantes	211,8816	0,05	292,5985	0,05	201,5984	0,05
Madeira	9909,685885	2,18	9537,153122	2,27	9735,053217	2,28
Pedra	2129,090427	0,47	2043,90734	0,49	2086,985644	0,49
Plásticos	15568,77305	3,43	13291,997	3,16	13290,0001	3,12
Vidros	4868,09232	1,07	4868,09232	1,16	4868,09232	1,14
Tintas	8176,940707	1,80	6992,438176	1,66	6640,9262	1,56
Produção alumínio	15740,00	3,46	15740,00	3,75	15740,00	3,69
Produção cimento	41090,43048	9,04	37777,77881	8,99	38802,69584	9,11
Processo produção cal	20045,3724	4,41	17132,39466	4,08	17504,84288	4,11
Total CO₂ (kg)	454.333,41	100	420.254,10	100	426.146,81	100
kg CO₂ / m²	445,43	-	412,01	-	417,79	-

Fonte: Adaptado da planilha completa contida no Apêndice C desta pesquisa.

A diminuição da emissão de CO₂ nos projetos-propostos é similar à redução da EI obtida anteriormente. Comparando-se o total de CO₂ emitido pelo projeto-base (454.333,41 kg) com o total emitido pelo projeto-proposto A (420.254,10 kg), obtém-se uma redução de 34.079,31 kg (ou 34,08 ton de CO₂), o que representa cerca de 8%.

A análise da Tabela 14 mostra que por volta de 55% das emissões de CO₂ dos projetos estudados são advindas de apenas três materiais: aço, ferro e cerâmica vermelha. Contando-se as emissões relativas ao cimento e ao seu processo de produção, somam cerca de 12% das emissões de CO₂. Comparando-se os valores do Projeto-base com os do Projeto-proposto A, verifica-se que a partir da otimização dos planos verticais, diminuem-se as emissões de CO₂ de determinado material.

Além disso, como os projetos analisados possuem a mesma área construída (1020 m²), podem-se relacionar as emissões de cada um por m². Desse modo, tem-se que o projeto-base emite cerca de 445,43 kg CO₂ / m², enquanto que o Projeto-proposto A fica em 412,01 kg CO₂ / m². Ou seja, para uma mesma área total construída, pode-se viabilizar alternativas com maiores ou menores emissões de CO₂ para a atmosfera, confirmando assim o pressuposto da relação com o IeC. Os gráficos das Figura 19 Figura 20 fazem essa relação:

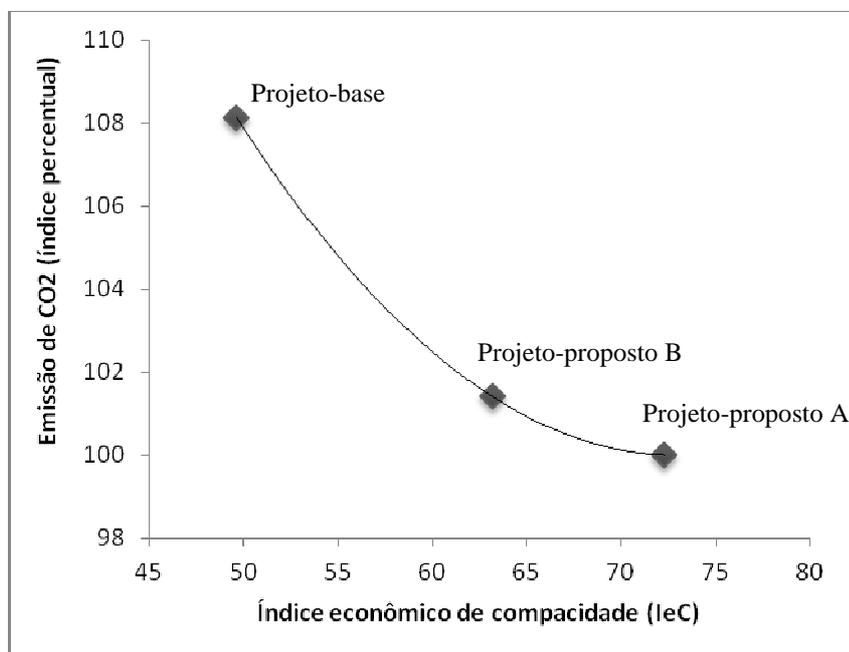


Figura 19: Relação percentual entre emissão de CO₂ e IeC.

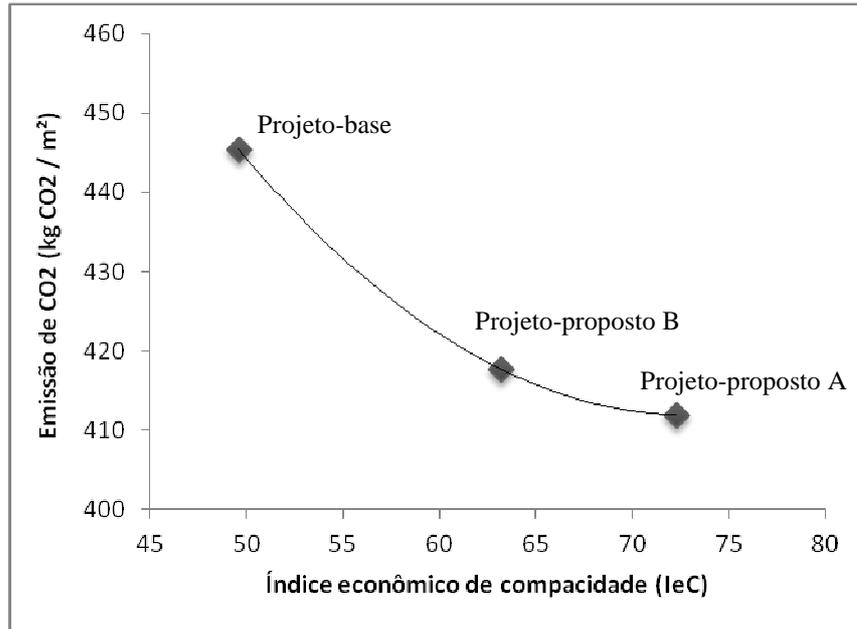


Figura 20: Relação entre emissão de CO₂ e IeC.

A diferença entre os projetos, de cerca de 8% em favor do Projeto-proposto A, se mostra significativa no momento em que se trata da emissão de gases de efeito estufa. Considerando que a diferença de 34,08 ton de CO₂ entre os projetos estudados representa 9,30 ton CO₂ eq, para fins de comparação, pode-se afirmar que com essa diferença é similar ao consumo mensal de 265 kg de gás GLP (gás liquefeito de petróleo) durante o período de um ano (LACERDA et. al, 2009).

Sob outro ponto de vista, levando-se em conta um veículo de passeio que roda mensalmente 500 km, em um ano terá emitido cerca de 1,4 ton CO₂ eq (LACERDA et. al, 2009). Em relação ao montante economizado pelo Projeto-proposto A, tem-se que seria possível rodar durante 6,5 anos com esse veículo, nas condições descritas.

Considerando-se um consumo médio de 100 kWh/mês – limite da faixa intermediária de desconto da Tarifa Social de Energia Elétrica (BRASIL, 2010b) por unidade habitacional, tem-se que uma torre com 20 apartamentos consome 2000 kWh/mês. Dessa maneira, conforme pesquisa de Lacerda et. al (2009), a economia de 9,30 ton CO₂ eq entre os projetos equivale às emissões de CO₂ eq relativas a 13 anos de consumo de energia elétrica – ou ao poder compensador de 40 árvores.

A curva similar dos gráficos de EI e CO₂ indica uma relação entre os dois quesitos, em função da redução dos mesmos materiais de construção entre os projetos e

também por ser a análise das emissões de CO₂ baseada no montante total de energia consumida para a produção das edificações.

Por conseguinte, pode-se afirmar a importância dessa redução de emissão de CO₂, através de decisões projetuais que influenciam diretamente nas emissões desse gás de efeito estufa na atmosfera.

5.2.2 Impactos no custo

Tendo calculado o IeC do Projeto-base e dos Projetos-propostos A e B no item 5.1, verificaram-se as diferenças que as alterações morfológicas tiveram nas propostas em termos de custos. Conforme consta nas Delimitações da Pesquisa, a análise de custos delimita-se aos custos diretos de materiais e mão-de-obra, tendo como base as composições de custo do orçamento do Projeto-base fornecido pela empresa construtora. Não foram investigados custos relativos a terreno, projetos, despesas indiretas, entre outros.

Para tanto, elaborou-se, a partir da quantificação dos lotes de insumos dos projetos e do orçamento fornecido pela empresa construtora, a estimativa de custo dos Projetos-propostos A e B.

Por consequência, esses valores puderam ser comparados com o orçamento do Projeto-base e, assim, verificar-se a estimativa de diminuição de custos de produção em função da alteração do tipo arquitetônico, conforme pressuposto pelo aumento do IeC.

A Tabela 15 apresenta a composição por partes do edifício, baseado no orçamento fornecido pela construtora (com valores de Janeiro/2012) e conforme descrito no capítulo de Método de Pesquisa, com os valores calculados para cada um dos itens. A planilha completa, com os valores individuais, está no Apêndice D da pesquisa.

Tabela 15 – Estimativa de custos dos projetos (em R\$ e % do item sobre o total).

	Projeto-base		Projeto-proposto A		Projeto-proposto B	
	R\$	%	R\$	%	R\$	%
1. Serviços preliminares	97.370,78	10,81	97.370,78	11,61	97.370,78	11,39
2. Estrutura						
2.1. Infraestrutura	47.293,72		47.293,72		47.293,72	
2.2. Supraestrutura	218.569,31	32,03	208.631,76	33,22	213.657,33	33,17
2.3. Escada	22.696,25		22.696,25		22.696,25	
3. Alvenarias						
3.1. Paredes e painéis	100.832,48	16,51	80.198,98	13,30	82.800,98	13,74
3.2. Revestimento paredes	47.917,70		31.363,20		34.686,40	
4. Esquadrias	101.913,71	11,31	101.913,71	12,15	101.913,71	11,92
5. Cobertura e proteções						
5.1. Telhado	22.057,70		20.734,80		21.377,66	
5.2. Proteções	854,80	2,93	813,00	2,78	813,00	2,81
5.3. Forros	3.470,40		1.800,00		1.800,00	
6. Pisos	83.143,20	9,23	83.006,00	9,90	83.280,40	9,74
7. Instalações						
7.1. Instalações hidrossanitárias	59.627,15	10,81	59.627,15	11,61	59.627,15	11,39
7.2. Instalações elétricas	37.769,38		37.769,38		37.769,38	
8. Pintura						
8.1. Pintura forros e paredes int.	36.710,40		30.314,76		33.211,44	
8.2. Pintura paredes externas	13.735,58	6,20	8.265,30	5,24	9.871,38	5,67
8.3. Pintura esquadrias madeira	5.408,66		5.408,66		5.408,66	
9. Serviços complementares	1.500,00	0,17	1.500,00	0,18	1.500,00	0,18
Total (R\$)	900.871,21	100,00	838.707,44	100,00	855.078,22	100,00
Custo unid. habitacional (R\$)	45.043,56	-	41.935,37	-	42.753,91	-

Fonte: Adaptado da planilha completa contida no Apêndice D desta pesquisa.

A partir da planilha estimativa dos orçamentos, verifica-se uma economia de produção de R\$ 62.163,77 entre o Projeto-base e o Projeto-proposto A (o que representa uma diferença de R\$ 3.108,19 por unidade habitacional).

Essa redução, de cerca 7%, confirma o pressuposto da relação entre o aumento do IeC estudado por Mascaró (2010) e a diminuição dos custos de produção, através da otimização dos planos verticais e consequente redução do consumo de materiais. O gráfico da Figura 21 mostra essa relação.

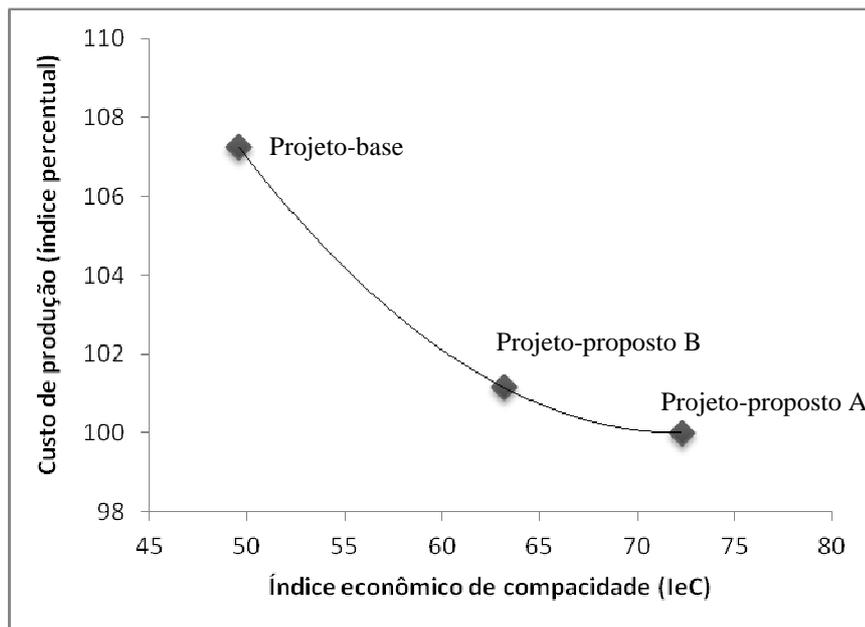


Figura 21: Relação percentual entre custos de produção e IeC.

Importante ressaltar que essa diferença é proveniente de alterações do tipo arquitetônico sem alterações na área do empreendimento. Por conseguinte, verifica-se que reduções excessivas nas áreas das unidades habitacionais podem nem sempre ser a solução mais adequada em termos de economia para a construção de um edifício.

Esse pensamento, fortemente arraigado na indústria da construção civil, especialmente em termos de EHIS, pode ser relacionado à comum utilização do indicador oficial de custo da construção CUB (Custo Unitário Básico) como forma de orçamentação de um empreendimento. Utilizado há mais de quatro décadas, passa um conceito de proporcionalidade direta entre área e custo, podendo levar empreendedores, projetistas e construtores à equivocada conclusão de que para reduzir o custo de uma obra deve-se diminuir a área.

No caso desta pesquisa, comprova-se que a otimização dos planos verticais (fachadas, paredes internas, etc) possui maior capacidade de influência nos custos finais de um edifício do que a simples redução de área dos imóveis, assim como em Mascaró (2010), Guerra et al. (2009) e Solano (2007).

Pode-se ainda, comparando os resultados obtidos na Tabela 8, estabelecer algumas relações com a economia de R\$ 62.163,77 obtida entre os projetos, tais como:

- com esse valor, seria possível executar a pintura externa, interna de forros e paredes e das esquadrias de todo o edifício (item 8 da planilha), além dos serviços complementares (item 9);
- além disso, poderia-se fazer com esse valor todas as instalações hidrossanitárias do empreendimento (incluindo reservatórios, louças e metais), item estimado em torno de R\$ 60.000,00;
- em termos gerais, a diferença seria suficiente para se construir 1,5 apartamento a mais em cada torre – ou, em outras palavras, é como se 1,5 apartamento não tivesse custo para a empresa construtora.

No entanto, verifica-se que a economia obtida poderia também ser revertida em melhorias no empreendimento como um todo, especialmente buscando aprimorar quesitos de habitabilidade. Dentre eles, o aumento da área dos apartamentos, investimento em maiores e melhores esquadrias (item comumente pouco investido em EHIS), melhores acabamentos, entre outros.

5.2.3 Impactos em quesitos de habitabilidade

Conforme descrito no Método de Pesquisa, a avaliação dos fatores de habitabilidade foi baseada nos quesitos que pudessem ser percebidos e analisados criticamente pelo pesquisador, baseado na literatura existente e na sua experiência profissional.

Dessa forma, foram investigadas alternativas de *layout* de plantas, tanto do Projeto-base como dos Projetos-propostos, a fim de verificar a influência das alterações morfológicas nos quesitos de conforto térmico, conforto lumínico e funcionalidade e flexibilidade de planta.

5.2.3.1 Conforto térmico e lumínico dos projetos

Os quesitos relativos ao conforto térmico e lumínico dos projetos foram avaliados a partir da possibilidade do posicionamento solar adequado para os ambientes de permanência prolongada, além da condição de ventilação cruzada nas unidades habitacionais.

Fundamentais à saúde, os confortos térmico e lumínico são privilegiados nos Projetos-propostos, uma vez que todas as unidades habitacionais são voltadas para a mesma orientação solar. Quando viável em função da implantação no terreno, é possível privilegiar todos os dormitórios com a melhor insolação, o que é impossível nos projetos em forma H, em função de sua geometria.

Como exemplo, a partir da implantação, no Rio Grande do Sul, é possível voltar todos os dormitórios para a orientação leste, qualificando esses espaços uniformemente em todas as unidades habitacionais. Assim, esses ambientes teriam o sol com características purificadoras na parte da manhã durante todo o ano, sem o calor excessivo característico das fachadas oeste, por exemplo.

Essa configuração possibilita também a ventilação natural cruzada, o que pode proporcionar maior conforto térmico, especialmente em climas quentes e úmidos. Pode também aprimorar a eficiência energética nos ambientes internos, com redução do consumo de energia elétrica, minimizando diretamente o uso de sistemas de ventilação mecânica e ar condicionado. Também, a ventilação natural minimiza o aparecimento de focos de mofo e bolor nos móveis e até nas paredes, característicos de ambientes fechados ou mal ventilados.

A Figura 22 demonstra esquematicamente esses benefícios:

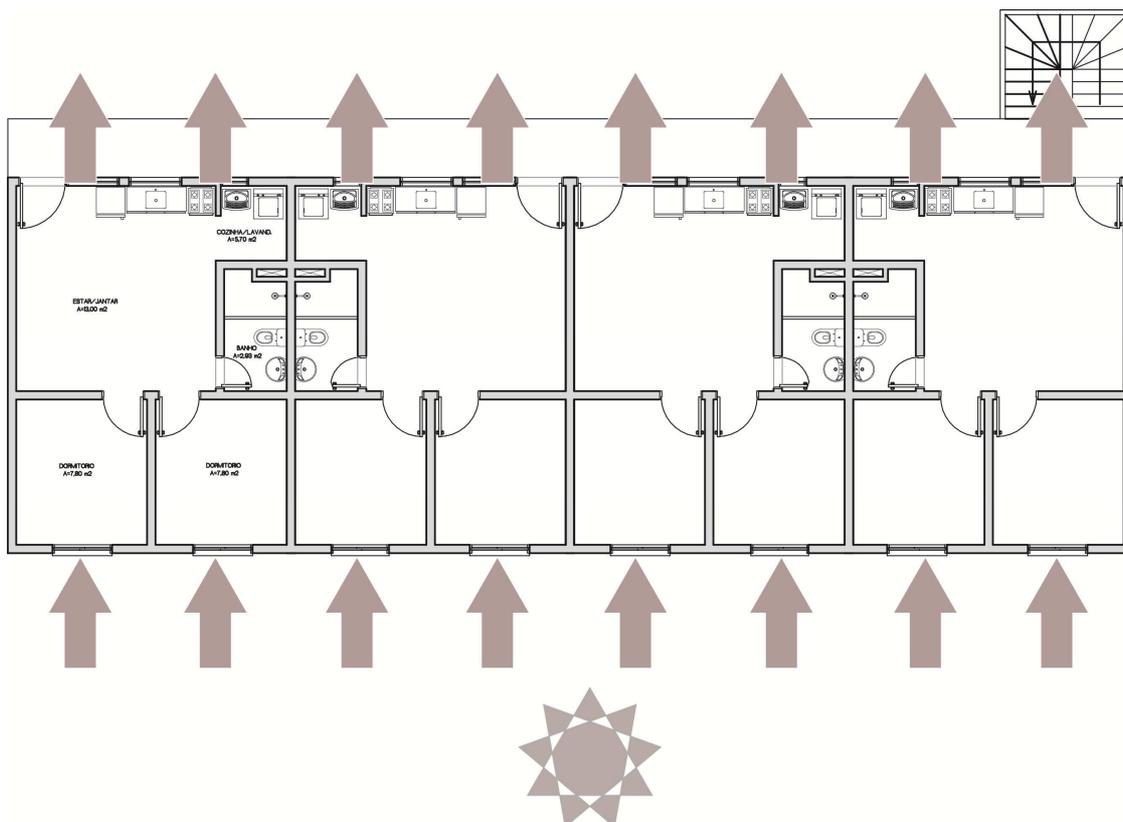


Figura 22: Insolação adequada para todos os dormitórios e possibilidade de ventilação cruzada (representada pelas setas) no Projeto-proposto.

Assim, verifica-se um ganho qualitativo nos Projetos-propostos em relação ao projeto-base. Em função do tipo arquitetônico, pode-se corroborar com o potencial de

conservação de energia nas edificações, através do melhor aproveitamento dos recursos de iluminação e ventilação naturais (PROCEL, 2010). Também, viabiliza-se a redução do consumo de energia elétrica, tanto pela questão da luminosidade como pela menor utilização de equipamentos de condicionamento de ar.

5.2.3.2 Funcionalidade e flexibilidade de planta dos projetos

Por último, foram investigadas as questões de funcionalidade do projeto-base e dos projetos-propostos, conforme descrito no Método de Pesquisa e amparado pelas tabelas de móveis e equipamentos padrão e dimensões mínimas da NBR-15575-1 (ABNT, 2010). Assim, analisaram-se todos os itens deste quesito de habitabilidade nos projetos estudados, que foram mobiliados de acordo com as dimensões mínimas sugeridas e demarcadas as áreas mínimas de uso e circulação, conforme exigido pela Norma.

A Figura 23 demonstra as áreas de uso e indica, através dos círculos tracejados, os pontos críticos do Projeto-base em relação às exigências mínimas estipuladas, conforme planta mobiliada do empreendimento.

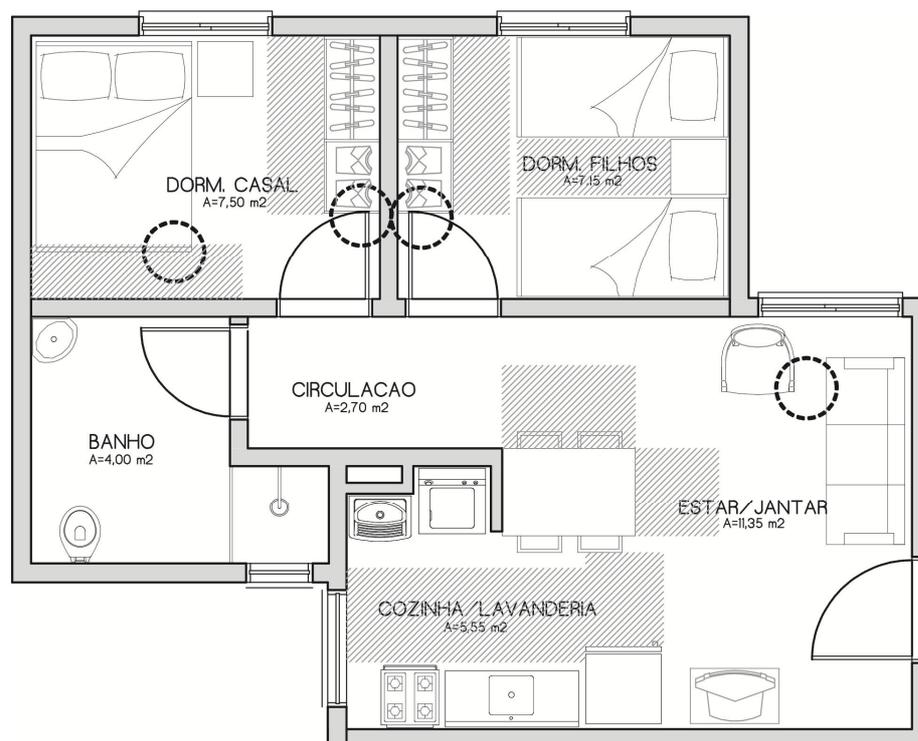


Figura 23: Mobiliário mínimo e espaços de utilização do projeto-base (escala indeterminada).

Conforme mostra a Figura 22, foram encontrados pontos críticos de espaço para acomodar mobiliário no estar e especialmente nos dormitórios. Na sala, verifica-se a

sobreposição de uso do sofá e da poltrona. Nos dormitórios, colocando-se o armário com a medida mínima de 1,60m, a abertura da porta fica prejudicada. Com a cama do tamanho sugerido, a circulação entre a mesma e a parede, no quarto de casal, fica inferior a 50 cm.

A Figura 24 mostra como se configura a unidade habitacional do Projeto-proposto A, em relação aos mesmos quesitos analisados no Projeto-base. A partir de sua análise, percebe-se que todos os requisitos mínimos elencados pela NBR-15575-1 (ABNT, 2010), no que tange à funcionalidade das unidades habitacionais, foram atingidos pelo projeto simulado.

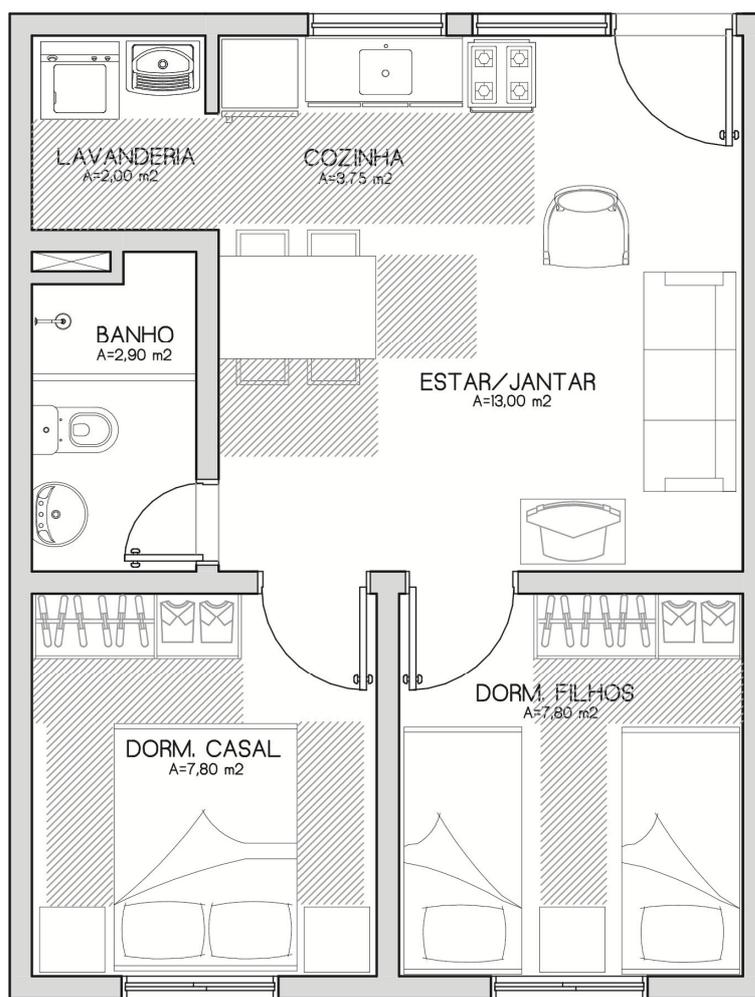


Figura 24: Mobiliário mínimo e espaços de utilização do Projeto-proposto A (escala indeterminada).

Comparando-se as plantas do Projeto-base e do Projeto-proposto A, verifica-se uma configuração mais adequada do espaço, especialmente no setor cozinha/área de serviço. No Projeto-proposto A, este cômodo passa a ser separado da cozinha, o que beneficia sua utilização e possibilita melhor arranjo espacial. Da mesma maneira, a disposição do mobiliário no estar/jantar permite melhor circulação e uso do espaço.

Observa-se também um ganho de área em todos os ambientes de uso prolongado, possibilitando a colocação de mais um criado-mudo no quarto do casal e armário maior do que o mínimo sugerido por norma. Esse ganho de área útil se deve especialmente à otimização dos planos verticais internos que, aliados à geometria do tipo arquitetônico, possibilitou a redução das paredes dos apartamentos.

Quanto à flexibilidade de planta, verificou-se a configuração de novos usos dos apartamentos no edifício, a partir da possibilidade de junção de duas unidades de forma a não comprometer a qualidade do ambiente construído.

No caso do Projeto-base, em função da sua geometria, a possibilidade de junção de duas unidades habitacionais não pode ser atendida de forma satisfatória. Para tanto, os apartamentos teriam que ser interligados pelo estar/jantar, o que faria com que o ambiente da cozinha/lavanderia tivesse delimitação confusa. Também, teria-se somente a possibilidade de um apartamento com dois ou quatro dormitórios na edificação, sendo que ficariam em lados opostos do apartamento.

As configurações propostas nas unidades do Projeto-proposto A com a circulação horizontal aberta permitem a flexibilidade dos apartamentos (quando assim o sistema estrutural permitir). Ou seja, o mercado imobiliário pode se valer de outras opções além do tradicional apartamento de dois quartos, sendo possível a comercialização de um dos dormitórios de forma separada, conforme representado na Figura 25.

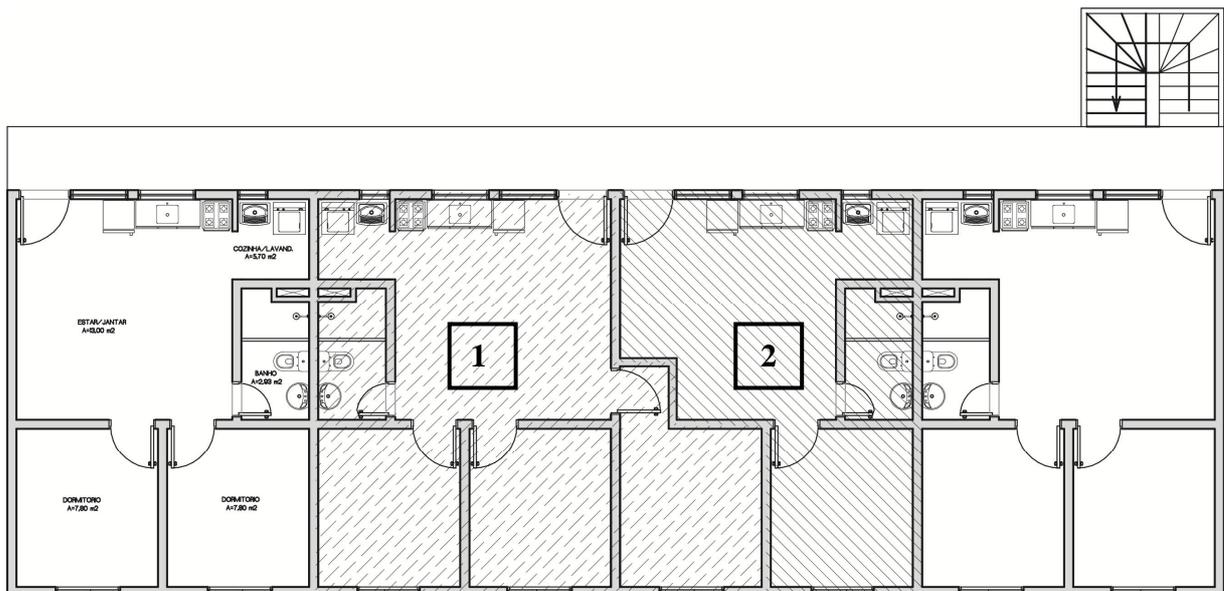


Figura 25: Proposta de flexibilidade do projeto-proposto (escala indeterminada).

Como resultado, um apartamento de dois dormitórios poderia passar a contar com três, enquanto o outro ficaria com um dormitório (hachuras “1” e “2”, respectivamente, na Figura 25), permitindo a flexibilidade e adaptação da edificação em função das mudanças durante a vida dos moradores. Ainda, essa possibilidade visa atender diferentes perfis de usuários, uma vez que configurações familiares diferenciadas requerem unidades habitacionais distintas.

A questão da flexibilidade de projeto vem obtendo destaque na literatura, especialmente por ser um quesito deficiente em termos de EHIS. No entanto, se torna oportuno no momento em que permite a readequação de uma edificação a usos variados. Esse recurso permite com que os usuários possam continuar utilizando a mesma edificação ao necessitarem de imóveis com características diferentes, evitando mudanças de endereço, bairro ou até mesmo municípios.

De modo geral, verifica-se a importância da etapa de concepção e projeto para a definição dos impactos dos edifícios. As definições feitas nessas etapas podem influenciar diretamente no desempenho final das edificações, sob ponto de vista do tripé da sustentabilidade.

6 CONCLUSÃO

A presente dissertação teve como escopo a investigação da influência do tipo arquitetônico em EHIS, analisados a partir das dimensões do tripé da sustentabilidade: ambiental, econômica e social. Para tal, foram simulados diferentes tipos arquitetônicos, a partir de um projeto arquitetônico fornecido por uma empresa construtora, com forma de planta amplamente difundida na Região.

O objetivo principal deste trabalho foi o de investigar a influência do tipo arquitetônico em impactos ambientais, no custo e em quesitos de habitabilidade em EHIS. Este objetivo foi desdobrado em objetivos secundários. O primeiro deles foi investigar alterações no tipo arquitetônico visando ao aumento do IeC e ganhos de habitabilidade. Este estudo consistiu na simulação de projetos, a partir do projeto do estudo de caso, denominado Projeto-base, cujo tipo arquitetônico é com planta em H, que possuía IeC relativamente baixo. Como resultado, obtiveram-se dois novos projetos, denominados Projetos-propostos (A e B) de diferentes tipos arquitetônicos para a mesma área e mesmo programa de necessidades, porém, com IeC maior do que o projeto inicial e aprimoramento dos quesitos de habitabilidade.

Após, foram investigadas as alterações de projeto a partir do tripé da sustentabilidade. Para tanto, o segundo objetivo específico foi estimar a EI e emissão de CO₂ dos materiais do Projeto-base e dos Projetos-propostos. Para tanto, foi realizada a quantificação dos materiais do Projeto-base e dos Projetos-propostos, além de dados de EI e emissão de CO₂ obtidos em estudos nacionais. Como resultado, obteve-se a estimativa de EI e emissão de CO₂ dos materiais desses projetos.

Confirmando o pressuposto de que o aumento do IeC reduziria os impactos ambientais através dos quesitos analisados, em função do menor consumo de materiais, obteve-se uma redução de 7% da EI e de 8% de emissão de CO₂ entre o Projeto-base e o Projeto-proposto. Assim, a partir de gráficos com linha de tendência polinomial, relacionou-se o aumento do IeC e a redução da EI e do CO₂ emitido, de forma percentual e por metro quadrado construído.

O terceiro objetivo específico da pesquisa era estimar o custo de materiais dos Projetos-propostos face ao Projeto-base. Para o cumprimento deste objetivo, utilizou-se a quantificação dos materiais feita para a análise dos impactos ambientais e o orçamento do

Projeto-base. Resultante desta etapa, obteve-se a estimativa de custos dos Projetos-propostos, que foram comparados e analisados em relação ao projeto-base.

Confirmou-se, assim, o pressuposto de que o aumento do IeC diminuiria o custo de produção do edifício devido à redução de materiais. A diferença de custos apresentada foi de sete pontos percentuais. Este montante economizado, conseqüente de decisões feitas na etapa de concepção do empreendimento, pode ser revertida em melhorias como aumento de área dos apartamentos, maiores e melhores esquadrias, materiais com qualidade superior, entre outros.

O último objetivo específico investigado foi a análise de quesitos de habitabilidade. Dentre os fatores possíveis, verificou-se a funcionalidade das plantas das unidades habitacionais, flexibilidade dos projetos, conforto térmico e lumínico. Estes conceitos foram analisados a partir de simulações de *layout* de mobiliário e também através da percepção do pesquisador, baseada em sua experiência profissional e amparada pela literatura existente sobre o tema.

Os resultados desta etapa confirmam o pressuposto de que quesitos de habitabilidade dependem e são influenciados pelo tipo arquitetônico. A estimativa e comparação dos fatores de qualidade habitacional entre o Projeto-base e o Projeto-proposto apresentaram diferenças que influenciam diretamente no modo de vida dos usuários.

Na questão de funcionalidade, além de atender a todos os requisitos mínimos da NBR-15575-1 (ABNT, 2010), o Projeto-proposto apresenta maior área útil nos cômodos do apartamento em relação ao Projeto-base. Na questão de flexibilidade, o Projeto-proposto permite usos diferenciados para os imóveis do empreendimento, possibilitando a adaptação do edifício a diferentes usuários ou acompanhando as alterações das configurações familiares – item não atendido de forma plena no Projeto-base, em função do tipo arquitetônico com planta em H, pela sua geometria.

Nos quesitos de conforto térmico e lumínico, os Projetos-propostos apresentaram melhor condição de conforto em função da geometria em barra. Em ambos os fatores de habitabilidade, o ganho se dá pelo fato do tipo arquitetônico proposto permitir que os dormitórios de todos os apartamentos sejam voltados para a insolação adequada, quando assim a implantação permitir. Por exemplo, pode-se voltar a fachada dos dormitórios para a orientação leste, beneficiando todas as unidades habitacionais, enquanto que no projeto de tipo arquitetônico com planta em H, apenas metade dos imóveis teria esse benefício. Em

função da circulação lateral aberta, o ganho da ventilação cruzada nos apartamentos melhora questões de conforto, podendo reduzir o consumo de energia elétrica face à menor utilização de aparelhos de ar condicionado.

A partir dos resultados encontrados e baseado na revisão bibliográfica realizada, é oportuno colocar em discussão a maneira como é concebida a habitação de interesse social no país. Aspectos relacionados ao tipo arquitetônico (decisões projetuais, portanto) e suas influências nos custos dos edifícios, na qualidade e nos impactos ambientais desses empreendimentos, que há muito vêm sendo pautadas por diversos autores já citados neste trabalho, acabam sendo ignoradas por projetistas e construtores.

Ressalta-se que a redução dos impactos ambientais, as diferenças de custos de produção e o aprimoramento dos quesitos de habitabilidade estimadas referem-se unicamente pela diferença no tipo arquitetônico, corroborando com as afirmações da revisão bibliográfica acerca do alto grau de influência das decisões tomadas nas etapas de concepção do empreendimento sobre o resultado final do produto (no caso, o edifício). As modificações indicam, além de redução de custo, minimização dos impactos ambientais e apartamentos mais qualificados.

No caso dos projetos estudados, pode-se concluir também que as bases que formam o tripé da sustentabilidade, aplicados a empreendimentos da construção civil, estão relacionados entre si. Dessa forma, minimizando-se impactos ambientais, reduziu-se também custos e aprimorou-se a habitabilidade. Ou seja, não foi necessário optar entre um benefício ou outro, uma vez que um se tornou consequência do outro.

Por fim, sabe-se que é grande o *déficit* habitacional brasileiro, ao mesmo tempo em que também é volumoso o montante financeiro que está sendo investido pelo Governo Federal, especialmente através do PMCMV. Entretanto, a partir de uma análise criteriosa das decisões tomadas na etapa de concepção de um EHIS e com a definição de tipos arquitetônicos adequados a cada situação, pode-se otimizar o uso dos recursos naturais (beneficiando a sociedade como um todo), os recursos financeiros (especialmente para o governo, que acaba atuando como financiador) e especialmente para o usuário final, através da melhora de quesitos de habitabilidade.

6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A partir da realização desta pesquisa são realizadas as seguintes sugestões para o desenvolvimento de trabalhos futuros:

- ampliar a investigação da energia incorporada (EI) das edificações, incluindo as etapas de operação, manutenção e demolição, assim como a energia elétrica, energia de equipamentos e para o transporte de funcionários, entre outros;
- mensurar outros impactos ambientais provocadas pela produção de edifícios, como, por exemplo, a geração de resíduos;
- investigar os demais quesitos de habitabilidade elencados pela NBR-15575 (ABNT, 2010) e simular, através de *softwares* específicos, os ganhos de habitabilidade de um tipo arquitetônico face a outro(s);
- simular alternativas aos projetos, de forma a aplicar o montante financeiro economizado pelo projeto-proposto em relação ao Projeto-base, visando à qualificação das edificações de interesse social;
- propor um conjunto de indicadores que possam ser utilizados para facilitar a avaliação dos impactos nos vieses ambiental, de custos e habitabilidade, aproveitando a relação feita neste trabalho com o índice econômico de compacidade (IeC).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDULLAH, A. M. B. **State housing provision in Sarawak: An examination of accessibility, habitability, sustainability, and affordability.** 1995. Thesis (Doctor of Philosophy in Architecture), University of Newcastle upon Tyne, Reino Unido.

AFONSO, S.; OLIVEIRA, R. de; LOGSDON, L. A funcionalidade e a flexibilidade como garantia de qualidade do projeto de habitação de interesse social. In: Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído. Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, 10. Rio de Janeiro: **Anais...** Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011.

AGOPYAN, V.; JOHN, V. M. **O desafio da sustentabilidade na construção civil.** São Paulo: Blucher, 2011.

ARAVENA, A. Quinta Monroy. **ARQ**, v. 57, n. 7, p. 30-33, jul. 2004.

ARRETCHE, M. Intervenção do Estado e setor privado: o modelo brasileiro de política habitacional. **Espaço & Debates**, n. 31, p. 21-36, 1990.

ARRETCHE, M.; VAZQUEZ, D.; FUSARO, E. **Capacidades administrativas, déficit e efetividade na política habitacional.** Secretaria Nacional da Habitação, Ministério das Cidades, Brasília, 2007.

ASIAÍN, J. L. de. La habitabilidad de la arquitectura: el caso de la vivienda. **DeArq**, Bogotá, v. 6, n. 10, p. 100-107, jul. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15220-3** – Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

_____. **NBR 12721** - Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edilícios – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

_____. **NBR 15575-1** – Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

ASSUMPÇÃO, J. F. P. **Gerenciamento de Empreendimentos na Construção Civil: Modelo para Planejamento Estratégico da Produção de Edifícios.** 1996. Tese (Doutorado em Engenharia), Escola Politécnica, USP, São Paulo.

AZEVEDO, S.; ANDRADE, L. A. G. **Habitação e Poder:** da Fundação da Casa Popular ao Banco Nacional da Habitação. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1982.

BOESIGER, W. **Le Corbusier: oeuvre complète 1938-1946.** Zurique: Girsberger, 1977.

BOLLAFI, G. Habitação e urbanismo: o problema e o falso problema. In: MARICATO, E. (Org.). **A produção capitalista da casa (e da cidade) no Brasil industrial.** São Paulo: Editora Alfa-Omega, 1979.

BONDUKI, N. G. **Tendências e perspectivas na avaliação de políticas e programas sociais**: uma metodologia para avaliar programas de habitação. São Paulo: IEE/PUC-SP, 2002.

_____. **Origens da habitação social no Brasil**: Arquitetura Moderna, Lei do Inquilinato e Difusão da Casa Própria. São Paulo: Estação Liberdade, 2004.

BRANDÃO, D. Q. Avaliação da qualidade de arranjos espaciais de apartamentos baseada em aspectos morfo-topológicos e variáveis geométricas que influenciam na racionalização construtiva. **Ambiente Construído**, v. 6, n. 3, p. 53-67, jul./set. 2006.

_____. Disposições técnicas e diretrizes para projeto de habitações sociais evolutivas. **Ambiente Construído**, v. 11, n. 2, p. 73-96, abr./jun. 2011.

BRASIL. Lei n. 10.257, de 10 de julho de 2001, que estabelece diretrizes gerais da política urbana. Brasília, Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, 2001.

_____. Lei n. 11.124, de 16 de junho de 2005, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social – SNHIS, cria o Fundo Nacional de Habitação de Interesse Social – FNHIS e institui o Conselho Gestor do FNHIS. Brasília, Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, 2005a.

_____. **Eficiência energética em habitações de interesse social**. Caderno 9. Brasília: Ministério das Cidades/Ministério de Minas e Energia, 2005b.

_____. Lei n. 11.977, de 07 de julho de 2009, que dispõe sobre o Programa Minha Casa, Minha Vida – PMCMV e a regularização fundiária de assentamentos localizados em áreas urbanas, e dá outras providências. Brasília, Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, 2009.

_____. **Inventário Nacional de Emissões de gases de efeito estufa**. Ministério da Ciência e Tecnologia, 2010a.

_____. Lei n. 12.212, de 20 de janeiro de 2010, que dispõe sobre a Tarifa Social de Energia Elétrica. Brasília, Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, 2010b.

_____. **Balanco Energético Nacional**. Ministério de Minas e Energia. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/mme>>. Acesso em: 11 set. 2011.

BRIBIÁN, I. Z.; USÓN, A. A; SCARPELLINI, S. Life cycle assessment in buildings: State-of-the-art and simplified LCA methodology as a complement for building certification. **Building and Environment**, Estados Unidos, v. 44, n. 12, p. 2510-2520, dez. 2009.

BRITO, J. N. de S.; FORMOSO, C. T.; ECHEVESTE, M. E. Análise de dados de reclamações em empreendimentos habitacionais de interesse social: estudo no Programa de Arrendamento Residencial. **Ambiente Construído**, v. 11, n. 4, p. 151-166, out./dez. 2011.

CAIXETA, E. M. M. P. Uma arquitetura para a cidade: a obra de Affonso Eduardo Reidy. **ARQTexto**, ano 2, v. 2, n. 2, 2002. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/propar/publicacoes/ARQtextos/PDF_revista_2/2_Eliane.pdf> Acesso em: 10 jan. 2012.

_____. Pedregulho: Enseñar a vivir en la nueva ciudad. **DPA**, Barcelona, n. 19, p. 28-33, abr. 2003. Disponível em: <<http://arq5mvsjs.files.wordpress.com/2009/07/paginas-de-dpa-19-reidy-3.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2012.

CASTRO, C. O. de. **A habitabilidade urbana como referencial para a gestão de ocupações irregulares**. 2007. Dissertação (Mestrado em Gestão Urbana), Programa de Pós-Graduação em Gestão Urbana, PUC-PR, Curitiba.

CES, Cambridge Engineering Selector. **EduPack software**, Granta Design Limited, Cambridge, United Kingdom, 2005.

CIB, Conseil International du Bâtiment. **Agenda XXI on sustainable construction**. CIB Report Publications 237. Netherlands, 1999.

CÍRICO, L. A. **Por dentro do espaço habitável: uma avaliação ergonômica de apartamentos e seus reflexos nos usuários**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis.

COELHO, B. A. **1984-2004: 20 anos a promover a construção de habitação social**. Lisboa: Instituto Nacional de Habitação, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2006.

COHEN, S. C. **Habitação saudável como caminho para a promoção da saúde**. 2004. Tese (Doutorado em Ciências na área de Saúde Pública), Ministério da Saúde, Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro.

CORDEIRO FILHO, A. **Empreendedorismo no Mercado Imobiliário Habitacional**. São Paulo: Atlas, 2008.

DEGANI, C. M.; CARDOSO, F. F. Aplicabilidade de sistemas de gestão ambiental em empresas construtoras de edifícios. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 3, n. 3, p. 33-43, jul./set. 2003.

DEL RÍO-CIDONCHA, M. G.; IGLESIAS, J. E.; MARTÍNEZ-PALACIOS, J. A comparison of floorplan design strategies in architecture and engineering. **Automation in Construction**, Estados Unidos, v. 16, n. 5, p. 559-568, 2007.

DIAS, P. R. V. **Engenharia de custos: uma metodologia de orçamentação para obras civis**. 4. ed. Curitiba: Copiare, 2003.

EASTERBY-SMITH, M.; JOHNS, A.; BURGOYE, J. Evaluating action learning. In: PEDLER, Mike. **Action Learning in Practice**. 3th ed. Hamsphire: Grower, p. 347-354, 1997.

ELKINGTON, J. **Cannibals with forks: the triple bottom line of 21st century business**. UK: Capstone, 1997.

ENCOL. **Arquitetura empresarial**. Brasília: Encol, Diretoria de Produto, 1990.

FARAH, F.; VITTORINO, F. Edificação: ampla sustentabilidade. **Téchne**, n. 111, jun. 2006.

FAY, M. R. **Comparative life cycle energy studies of typical Australian suburban dwellings**. 1999. Thesis. Faculty of Architecture, Building and Planning. The University of Melbourne, Melbourne.

FEE (Fundação de Economia e Estatística). **Resumo estatístico RS – COREDES**. Disponível em: <<http://www.fee.tche.br/sitefee/pt/content/capa/index.php>>. Acesso em: 18 mar. 2012.

FERNANDES, A. Construção compartilhada. **AU**, n. 172, jul. 2008.

FERRAZ, M. C. (org). **Vilanova Artigas**. São Paulo: Instituto Lina Bo e P. M. Bardi, Fundação Vilanova Artigas, 1997.

FLYNN, B. B. Empirical research methods in operations. **Journal of Operation Management**, v. 9, n.2, Apr. 1990.

FORMOSO, C. T. **A knowledge based framework for planning house building projects**. 1991. Thesis (Doctor of Philosophy) – Department of Quality and Building Surveying. The University of Salford. England, 1991.

FORMOSO, C. T.; COSTA, D. B.; LIMA, H. M. de R.; BARTH, K. B. Desenvolvimento de um sistema de indicadores para *benchmarking* na construção civil: utilizando uma abordagem de aprendizagem. In: Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, 4.; Encontro Latinoamericano de Gestão e Economia da Construção. Porto Alegre, RS: **Anais...** Porto Alegre: SIBRAGEC/IELAGEC, 2005.

FRANÇA, E.; BARDA, M. **Renova SP: concurso de projetos de arquitetura e urbanismo**. 1. ed. São Paulo: HABI – Superintendência de Habitação Popular, 2011.

FREITAS, C. G. L. **Planos Diretores Municipais: integração regional estratégica**. Coleção Habitare. Porto Alegre: ANTAC, 2007.

GAUZIN-MÜLLER, D. **Arquitectura ecológica**. Barcelona: Gustavo Gili, 2002.

GIAMMUSSO, S. E. **Orçamento e custos na construção civil**. São Paulo: Pini, 1988.

GIGLIO, E. M. **Contribuição ao desenvolvimento de um modelo de estratégia orientada para a satisfação do consumidor no ramo imobiliário**. 2002. Tese (Doutorado em Economia), Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Departamento de Administração, USP, São Paulo.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOLD, J. R. **The experience of modernism: modern architects and the future city**. Londres: E & FN Spon, 1997.

GOOSSENS, M.. Miranda apartamentos. **DeArq**, v. 6, n. 6, p. 118-125, jul. 2010.

GRANJA, A. D.; KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; PINA, S. A. M, G.; FONTANINI, P. S. P.; BARROS, L. A. F.; PAOLI, D. De; JACOMIT, A. M.; MAÇANS, R. M. R. A natureza do

valor desejado na habitação social. **Ambiente Construído**, v. 9, n. 2, p. 87-103, abr./jun. 2009.

GUERRA, G. M.; KERN, A. P.; GONZÁLEZ, M. A. S. Empreendimentos de habitação de interesse social: o desafio na relação área/custo. **Teoria e Prática na Engenharia Civil**, n. 14, p. 51-58, out. 2009.

HEINECK, L. F. M. **Gerenciamento de Empreendimentos**. Florianópolis. CPGEPS. UFSC, 2000, 77p.

HIROTA, E. H. **Estudo exploratório sobre a tipificação de projetos de edificações, visando a reformulação da norma brasileira NB-140/65**. 1987. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

_____. **Desenvolvimento de competência para a introdução de inovações gerenciais na construção através da aprendizagem na ação**. 2001. 217 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

HIROTA, E. H.; SCHEIDT, F. S. da S.; SILVA, P. R. da; SILVA, S. M. C. P. da; Consideração de requisitos ambientais em empreendimentos habitacionais de interesse social: um estudo de caso. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 1, p. 91-106, jan./mar. 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Síntese de indicadores sociais – Uma análise das condições de vida da população brasileira**. Estudos e pesquisa, Informação demográfica e socioeconômica, n. 27. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.br>>. Acesso em: 13 mar. 2012.

ISAAC, S. M. **Parque Cecap Guarulhos: transformação urbana**. 2007. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, USP, São Paulo.

JOHN, V. M.; PRADO, R. T. A. **Boas práticas para habitação mais sustentável**. São Paulo: Páginas & Letras, 2010.

JURAN, J. M. **A qualidade desde o projeto**. São Paulo: Pioneira, 1992.

KERN, A. P. **Proposta de um modelo de planejamento e controle de custos de empreendimentos de construção**. 2005. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

KLEIN, A. **Vivienda mínima 1906-1957**. Barcelona: Gustavo Gili, 1980.

KOSKELA, L. **An exploration towards a production theory and its application to construction**. 2000. Thesis. (Doctor of Technology), Technical Research Centre of Finland – VTT. Helsinki.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K. et al. Reflexão sobre metodologias de projeto arquitetônico. **Ambiente Construído**, v. 6, n. 2, p. 7-19, abr./jun. 2006.

LACERDA, J. S. de; COUTO, H. T. Z. do; HIROTA, M. M.; PASISHNYK, N.; POLIZEL, J. L. Estimativa de biomassa e carbono em áreas restauradas com plantio de essências nativas. **Metrvm**, São Paulo, n. 5, p. 1-23, nov. 2009. Disponível em: <<http://cmq.esalq.usp.br/wiki/doku.php?id=publico:metrvm:start>>. Acesso em: 14 nov. 2012.

LAY, M. C. D.; REIS, A. T. L. Análise quantitativa na área de estudos ambiente-comportamento. **Ambiente Construído**, v. 5, n. 2, p. 21-36, abr./jun. 2005.

_____. O projeto da habitação de interesse social e a sustentabilidade social. **Ambiente Construído**, v. 10, n. 3, p. 99-119, jul./set. 2010.

LE DANTEC, C. A.; DO, E. Y. The Mechanism of Value Transfer in Design Meetings. **Design Studies**, v. 30, n. 2, p. 119-137, mar. 2009.

LEITE, F. L. **Contribuições para o gerenciamento de requisitos do cliente em empreendimentos do programa de arrendamento residencial**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

LEITE, L. C. R. **Avaliação de projetos habitacionais – avaliando a funcionalidade da moradia social**. São Paulo: Ensino Profissional, 2006.

LIMA, L. P.; FORMOSO, C. T.; ECHEVESTE, M. E. S. Proposta de um protocolo para o processamento de requisitos de cliente em empreendimentos habitacionais de interesse social. **Ambiente Construído**, v. 11, n. 2, p. 21-37, abr./jun. 2011.

LOBO, F. H. R. **Inventário de emissão equivalente de dióxido de carbono e energia embutida na composição de serviços em obras públicas: estudo de caso no Estado do Paraná**. 2010. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Programa de Pós-Graduação em Construção Civil. Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

LOBO, F. H. R.; SANTOS, A. de P. L.; TAVARES, S. F. Ferramentas de planejamento para levantamento de inventário de emissão de CO₂: estudo de caso. **Revista IJIE**, Florianópolis, v. 2, n. 2, p. 26-43, dez. 2010.

LOSSO, I. R. **Utilização das características geométricas da edificação na elaboração de estimativas preliminares de custo: estudo de caso em uma empresa de construção**. 1995. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

MALDONADO, T. **El futuro de la modernidad: la idea de confort**. Barcelona: Jucar Universidad, 1990.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

MARICATO, E. **Habitação e cidade**. Espaço & Debate. 5. ed. São Paulo: Atual, 1999.

MARTÍ ARÍS, C. **Las variaciones de la identidad**. Ensayo sobre el tipo em arquitetura. Barcelona:Ediciones del Serbal, 1993.

MASCARÓ, J. L. **O Custo das Decisões Arquitetônicas**. 5. ed. Porto Alegre: Masquatro, 2010.

MEDINA, H. V. **Produção e Uso Sustentável de Materiais: Gestão Ambiental e Análise do Ciclo de Vida**. Rio de Janeiro. Comunicação Técnica Elaborada para o 61º Congresso Anual da ABM – Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, 2006. Disponível em: <http://www.unilasalle.edu.br/canoas/assets/upload/DesignProduto/ciclo_de_vida.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2012.

MEDVEDOVSKI, N. S. Diretrizes Especiais para Regularização Urbanística, Técnica e Fundiária de Conjuntos Habitacionais Populares. In: ABIKO, A. K.; ORNSTEIN, S. W. (Ed.). **Inserção Urbana e Avaliação Pós-Ocupação (APO) da Habitação de Interesse Social**. São Paulo: FAUUSP, cap. 6, p. 130-159, 2002.

MELHADO, S. B. (org.). **Coordenação de Projetos de Edificação**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2005.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Plano Nacional de Habitação**. Disponível em <<http://www.cidades.gov.br>>. Acesso em: 30 dez. 2011.

_____. **Política Nacional de Habitação**. Disponível em <<http://www.cidades.gov.br>>. Acesso em: 05 jan. 2012.

MIRON, L. **Proposta de Diretrizes para o Gerenciamento dos Requisitos do Cliente em Empreendimentos da Construção**. 2002. Porto Alegre. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MORO, P. R. P. **Empreendimentos habitacionais de interesse social: estudo de caso em São Leopoldo, RS**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo.

NELMS, C.; RUSSEL, A.; LENCE, B. Assessing the performance of sustainable technologies for building projects. **Canadian Journal of Civil Engineering**, Vancouver, v. 32, p. 114-128, mar. 2005.

OKTAY, D. Sustainability of Housing Environments: assessments in cyprriot settlements. In: Conference of the Environmental Design Research Association, 30, 1999. Orlando, **Proceedings...** Orlando: EDRA, 1999. v. 1, p. 147-158.

OLGYAY, V. W. **Arquitetura y clima: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas**. Barcelona: Gustavo Gili, 1998.

ORNSTEIN, S.; BRUNA, G.; ROMÉRO, M. **Ambiente Construído & Comportamento: A Avaliação Pós-Ocupação e a Qualidade Ambiental**. São Paulo: Studio Nobel: FUPAM, 1995.

ORNSTEIN, S. W.; ROMÉRO, M. A. **Avaliação Pós-Ocupação do Ambiente Construído**. São Paulo: Studio Nobel: EDUSP, 1992.

_____. **Avaliação Pós-Ocupação: métodos e técnicas aplicados à habitação social**. Coleção Habitare. Porto Alegre: ANTAC, 2003.

OTERO, J. A.; HEINECK, L. F. M. Análise paramétrica para estimativa de custos na Construção de edifícios. In: Conferência Latino Americana de Construção Sustentável. 1º Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 10. São Paulo. **Anais...** São Paulo: ANTAC, 2004.

PARISOTTO, J. A. **Análise de estimativas paramétricas para formular um modelo de quantificação de serviços, consumo de mão-de-obra e custos de edificações residenciais – Estudo de caso para uma Empresa Construtora**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.

PENNA, C. D.; SOUZA, R. de; MELO, T. **Tendências do mercado de habitação econômica e de interesse social**. 1. ed. São Paulo: O Nome da Rosa, 2012.

POLAK, P. R. **Design for the other ninety percent**. In: Design for the other 90%. New York, Cooper-Hewitt, 2007, p. 26-31.

REIS, A. Open Spaces of Housing Environments: lack of territorial control, maintenance, use and appearance. In: Environmental Design Research Association Conference, 13. 1999, Orlando, Florida. **Proceedings...** Orlando, Florida: EDRA, 1999. p. 179-187.

RIO GRANDE DO SUL, **Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul**. Edição eletrônica. Disponível em: < <http://www.scp.rs.gov.br/atlas/default.asp> > Acesso em: 30 dez. 2011.

ROAF, S.; FUENTES, M.; THOMAS, S. **Ecohouse: a casa ambientalmente sustentável**. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

RODRIGUES, M. C. A Aplicação da Ferramenta de Certificação LEED para Avaliação de Edifícios Sustentáveis no Brasil. In: Congresso Latino-americano da Construção Metálica. 2010, São Paulo. **Anais...** São Paulo: CONSTRUMETAL, 2010.

RODRÍGUEZ, M. A. A.; HEINECK, L. F. M. Coordenação de projetos: uma experiência de 10 anos dentro de empresas construtoras de médio porte. In: Simpósio brasileiro de gestão da qualidade e organização do trabalho no ambiente construído, 2. 2011, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: 2001.

ROLNIK, R. **A cidade e a lei: legislação, política urbana e territórios na cidade de São Paulo**. São Paulo: Studio Nobel, 1997.

ROSSI, A. **A arquitetura da cidade**. São Paulo: Martins Fontes, 1995.

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

_____. **Racionalização da Construção**. São Paulo: Editora USP, 1990.

ROSSETO, R. Arquitetura moderna e tipologias de mercado: uma primeira classificação. In: SAMPAIO, M. R. A. de (Org). **A Promoção Privada de Habitação Econômica e a Arquitetura Moderna 1930-1964**. São Paulo, Editora Rima, 2002, p. 30-50.

SANTOS, M. **A Urbanização Brasileira**. São Paulo: Hucitec, 1993.

SÃO LEOPOLDO. Lei nº 6.125, de 19 de dezembro de 2006, que dispõe sobre o Plano Diretor do Município de São Leopoldo, estabelecendo as diretrizes gerais da política municipal de desenvolvimento territorial, e dá outras providências. **Diário Oficial do Município**, 19 de dezembro de 2006.

_____. Lei nº 6.628, de 16 de maio de 2008, que institui o Código de Obras do Município de São Leopoldo e dá outras providências. **Diário Oficial do Município**, 16 de maio de 2008.

SACHS, C. **São Paulo: políticas públicas e habitação popular**. São Paulo: Edusp, 1999.

SAYEGH, S. Arquitetura popular brasileira. **AU**, São Paulo, v. 1, n. 126, set. 2004. Disponível em: <<http://www.revistaau.com.br/arquitetura-urbanismo/126/artigo23196-1.asp>>. Acesso em: 14 jan. 2012.

SCHRAMM, W. **Notes on case studies of instructional media projects**. Working paper, the Academy for Educational Development, Washington, 1971.

SEGAWA, H. **Arquiteturas no Brasil (1900-1990)**. São Paulo: EdUSP, 1997.

SERAPIÃO, F. Condomínio Residencial, Cotia, SP. **ProjetoDesign**, São Paulo, n. 278, p. 24-27, abr. 2003.

SERRA, G. G. Post-Occupancy Evaluation at the Urban Scale in Brazil. In: PREISER, W. F. (Ed.). **Building Evaluation**, Nova York: Plenum Press, 1989. p. 307-315.

SHERWOOD, R. **Vivienda: protótipos del movimiento moderno**. Barcelona: Gustavo Gili, 1983.

SILVA, J. M. P. Habitação de interesse social e as legislações municipais da região metropolitana de Campinas. **Ambiente Construído**, v. 11, n. 3, p. 55-71, jul./set. 2011.

SILVA, R. S. da. O conjunto Pedregulho e algumas relações compositivas. **Arquitextos** 062.06. **Vitruvius**, ano 6, jul. 2005.

SILVA, V. G. Indicadores de Sustentabilidade de Edifícios: estado da arte e desafios para desenvolvimento no Brasil. **Ambiente Construído**, v. 7, n. 1, p. 47-66, jan./mar. 2007.

SIQUEIRA, R. A. **Peso econômico das soluções projetuais nas habitações de interesse social: estudo de caso dos conjuntos habitacionais do Programa de Crédito Solidário em Belo Horizonte**. 2008. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, UFMG, Belo Horizonte.

SMITH, C. E. **World designs to end poverty**. In: Design for the other 90%. New York, Cooper-Hewitt, 2007, p. 11-17.

SOLANO, R. S. Análise Econômica de Projeto Habitacional. In: **Workshop Nacional Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios**, 2002. Porto Alegre: 2002.

_____. **Modelo para desenvolvimento de projeto de edificações com restrições de tempo de execução e de custo de construção**. 2007. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – UFSC, Florianópolis.

TAVARES, S. F. **Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras**. 2006. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, UFSC, Florianópolis.

TRACHTENBERG, M.; HYMAN, I. **Architecture, from prehistory to post-modernism**. New Jersey: Prentice-Hall, 1986.

TRAJANO, I. Análise da Distribuição da Distribuição Percentual de Custos dos Serviços de Edifícios Habitacionais. In: 9o ENEGEP. 1989. Porto Alegre, RS. **Anais...**, UFRGS, 1989, v. 2, p. 25.

TUHUS-DUBROW, D.; KRARTI, M. Genetic-algorithm based approach to optimize building envelope design for residential buildings. **Building and Environment**, Estados Unidos, v. 45, n. 12, p. 1574-1581, dez. 2010.

TZORTZOPOULOS, P. **Contribuições para o desenvolvimento de um modelo do processo de projeto de edificações em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte**. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

VANEGAS, J. A; HASTAK, M.; PEARCE, A. R.; MALDONADO, F. **A framework and practices for cost-effective engineering in capital projects in the A/E/C industry**. CII, Research Report 112 – 11, May 1998.

VILHENA, J. M. Diretrizes para a sustentabilidade das edificações. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, São Paulo, v. 2, n. 2, p. 59-77, mai. 2007.

VILLA, S. B. Avaliando a habitação: relações entre qualidade, projeto e avaliação pós-ocupação em apartamentos. **Ambiente Construído**, v. 9, n. 2, p. 119-138, abr./jun. 2009.

W.C.E.D. World Commission on Environment and Development. **Our common future**. 15 ed. New York: Oxford University Press, 1987.

W.W.F. World Wide Fund for Nature. **Glossário**. Disponível em <<http://www.wwf.org.br>>. Acesso em: 20 dez. 2012.

YIN, R. K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

APÊNDICES

APÊNDICE A

A energia para o transporte dos materiais até o canteiro de obras foi estimada separadamente para cada item, a conforme descrito no Capítulo 4 (Método de Pesquisa). Para fins de exemplificação, detalhou-se o cálculo do cimento. As estimativas de energia de transporte dos demais materiais seguiram o mesmo procedimento de cálculo.

Dados:

3 km = 35 MJ

1 km = x

logo, x = 11,67 MJ

Capacidade de carga: 14 ton

Distância até canteiro: 28 km

$11,67 \text{ MJ} / 14 \text{ ton} = 0,8335 \text{ MJ/ton}$

$28 \text{ km} \times 0,8335 / 1000 \text{ kg} = 0,023 \text{ MJ/ton/km}$

Locais de produção, capacidade de carga dos veículos de transporte e índices obtidos (MJ/t/km).

Material	Cidade origem	UF	Carga total (ton)	Distância (km)	Índice
Aço	Sapucaia do Sul	RS	25	13	0,006
Areia	Sapucaia do Sul	RS	18	13	0,008
Azulejo	Tijucas	SC	26	504	0,226
Blocos cerâmicos	Campo Bom	RS	14	24	0,020
Brita	Estância Velha	RS	8,25	19	0,027
Cal	Caçapava do Sul	RS	20	287	0,167
Cimento	Nova Santa Rita	RS	14	28	0,023
Fiação elétrica	São Leopoldo	RS	14	5	0,0042
Forro PVC	Joinville	SC	8	600	0,875
Impermeabilizante	São Paulo	SP	14	1071	0,595
Lona plástica	Esteio	RS	26	15	0,007
Louças e metais	São Leopoldo	RS	10,5	5	0,006
Madeira - compensado	Guarapuava	PR	13	750	0,673
Madeira - eucalipto	Gravataí	RS	9,6	28	0,034
Madeira - pinho	Parobé	RS	9,6	50	0,0607
Piso cerâmico	Tijucas	SC	26	504	0,226
Telha fibrocimento	Esteio	RS	15	15	0,012
Tijolos maciços	Campo Bom	RS	18	24	0,016
Tintas	Novo Hamburgo	RS	14	8	0,007
Tubulação PVC	Joinville	SC	10	600	0,7002
Vidros	São Leopoldo	RS	1,5	5	0,039

APÊNDICE B

Planilha estimativa completa de EI do Projeto-base e dos Projetos-propostos A e B.

Projeto-base (Tipo H - IeC=49,4)										
<i>1</i>	<i>Serviços preliminares</i>	Qtd	Und	Densidade	Total kg	EI (MJ/m³)	EI (MJ/kg)	Total MJ	Transporte	EI Transporte
1.1.	Locação da obra									
	Aço - arame galvanizado	5	kg		5		31	155	0,006	0,030342
	Pregos aço 18x27	2,8	kg		2,8		31	86,8	0,006	0,01699152
	Pontaletes madeira 3x3" cedro	0,01	m³	720	7,2		0,5	3,6	0,034	0,24507
	Tábua madeira 1x9" cedrinho	0,1	m³	720	72		0,5	36	0,034	2,4507
1.2.	Tapume de tábuas com portão	<i>150</i>	<i>m²</i>							
	Aço - arame galvanizado	70	kg		70		31	2170	0,006	0,424788
	Pregos aço 18x27	40	kg		40		31	1240	0,006	0,242736
	Pontaletes madeira 3x3" cedro	0,3	m³	720	216		0,5	108	0,034	7,3521
	Ripa madeira 10x50mm	0,003	m³	720	2,16		0,5	1,08	0,034	0,073521
	Tábua madeira 1x12" cedrinho	1,25	m³	720	900		0,5	450	0,034	30,63375
1.3.	Abrigo provisório	<i>40</i>	<i>m²</i>							
	Areia média lavada	2,2772277	m³	1515	3450	75,75	0,05	172,5	0,008	28,78985149
	Pedra britada 1	2,7878788	m³	1650	4600	4500	0,15	690	0,027	123,6312727
	Cimento Portland CP II-E32	0,5897436	m³	1950	1150	8190	4,2	4830	0,233	268,41
	Chapa compensada resinada e=12mm	0,6	m³	720	432		0,5	216	0,673	290,8523077
	Pregos aço 18x27	50	kg		50		31	1550	0,006	0,30342
	Pontaletes madeira 3x3" cedro	0,14	m³	720	100,8		0,5	50,4	0,034	3,43098
	Tábua madeira 1x9" cedrinho	2,5	m³	720	1800		0,5	900	0,034	61,2675
	Viga em madeira 60x120mm peroba	0,45	m³	720	324		0,5	162	0,034	11,02815
	Cumeeira p/ telha fibrocimento	0,012		1920	23,04		6	138,24	0,012	0,2688768
	Telha fibrocimento ondulada 4mm	0,4	m³	1920	768		6	4608	0,012	8,96256
<i>2</i>	<i>Estrutura</i>	Qtd	Und	Densidade	Total kg	EI (MJ/m³)	EI (MJ/kg)	Total MJ	Transporte	EI Transporte
2.1.	Infraestrutura									
<i>2.1.1.</i>	<i>Baldrames e fundações</i>									
	Tábuas de pinho para fundações e=15mm (5x)	1,8	m³	600	1080		0,5	540	0,034	36,7605
	Aço - armadura CA-50 d=1/4 a 3/8	1080	kg		1080		31	33480	0,006	6,553872

	Impermeabilização baldrame - 3 demãos	30	kg		30		96	2880	0,595	17,8551
2.1.2.	Concreto estrutural fck 21 Mpa	12	m ³							
	Areia média lavada	6,8316832	m ³	1515	10350	75,75	0,05	517,5	0,008	86,36955446
	Pedra britada 1	8,3636364	m ³	1650	13800	4500	0,15	2070	0,027	370,8938182
	Cimento Portland CP II-E32	1,7692308	m ³	1950	3450	8190	4,2	14490	0,023	80,523
2.2.	Supraestrutura									
2.2.1.	Vigas e lajes									
	Forma chapa compensada resinada e=12mm (3x)	18,4752	m ³	720	13302,144		8	106417,152	0,673	8955,924258
	Escoras madeira d=10cm	19908	kg		19908		0,5	9954	0,034	677,61855
	Pregos aço 18x27	26	kg		25		31	775	0,006	0,15171
	Aço - armadura CA-50 d=1/4 a 3/8	9699,48	kg		9699,48		96	931150,08	0,006	58,86032443
	Aço - armadura CA-60 d=1/4 a 3/8	4156,92	kg		4156,92		96	399064,32	0,006	25,22585333
2.2.2.	Concreto estrutural fck 21 Mpa	153,96	m ³							
	Areia média lavada	87,650495	m ³	1515	132790,5	75,75	0,05	6639,525	0,008	1108,121384
	Pedra britada 1	107,30545	m ³	1650	177054	4500	0,15	26558,1	0,027	4758,567687
	Cimento Portland CP II-E32	22,699231	m ³	1950	44263,5	8190	4,2	185906,7	0,023	1033,11009
2.3.	Escada									
2.3.1.	Escada concreto	5	m ³							
	Areia média lavada	2,8465347	m ³	1515	4312,5	75,75	0,05	215,625	0,008	35,98731436
	Pedra britada 1	3,4848485	m ³	1650	5750	4500	0,15	862,5	0,027	154,5390909
	Cimento Portland CP II-E32	0,7371795	m ³	1950	1437,5	8190	4,2	6037,5	0,023	33,55125
	Aço - armadura CA-50 d=1/4 a 3/8	500	kg		500		31	15500	0,006	3,0342
2.3.2.	Guarda-corpo h=90cm									
	Grade de ferro (20 m ²)	0,52	m ³	7870	4092,4		31	126864,4	0,006	24,83432016
	Corrimão de ferro (80 m)	3,2	m ³	7870	25184		31	780704	0,006	152,8265856
3	Alvenarias	Qtd	Und	Densidade	Total kg	EI (MJ/m³)	EI (MJ/kg)	Total MJ	Transporte	EI Transporte
3.1.	Paredes e painéis									
3.1.1.	Blocos e tijolos									
	Blocos cerâmicos 14x19x29	235	m ³	1400	329000		2,9	954100	0,020	6581,88
	Tijolos maciços 6x11x22	6,9	m ³	1400	9660		2,9	28014	0,016	150,3096
3.1.2.	Argamassa assentamento blocos 1:2:8	20,9	m ³	-			-			
	Areia média lavada	18,661386	m ³	1515	28272		0,05	1413,6	0,008	235,9265743
	Cal hidratada CH III	4,712	m ³	1500	7068		3	21204	0,167	1183,639086

	Cimento Portland CP II-E32	1,8123077	m ³	1950	3534	4,2	14842,8	0,023	82,48356	
3.1.3.	Argamassa assentamento tijolos 1:2:8	1,342	m ³	-		-				
	Areia média lavada	1,1982574	m ³	1515	1815,36	0,05	90,768	0,008	15,1489695	
	Cal hidratada CH III	0,30256	m ³	1500	453,84	3	1361,52	0,167	76,00208868	
	Cimento Portland CP II-E32	0,1163692	m ³	1950	226,92	4,2	953,064	0,023	5,2963128	
3.2	Revestimento de paredes									
3.2.1	Chapisco traço 1:3	5,81	m ³	-		-				
	Areia média lavada	5,349802	m ³	1515	8104,95	0,05	405,2475	0,008	67,63487153	
	Cimento Portland CP II-E32	1,275722	m ³	1950	2487,657921	4,2	10448,16327	0,023	58,06193587	
3.2.2	Massa única (emboço) 1:2:9	11,62	m ³	-						
	Areia média lavada	10,699604	m ³	1515	16209,9	0,03	486,297	0,008	135,2697431	
	Cal hidratada CH III	2,4014667	m ³	1500	3602,2	3	10806,6	0,167	603,2406219	
	Cimento Portland CP II-E32	0,923641	m ³	1950	1801,1	4,2	7564,62	0,023	42,037674	
3.2.3	Azulejos	490	m ²	-		-				
	Azulejo	2,94	m ³	2000	5880	6,2	36456	0,226	1330,164554	
3.2.4	Argamassa assentamento 1:2:8	7,35	m ³	-						
	Areia média lavada	6,5627363	m ³	1515	9942,545455	0,05	497,1272727	0,008	82,96939334	
	Cal hidratada CH III	1,6570909	m ³	1500	2485,636364	3	7456,909091	0,167	416,2558508	
	Cimento Portland CP II-E32	0,6373427	m ³	1950	1242,818182	4,2	5219,836364	0,023	29,00737636	
	Cimento branco não estrutural	0,245	m ³	1950	477,75	4,2	2006,55	0,023	11,150685	
4	Esquadrias	Qtd	Und	Densidade	Total kg	EI (MJ/m³)	EI (MJ/kg)	Total MJ	Transporte	EI Transporte
4.1	Esquadrias de madeira									
4.1.1	Porta madeira 60x210 e=3,5cm	20	0	0	0	0	0	0	0	0
	Porta lisa de madeira 60x210x3,5 (eucalipto)	0,882	m ³	720	635,04	3,5	2222,64	0,034	21,615174	
	Pregos aço 16x24	5	kg		5	31	155	0,006	0,030342	
	Parafuso aço cabeça chata 90x6,1mm zincado	160	und		0,8	37,5	30	0,006	0,00485472	
	Madeira - taco p/ instalação (1,5x5x6cm) peroba	120	und	720	3,888	3,5	13,608	0,034	0,1323378	
	Madeira - batente para porta (3,5x14x540cm)	20	und	720	381,024	3,5	1333,584	0,034	12,9691044	
	Madeira - guarnição para porta (1x5x540cm)	40	und	720	77,76	3,5	272,16	0,034	2,646756	
	Aço - dobradiça de ferro 2 1/2"x3"	60	und	7870	30	37,5	1125	0,006	0,182052	
	Fechadura completa (cilindro/espelho/alavanca)	20	und	8500	140	55	7700	0,006	0,849576	
	Areia média lavada	0,2	m ³	1515	303	0,05	15,15	0,008	2,5285	
	Cal hidratada CH III	34,4	kg	1500	34,4	3	103,2	0,167	5,7607788	

	Cimento Portland CP II-E32	34,4	kg	1950	34,4	4,2	144,48	0,023	0,802896
4.1.2	<i>Porta madeira 80x210 e=3,5cm</i>	60	0	0	0	0	0	0	0
	Porta lisa de madeira 80x210x3,5 (eucaplito)	3,528	m ³	720	2540,16	3,5	8890,56	0,034	86,460696
	Pregos aço 16x24	15	kg		15	31	465	0,006	0,091026
	Parafuso aço cabeça chata 90x6,1mm zincado	480	und		2,4	37,5	90	0,006	0,01456416
	Madeira - taco p/ instalação (1,5x5x6cm) peroba	360	und	720	11,664	3,5	40,824	0,034	0,3970134
	Madeira - batente para porta (3,5x14x600cm)	60	und	720	1270,08	3,5	4445,28	0,034	43,230348
	Madeira - guarnição para porta (1x5x600cm)	120	und	720	259,2	3,5	907,2	0,034	8,82252
	Aço - dobradiça de ferro 2 1/2"x3"	180	und	7870	90	37,5	3375	0,006	0,546156
	Fechadura completa (cilindro/espelho/alavanca)	60	und	8500	420	55	23100	0,006	2,548728
	Areia média lavada	0,6	m ³	1515	909	0,05	45,45	0,008	7,5855
	Cal hidratada CH III	103,2	kg	1500	34,4	3	103,2	0,167	5,7607788
	Cimento Portland CP II-E32	103,2	kg	1950	34,4	4,2	144,48	0,023	0,802896
4.1.3	<i>Porta madeira 90x210 e=3,5cm</i>	20	0	0	0	0	0	0	0
	Porta lisa de madeira 90x210x3,5 (eucaplito)	1,323	m ³	720	952,56	3,5	3333,96	0,034	32,422761
	Pregos aço 16x24	5	kg		5	31	155	0,006	0,030342
	Parafuso aço cabeça chata 90x6,1mm zincado	160	und		0,8	37,5	30	0,006	0,00485472
	Madeira - taco p/ instalação (1,5x5x6cm) peroba	120	und	720	3,888	3,5	13,608	0,034	0,1323378
	Madeira - batente para porta (3,5x14x600cm)	20	und	720	423,36	3,5	1481,76	0,034	14,410116
	Madeira - guarnição para porta (1x5x600cm)	40	und	720	86,4	3,5	302,4	0,034	2,94084
	Aço - dobradiça de ferro 2 1/2"x3"	60	und	7870	30	37,5	1125	0,006	0,182052
	Fechadura completa (cilindro/espelho/alavanca)	20	und	8500	140	55	7700	0,006	0,849576
	Areia média lavada	0,2	m ³	1515	303	0,05	15,15	0,008	2,5285
	Cal hidratada CH III	34,4	kg	1500	34,4	3	103,2	0,167	5,7607788
	Cimento Portland CP II-E32	34,4	kg	1950	34,4	4,2	144,48	0,023	0,802896
4.2	Esquadrias metálicas								
	Caixilho de alumínio de correr (101,6 m ²)	0,31	m ³	7870	2439,7	98,2	239578,54	0,006	14,80507548
	Veneziana de alumínio (41,6 m ²)	0,83	m ³	7870	6532,1	98,2	641452,22	0,006	39,63939564
	Perfil de alumínio para maxim-ar (32,18 m ²)	0,11	m ³	7870	865,7	98,2	85011,74	0,006	5,25341388
	Vidro comum 4mm em caixilhos (148 m ²)	0,592	m ³	7869	4658,448	18,5	86181,288	0,039	181,2136272
	Vidro fantasia 3mm (40 m ²)	0,12	m ³	7870	944,4	18,5	17471,4	0,039	36,73716
	Massa para vidro	120	kg		120	60	7200	0,039	4,668
	Porta vidro 2 folhas 160x220cm	0,029	m ³	2500	72,5	18,5	1341,25	0,039	2,82025

	Dobradiça inferior e superior	8	und	7870	5,6	40	224	0,006	0,03398304	
	Mola hidráulica	4	und	7870	2,8	55	154	0,006	0,01699152	
	Fechadura central com 2 cilindros	2	und	8500	8	55	440	0,006	0,0485472	
	Areia média lavada	1,09	m ³	1515	1651,35	0,05	82,5675	0,008	13,780325	
	Cal hidratada CH III	187,48	kg	1500	34,4	3	103,2	0,167	5,7607788	
	Cimento Portland CP II-E32	187,48	kg	1950	34,4	4,2	144,48	0,023	0,802896	
5	Cobertura e proteções	Qtd	Und	Densidade	Total kg	EI (MJ/m³)	EI (MJ/kg)	Total MJ	Transporte	EI Transporte
5.1.	Telhado – estrut. madeira e telhas de fibrocimento									
	Madeira - peroba	2,44	m ³	720	1756,8	0,5	878,4	0,034	59,79708	
	Pregos aço 18x27	16	kg		16	31	496	0,006	0,0970944	
	Telha fibrocimento 8mm i=27% (18 kgf/m ²)	2,0496	m ³	1920	3935,232	6	23611,392	0,012	45,92415744	
	Cumeeria articulada de fibrocimento	0,044624	m ³	1920	85,67808	6	514,06848	0,012	0,999863194	
	Algeroz chapa galvanizada	0,18482	m ³	7850	1450,837	33,8	49038,2906	0,006	8,804259251	
5.2.	Proteções									
	Lona contrapiso (polietileno alta densidade)	0,2	m ³	950	190	95	18050	0,007	1,279211538	
	Impermeabilização banheiros	12	kg		12	96	1152	0,595	7,14204	
5.3.	Forros									
	Forro pvc banheiros	0,964	m ³	1300	1253,2	80	100256	0,875	1096,8633	
6	Pisos	Qtd	Und	Densidade	Total kg	EI (MJ/m³)	EI (MJ/kg)	Total MJ	Transporte	EI Transporte
6.1.	Pisos internos									
6.1.1.	Argamassa regularização de base	18,18	m ³							
	Areia média lavada	16,74	m ³	1515	25361,1	75,75	1268,055	0,008	211,63545	
	Cal hidratada CH III	5,6358	m ³	1500	8453,7	4500	25361,1	0,167	1415,694644	
6.1.2.	Cerâmica esmaltada com argamassa mista	1212	m ²							
	Cerâmica comum	12,12	m ³	2083	25245,96	5	126229,8	0,226	5711,102231	
	Areia média lavada	10,82181	m ³	1515	16395,0545	75,75	819,7527273	0,008	136,8148364	
	Cal hidratada CH III	2,732509	m ³	1500	4098,76363	4500	12296,29091	0,167	686,397403	
	Cimento Portland CP II-E32	1,050965	m ³	1950	2049,38181	8190	8607,403636	0,023	47,83257164	
7	Instalações	Qtd	Und	Densidade	Total kg	EI (MJ/m³)	EI (MJ/kg)	Total MJ	Transporte	EI Transporte
7.1.	Instalações hidrossanitárias									
7.1.1	Reservatório fibra vidro capac. 30000L									
	Reservatório fibra vidro capac. 5000L	6	und		600		24	14400	0,7002	420,12

	Torneira bóia pvc 3/4"	6	und	3	80	240	0,7002	2,1006
	Adaptador p/ caixa água 25x3/4"	4	und	0,8	80	64	0,7002	0,56016
	Adaptador p/ caixa água 32x1"	4	und	1,2	80	96	0,7002	0,84024
	Registro esfera p/ pvc soldável 32mm	6	und	3	80	240	0,7002	2,1006
7.1.2	Instalações hidráulicas							
	Registro esfera p/ pvc soldável 25mm	20	und	6	80	480	0,7002	4,2012
	Registro retenção pvc soldável 25mm	4	und	1,2	80	96	0,7002	0,84024
	Tubo pvc soldável para água 25mm	300	m	195	80	15600	0,7002	136,539
	Joelho 90o pvc soldável 25mm	130	und	6,5	13	84,5	0,7002	4,5513
	Te 90o pvc soldável 25mm	60	und	3	6	18	0,7002	2,1006
	Adaptador soldável curto p/ registro 25x3/4"	20	und	1	1	1	0,7002	0,7002
	Joelho redutor 90o pvc c/ bucha latão 25x1/2"	60	und	6	8	48	0,7002	4,2012
	Luva PVC soldável c/ bucha latão 25x3/4"	40	und	4	4	16	0,7002	2,8008
7.1.3	Instalações sanitárias							
	Tubo pvc soldável p/ esgoto 100mm	280	m	182	80	14560	0,7002	127,4364
	Tubo pvc soldável p/ esgoto 75mm	60	m	30	80	2400	0,7002	21,006
	Tubo pvc soldável p/ esgoto 50mm	203	m	81,2	80	6496	0,7002	56,85624
	Tubo pvc soldável p/ esgoto 40mm	20	m	7	80	560	0,7002	4,9014
	Caixa sifonada com grelha 100x100x50mm	60	und	15	80	1200	0,7002	10,503
	Joelho 90o pvc p/ esgoto 100mm	40	und	2,4	80	192	0,7002	1,68048
	Joelho 90o pvc p/ esgoto 75mm	20	und	1,2	80	96	0,7002	0,84024
	Joelho 90o pvc p/ esgoto 50mm	40	und	2	80	160	0,7002	1,4004
	Joelho 90o pvc p/ esgoto 40mm	160	und	8	80	640	0,7002	5,6016
	Te sanitário 100x50mm	20	und	1,2	80	96	0,7002	0,84024
	Junção simples esgoto 75x75mm	20	und	1	80	80	0,7002	0,7002
	Bucha de redução longa 50x40mm	40	und	2	80	160	0,7002	1,4004
	Sifão de borracha 50mm	60	und	3	80	240	0,7002	2,1006
7.1.4	Louças e metais							
	Lavatório louça branca s/ coluna +acessórios	20	und	200	25	5000	0,006	1,111428571
	Bacia c/ caixa acoplada c/ acessórios	20	und	300	25	7500	0,006	1,667142857
	Registro de pressão cromado 3/4"	20	und	5	5	25	0,006	0,027785714
	Ducha eletrônica	20	und	10	80	800	0,006	0,055571429
	Tanque de louça c/ coluna	20	und	100	25	2500	0,006	0,555714286

	Torneira pvc longa 1/2"	60	und		180	80	14400	0,006	1,000285714	
	Pia aço inoxidável 120x60cm	20	und		80	38	3040	0,006	0,444571429	
7.2.	Instalações elétricas									
	Quadro entrada energia c/ contador	1	und		15	50	750	0,0042	0,063	
	Quadro distribuição até 6 disjuntores	20	und		140	50	7000	0,0042	0,588	
	Disjuntor monofásico 35A	21	und		3,15	85	267,75	0,0042	0,01323	
	Disjuntor monofásico 20A	40	und		6	85	510	0,0042	0,0252	
	Disjuntor monofásico 15A	60	und		9	85	765	0,0042	0,0378	
	Fio de cobre isolado 750V de 1,5mm ²	3750	m		750	72	54000	0,0042	3,15	
	Fio de cobre isolado 750V de 2,5mm ²	1050	m		210	72	15120	0,0042	0,882	
	Fio de cobre isolado 750V de 4,0mm ²	440	m		88	72	6336	0,0042	0,3696	
	Conj. 1 inter. simples + 1 tom. 2p univ. embutir	21	und		0,14	80	11,2	0,0042	0,000588	
	Interruptor simples de embutir	80	und		0,54	80	43,2	0,0042	0,002268	
	Conj. 2 interruptores embutir	40	und		0,27	80	21,6	0,0042	0,001134	
	Caixa em pvc 2x4"	141	und		0,705	80	56,4	0,0042	0,002961	
	Ponto de luz incandescente	150	und		0,75	80	60	0,0042	0,00315	
	Tomada simples embutir	240	und		1	80	80	0,0042	0,0042	
	Tomada tripolar universal embutir 20A	20	und		0,1	80	8	0,0042	0,00042	
	Espelho com furo p/ saída de fio embutir	40	und		0,2	80	16	0,0042	0,00084	
	Eletroduto PVC flexível 1/2"	1100	m		1290	80	103200	0,7002	903,258	
8	Pintura	Qtd	Und	Densidade	Total kg	EI (MJ/m³)	EI (MJ/kg)	Total MJ	Transporte	EI Transporte
8.1.	Pintura forros e paredes internas									
	Selador acrílico pigmentado	2560	m ²	1,3	399,36	61	24360,96	0,595	237,6870912	
	Tinta pva látex (2 demãos)	5256	m ²	1,3	819,936	65	53295,84	0,007	5,467801783	
8.2.	Pintura paredes externas									
	Selador acrílico pigmentado	83,82	m ²	1,3	13,07592	61	797,63112	0,595	7,782395306	
	Tinta acrílica (2 demãos)	2190	m ²	1,3	341,64	61	20840,04	0,007	2,278250743	
8.3.	Pintura em esquadrias madeira									
	Tinta esmalte (2 demãos)	486	m ²		120	98	11760	0,007	0,800228571	
9	Serviços complementares	Qtd	Und	Densidade	Total kg	EI (MJ/m³)	EI (MJ/kg)	Total MJ	Transporte	EI Transporte
	Limpeza geral	1212	m ²			1	1212	0	0	

Subtotal	5680650,86	41550,219
Total EI Projeto-base (MJ)		5722201,077

Projeto-proposto A (Tipo barra - IeC=72,1)

<i>I</i>	<i>Serviços preliminares</i>	<i>Qtd</i>	<i>Und</i>	<i>Densidade</i>	<i>Total kg</i>	<i>EI (MJ/m³)</i>	<i>EI (MJ/kg)</i>	<i>Total MJ</i>	<i>Transporte</i>	<i>EI Transporte</i>
1.1.	Locação da obra									
	Aço - arame galvanizado	5	kg		5		31	155	0,006	0,030342
	Pregos aço 18x27	2,8	kg		2,8		31	86,8	0,006	0,01699152
	Pontalete madeira 3x3" cedro	0,01	m³	720	7,2		0,5	3,6	0,034	0,24507
	Tábua madeira 1x9" cedrinho	0,1	m³	720	72		0,5	36	0,034	2,4507
1.2.	Tapume de tábuas com portão	<i>150</i>	<i>m²</i>							
	Aço - arame galvanizado	70	kg		70		31	2170	0,006	0,424788
	Pregos aço 18x27	40	kg		40		31	1240	0,006	0,242736
	Pontalete madeira 3x3" cedro	0,3	m³	720	216		0,5	108	0,034	7,3521
	Ripa madeira 10x50mm	0,003	m³	720	2,16		0,5	1,08	0,034	0,073521
	Tábua madeira 1x12" cedrinho	1,25	m³	720	900		0,5	450	0,034	30,63375
1.3.	Abrigo provisório	<i>40</i>	<i>m²</i>							
	Areia média lavada	2,2772277	m³	1515	3450	75,75	0,05	172,5	0,008	28,78985149
	Pedra britada 1	2,7878788	m³	1650	4600	4500	0,15	690	0,027	123,6312727
	Cimento Portland CP II-E32	0,5897436	m³	1950	1150	8190	4,2	4830	0,233	268,41
	Chapa compensada resinada e=12mm	0,6	m³	720	432		0,5	216	0,673	290,8523077
	Pregos aço 18x27	50	kg		50		31	1550	0,006	0,30342
	Pontalete madeira 3x3" cedro	0,14	m³	720	100,8		0,5	50,4	0,034	3,43098
	Tábua madeira 1x9" cedrinho	2,5	m³	720	1800		0,5	900	0,034	61,2675

	Viga em madeira 60x120mm peroba	0,45	m ³	720	324	0,5	162	0,034	11,02815	
	Cumeeira p/ telha fibrocimento	0,012		1920	23,04	6	138,24	0,012	0,2688768	
	Telha fibrocimento ondulada 4mm	0,4	m ³	1920	768	6	4608	0,012	8,96256	
2	Estrutura	Qtd	Und	Densidade	Total kg	EI (MJ/m³)	EI (MJ/kg)	Total MJ	Transporte	EI Transporte
2.1.	Infraestrutura									
<i>2.1.1.</i>	<i>Baldrames e fundações</i>									
	Tábuas de pinho para fundações e=15mm (5x)	1,8	m ³	600	1080	0,5	540	0,034	36,7605	
	Aço - armadura CA-50 d=1/4 a 3/8	1080	kg		1080	31	33480	0,006	6,553872	
	Impermeabilização baldrames - 3 demãos	30	kg		30	96	2880	0,595	17,8551	
<i>2.1.2.</i>	<i>Concreto estrutural fck 21 Mpa</i>	12	m ³							
	Areia média lavada	6,8316832	m ³	1515	10350	75,75	517,5	0,008	86,36955446	
	Pedra britada 1	8,3636364	m ³	1650	13800	4500	2070	0,027	370,8938182	
	Cimento Portland CP II-E32	1,7692308	m ³	1950	3450	8190	14490	0,023	80,523	
2.2.	Supraestrutura									
<i>2.2.1.</i>	<i>Vigas e lajes</i>									
	Forma chapa compensada resinada e=12mm (3x)	17,6352	m ³	720	12697,344	8	101578,752	0,673	8548,731028	
	Escoras madeira d=10cm	18900	kg		18900	0,5	9450	0,034	643,30875	
	Pregos aço 18x27	25	kg		25	31	775	0,006	0,15171	
	Aço - armadura CA-50 d=1/4 a 3/8	9258,48	kg		9258,48	96	888814,08	0,006	56,18416003	
	Aço - armadura CA-60 d=1/4 a 3/8	3967,92	kg		3967,92	96	380920,32	0,006	24,07892573	
<i>2.2.2.</i>	<i>Concreto estrutural fck 21 Mpa</i>	146,96	m ³							
	Areia média lavada	83,665347	m ³	1515	126753	75,75	6337,65	0,008	1057,739144	
	Pedra britada 1	102,42667	m ³	1650	169004	4500	25350,6	0,027	4542,21296	
	Cimento Portland CP II-E32	21,667179	m ³	1950	42251	8190	177454,2	0,023	986,13834	
2.3.	Escada									
<i>2.3.1.</i>	<i>Escada concreto</i>	5	m ³							
	Areia média lavada	2,8465347	m ³	1515	4312,5	75,75	215,625	0,008	35,98731436	
	Pedra britada 1	3,4848485	m ³	1650	5750	4500	862,5	0,027	154,5390909	
	Cimento Portland CP II-E32	0,7371795	m ³	1950	1437,5	8190	6037,5	0,023	33,55125	
	Aço - armadura CA-50 d=1/4 a 3/8	500	kg		500	31	15500	0,006	3,0342	
<i>2.3.2.</i>	<i>Guarda-corpo h=90cm</i>									
	Grade de ferro (20 m ²)	0,52	m ³	7870	4092,4	31	126864,4	0,006	24,83432016	
	Corrimão de ferro (80 m)	3,2	m ³	7870	25184	31	780704	0,006	152,8265856	

3	Alvenarias	Qtd	Und	Densidade	Total kg	EI (MJ/m³)	EI (MJ/kg)	Total MJ	Transporte	EI Transporte
3.1.	Paredes e painéis									
3.1.1.	<i>Blocos e tijolos</i>									
	Blocos cerâmicos 14x19x29	182	m³	1400	254800	4060	2,9	738920	0,020	5097,456
	Tijolos maciços 6x11x22	6,4	m³	1400	8960	4060	2,9	25984	0,016	139,4176
3.1.2.	<i>Argamassa assentamento blocos 1:2:8</i>	15,9	m³	-	-	-	-	-	-	-
	Areia média lavada	14,19694	m³	1515	21508,36364	75,75	0,05	1075,418182	0,008	179,4848101
	Cal hidratada CH III	3,5847273	m³	1500	5377,090909	4500	3	16131,27273	0,167	900,4718405
	Cimento Portland CP II-E32	1,3787413	m³	1950	2688,545455	8190	4,2	11291,89091	0,023	62,75065091
3.1.3.	<i>Argamassa assentamento tijolos 1:2:8</i>	1,561	m³	-	-	-	-	-	-	-
	Areia média lavada	1,3938002	m³	1515	2111,607273	75,75	0,05	105,5803636	0,008	17,62111878
	Cal hidratada CH III	0,3519345	m³	1500	527,9018182	4500	3	1583,705455	0,167	88,40481403
	Cimento Portland CP II-E32	0,1353594	m³	1950	263,9509091	8190	4,2	1108,593818	0,023	6,160614218
3.2	Revestimento de paredes									
3.2.1	<i>Chapisco traço 1:3</i>	3,455	m³	-	-	-	-	-	-	-
	Areia média lavada	3,1813366	m³	1515	4819,725	75,75	0,05	240,98625	0,008	40,22004839
	Cimento Portland CP II-E32	0,7586264	m³	1950	1479,321535	8190	4,2	6213,150446	0,023	34,52736462
3.2.2	<i>Massa única (emboço) 1:2:9</i>	6,91	m³	-	-	-	-	-	-	-
	Areia média lavada	6,3626733	m³	1515	9639,45	75,75	0,05	481,9725	0,008	80,44009678
	Cal hidratada CH III	1,4280667	m³	1500	2142,1	4500	3	6426,3	0,167	358,7257055
	Cimento Portland CP II-E32	0,5492564	m³	1950	1071,05	8190	4,2	4498,41	0,023	24,998307
3.2.3	<i>Azulejos</i>	360	m²	-	-	-	-	-	-	-
	Azulejo	2,16	m³	2000	4320	12400	6,2	26784	0,226	977,2637538
3.2.4	<i>Argamassa assentamento 1:2:8</i>	5,4	m³	-	-	-	-	-	-	-
	Areia média lavada	4,8216022	m³	1515	7304,727273	75,75	0,05	365,2363636	0,008	60,95710531
	Cal hidratada CH III	1,2174545	m³	1500	1826,181818	4500	3	5478,545455	0,167	305,8206251
	Cimento Portland CP II-E32	0,4682517	m³	1950	913,0909091	8190	4,2	3834,981818	0,023	21,31154182
	Cimento branco não estrutural	0,18	m³	1950	351	8190	4,2	1474,2	0,023	8,19234
4	Esquadrias	Qtd	Und	Densidade	Total kg	EI (MJ/m³)	EI (MJ/kg)	Total MJ	Transporte	EI Transporte
4.1	Esquadrias de madeira									
4.1.1	<i>Porta madeira 60x210 e=3,5cm</i>	20	0	0	0	0	0	0	0	0
	Porta lisa de madeira 60x210x3,5 (eucaplito)	0,882	m³	720	635,04		3,5	2222,64	0,034	21,615174

	Pregos aço 16x24	5	kg		5		31	155	0,006	0,030342
	Parafuso aço cabeça chata 90x6,1mm zincado	160	und		0,8		37,5	30	0,006	0,00485472
	Madeira - taco p/ instalação (1,5x5x6cm) peroba	120	und	720	3,888		3,5	13,608	0,034	0,1323378
	Madeira - batente para porta (3,5x14x540cm)	20	und	720	381,024		3,5	1333,584	0,034	12,9691044
	Madeira - guarnição para porta (1x5x540cm)	40	und	720	77,76		3,5	272,16	0,034	2,646756
	Aço - dobradiça de ferro 2 1/2"x3"	60	und	7870	30		37,5	1125	0,006	0,182052
	Fechadura completa (cilindro/espelho/alavanca)	20	und	8500	140		55	7700	0,006	0,849576
	Areia média lavada	0,2	m ³	1515	303		0,05	15,15	0,008	2,5285
	Cal hidratada CH III	34,4	kg	1500	34,4		3	103,2	0,167	5,7607788
	Cimento Portland CP II-E32	34,4	kg	1950	34,4		4,2	144,48	0,023	0,802896
4.1.2	<i>Porta madeira 80x210 e=3,5cm</i>	60	0	0	0	0	0	0	0	0
	Porta lisa de madeira 80x210x3,5 (eucaplito)	3,528	m ³	720	2540,16		3,5	8890,56	0,034	86,460696
	Pregos aço 16x24	15	kg		15		31	465	0,006	0,091026
	Parafuso aço cabeça chata 90x6,1mm zincado	480	und		2,4		37,5	90	0,006	0,01456416
	Madeira - taco p/ instalação (1,5x5x6cm) peroba	360	und	720	11,664		3,5	40,824	0,034	0,3970134
	Madeira - batente para porta (3,5x14x600cm)	60	und	720	1270,08		3,5	4445,28	0,034	43,230348
	Madeira - guarnição para porta (1x5x600cm)	120	und	720	259,2		3,5	907,2	0,034	8,82252
	Aço - dobradiça de ferro 2 1/2"x3"	180	und	7870	90		37,5	3375	0,006	0,546156
	Fechadura completa (cilindro/espelho/alavanca)	60	und	8500	420		55	23100	0,006	2,548728
	Areia média lavada	0,6	m ³	1515	909		0,05	45,45	0,008	7,5855
	Cal hidratada CH III	103,2	kg	1500	34,4		3	103,2	0,167	5,7607788
	Cimento Portland CP II-E32	103,2	kg	1950	34,4		4,2	144,48	0,023	0,802896
4.1.3	<i>Porta madeira 90x210 e=3,5cm</i>	20	0	0	0	0	0	0	0	0
	Porta lisa de madeira 90x210x3,5 (eucaplito)	1,323	m ³	720	952,56		3,5	3333,96	0,034	32,422761
	Pregos aço 16x24	5	kg		5		31	155	0,006	0,030342
	Parafuso aço cabeça chata 90x6,1mm zincado	160	und		0,8		37,5	30	0,006	0,00485472
	Madeira - taco p/ instalação (1,5x5x6cm) peroba	120	und	720	3,888		3,5	13,608	0,034	0,1323378
	Madeira - batente para porta (3,5x14x600cm)	20	und	720	423,36		3,5	1481,76	0,034	14,410116
	Madeira - guarnição para porta (1x5x600cm)	40	und	720	86,4		3,5	302,4	0,034	2,94084
	Aço - dobradiça de ferro 2 1/2"x3"	60	und	7870	30		37,5	1125	0,006	0,182052
	Fechadura completa (cilindro/espelho/alavanca)	20	und	8500	140		55	7700	0,006	0,849576
	Areia média lavada	0,2	m ³	1515	303		0,05	15,15	0,008	2,5285
	Cal hidratada CH III	34,4	kg	1500	34,4		3	103,2	0,167	5,7607788

	Cimento Portland CP II-E32	34,4	kg	1950	34,4	4,2	144,48	0,023	0,802896	
4.2	Esquadrias metálicas									
	Caixilho de alumínio de correr (101,6 m ²)	0,31	m ³	7870	2439,7	98,2	239578,54	0,006	14,80507548	
	Veneziana de alumínio (41,6 m ²)	0,83	m ³	7870	6532,1	98,2	641452,22	0,006	39,63939564	
	Perfil de alumínio para maxim-ar (32,18 m ²)	0,11	m ³	7870	865,7	98,2	85011,74	0,006	5,25341388	
	Vidro comum 4mm em caixilhos (148 m ²)	0,592	m ³	7869	4658,448	18,5	86181,288	0,039	181,2136272	
	Vidro fantasia 3mm (40 m ²)	0,12	m ³	7870	944,4	18,5	17471,4	0,039	36,73716	
	Massa para vidro	120	kg		120	60	7200	0,039	4,668	
	Porta vidro 2 folhas 160x220cm	0,029	m ³	2500	72,5	18,5	1341,25	0,039	2,82025	
	Dobradiça inferior e superior	8	und	7870	5,6	40	224	0,006	0,03398304	
	Mola hidráulica	4	und	7870	2,8	55	154	0,006	0,01699152	
	Fechadura central com 2 cilindros	2	und	8500	8	55	440	0,006	0,0485472	
	Areia média lavada	1,09	m ³	1515	1651,35	0,05	82,5675	0,008	13,780325	
	Cal hidratada CH III	187,48	kg	1500	34,4	3	103,2	0,167	5,7607788	
	Cimento Portland CP II-E32	187,48	kg	1950	34,4	4,2	144,48	0,023	0,802896	
5	Cobertura e proteções	Qtd	Und	Densidade	Total kg	EI (MJ/m³)	EI (MJ/kg)	Total MJ	Transporte	EI Transporte
5.1.	Telhado									
<i>5.1.1.</i>	<i>Estrutura de madeira e telhas de fibrocimento ondulada</i>									
	Madeira - peroba	2,35	m ³	720	1692	0,5	846	0,034	57,59145	
	Pregos aço 18x27	15,5	kg		15,5	31	480,5	0,006	0,0940602	
	Telha fibrocimento 8mm i=27% (18 kgf/m ²)	2	m ³	1920	3840	6	23040	0,012	44,8128	
	Cumeeria articulada de fibrocimento	0,04	m ³	1920	76,8	6	460,8	0,012	0,896256	
	Algeroz chapa galvanizada	0,15	m ³	7850	1177,5	33,8	39799,5	0,006	7,145541	
5.2.	Proteções									
	Lona contrapiso (polietileno alta densidade)	0,2	m ³	950	190	95	18050	0,007	1,279211538	
	Impermeabilização banheiros	10	kg		10	96	960	0,595	5,9517	
	Impermeabilização circulação aberta coberta	18	kg		18	96	1728	0,595	10,71	
5.3.	Forros									
	Forro pvc banheiros	0,5	m ³	1300	650	80	52000	0,875	568,9125	
6	Pisos	Qtd	Und	Densidade	Total kg	EI (MJ/m³)	EI (MJ/kg)	Total MJ	Transporte	EI Transporte
6.1.	Pisos internos									
<i>6.1.1.</i>	<i>Argamassa regularização de base</i>	18,15	m ³							

	Areia média lavada	16,712376	m ³	1515	25319,25	75,75	0,05	1265,9625	0,008	211,2862166
	Cal hidratada CH III	5,6265	m ³	1500	8439,75	4500	3	25319,25	0,167	1413,358514
6.1.2.	<i>Cerâmica esmaltada com argamassa mista</i>	1210	m ²							
	Cerâmica comum	12,1	m ³	2083	25204,3		5	126021,5	0,226	5701,67797
	Areia média lavada	10,80396	m ³	1515	16368	75,75	0,05	818,4	0,008	136,5890693
	Cal hidratada CH III	2,728	m ³	1500	4092	4500	3	12276	0,167	685,264734
	Cimento Portland CP II-E32	1,0492308	m ³	1950	2046	8190	4,2	8593,2	0,023	47,75364
7	Instalações	Qtd	Und	Densidade	Total kg	EI (MJ/m³)	EI (MJ/kg)	Total MJ	Transporte	EI Transporte
7.1.	Instalações hidrossanitárias									
7.1.1	<i>Reservatório fibra vidro capac. 10000L</i>									
	Reservatório fibra vidro capac. 5000L	2	und		200		24	4800	0,7002	140,04
	Torneira bóia pvc 3/4"	2	und		0,5		80	40	0,7002	0,3501
	Adaptador p/ caixa água 25x3/4"	4	und		0,8		80	64	0,7002	0,56016
	Adaptador p/ caixa água 32x1"	4	und		1,2		80	96	0,7002	0,84024
	Registro esfera p/ pvc soldável 32mm	2	und		0,5		80	40	0,7002	0,3501
7.1.2	<i>Instalações hidráulicas</i>									
	Registro esfera p/ pvc soldável 25mm	20	und		6		80	480	0,7002	4,2012
	Registro retenção pvc soldável 25mm	4	und		1,2		80	96	0,7002	0,84024
	Tubo pvc soldável para água 25mm	600	m		390		80	31200	0,7002	273,078
	Joelho 90o pvc soldável 25mm	260	und		13		13	169	0,7002	9,1026
	Te 90o pvc soldável 25mm	120	und		6		6	36	0,7002	4,2012
	Adaptador soldável curto p/ registro 25x3/4"	20	und		1		1	1	0,7002	0,7002
	Joelho redutor 90o pvc c/ bucha latão 25x1/2"	80	und		8		8	64	0,7002	5,6016
	Luva PVC soldável c/ bucha latão 25x3/4"	40	und		4		4	16	0,7002	2,8008
7.1.3	<i>Instalações sanitárias</i>									
	Tubo pvc soldável p/ esgoto 100mm	280	m		182		80	14560	0,7002	127,4364
	Tubo pvc soldável p/ esgoto 75mm	60	m		30		80	2400	0,7002	21,006
	Tubo pvc soldável p/ esgoto 50mm	203	m		81,2		80	6496	0,7002	56,85624
	Tubo pvc soldável p/ esgoto 40mm	20	m		7		80	560	0,7002	4,9014
	Caixa sifonada com grelha 100x100x50mm	60	und		15		80	1200	0,7002	10,503
	Joelho 90o pvc p/ esgoto 100mm	40	und		2,4		80	192	0,7002	1,68048
	Joelho 90o pvc p/ esgoto 75mm	20	und		1,2		80	96	0,7002	0,84024
	Joelho 90o pvc p/ esgoto 50mm	40	und		2		80	160	0,7002	1,4004

Joelho 90o pvc p/ esgoto 40mm	160	und	8	80	640	0,7002	5,6016
Te sanitário 100x50mm	20	und	1,2	80	96	0,7002	0,84024
Junção simples esgoto 75x75mm	20	und	1	80	80	0,7002	0,7002
Bucha de redução longa 50x40mm	40	und	2	80	160	0,7002	1,4004
Sifão de borracha 50mm	60	und	3	80	240	0,7002	2,1006

7.1.4 Louças e metais

Lavatório louça branca s/ coluna +acessórios	20	und	200	25	5000	0,006	1,111428571
Bacia c/ caixa acoplada c/ acessórios	20	und	300	25	7500	0,006	1,667142857
Registro de pressão cromado 3/4"	20	und	5	5	25	0,006	0,027785714
Ducha eletrônica	20	und	10	80	800	0,006	0,055571429
Tanque de louça c/ coluna	20	und	100	25	2500	0,006	0,555714286
Torneira pvc longa 1/2"	60	und	180	80	14400	0,006	1,000285714
Pia aço inoxidável 120x60cm	20	und	80	38	3040	0,006	0,444571429

7.2. Instalações elétricas

Quadro entrada energia c/ contador	21	und	294	50	14700	0,0042	1,2348
Quadro distribuição até 6 disjuntores	20	und	140	50	7000	0,0042	0,588
Disjuntor monofásico 25A	21	und	3,15	85	267,75	0,0042	0,01323
Disjuntor monofásico 20A	40	und	6	85	510	0,0042	0,0252
Disjuntor monofásico 15A	60	und	9	85	765	0,0042	0,0378
Fio de cobre isolado 750V de 1,5mm²	3750	m	750	72	54000	0,0042	3,15
Fio de cobre isolado 750V de 2,5mm²	1050	m	210	72	15120	0,0042	0,882
Fio de cobre isolado 750V de 4,0mm²	440	m	88	72	6336	0,0042	0,3696
Conj. 1 inter. simples + 1 tom. 2p univ. embutir	21	und	0,14	80	11,2	0,0042	0,000588
Interruptor simples de embutir	80	und	0,54	80	43,2	0,0042	0,002268
Conj. 2 interruptores embutir	40	und	0,27	80	21,6	0,0042	0,001134
Caixa em pvc 2x4"	375	und	1,875	80	150	0,0042	0,007875
Ponto de luz incandescente	150	und	0,75	80	60	0,0042	0,00315
Tomada simples embutir	400	und	2	80	160	0,0042	0,0084
Tomada tripolar universal embutir 20A	40	und	0,2	80	16	0,0042	0,00084
Espelho com furo p/ saída de fio embutir	20	und	0,1	80	8	0,0042	0,00042
Eletroduto PVC flexível 1/2"	1100	m	1290	80	103200	0,7002	903,258

8	Pintura	Qtd	Und	Densidade	Total kg	EI (MJ/m³)	EI (MJ/kg)	Total MJ	Transporte	EI Transporte
---	----------------	------------	------------	------------------	-----------------	-------------------	-------------------	-----------------	-------------------	----------------------

8.1. Pintura forros e paredes internas										
	Selador acrílico pigmentado	2114	m ²	1,3	361,296		61	22039,056	0,595	215,0325403
	Tinta pva látex (2 demãos)	4228	m ²	1,3	738,816		65	48023,04	0,007	4,926847269
8.2. Pintura paredes externas										
	Selador acrílico pigmentado	75	m ²	1,3	11,7		61	713,7	0,595	6,963489
	Tinta acrílica (2 demãos)	1278	m ²	1,3	199,368		61	12161,448	0,007	1,329499749
8.3. Pintura em esquadrias madeira										
	Tinta esmalte (2 demãos)	486	m ²		120		98	11760	0,007	0,800228571
9 Serviços complementares										
	Limpeza geral	1212	m ²				1	1212	0	0
Subtotal								5300103,157		37389,097
Total EI Projeto-proposto A (MJ)										5337492,254

Projeto-proposto B (Tipo barra - IeC=62,8)

<i>I</i>	<i>Serviços preliminares</i>	Qtd	Und	Densidade	Total kg	EI (MJ/m³)	EI (MJ/kg)	Total MJ	Transporte	EI Transporte
1.1. Locação da obra										
	Aço - arame galvanizado	5	kg		5		31	155	0,006	0,030342
	Pregos aço 18x27	2,8	kg		2,8		31	86,8	0,006	0,01699152
	Pontaletes madeira 3x3" cedro	0,01	m ³	720	7,2		0,5	3,6	0,034	0,24507
	Tábua madeira 1x9" cedrinho	0,1	m ³	720	72		0,5	36	0,034	2,4507
1.2. Tapume de tábuas com portão										
	Aço - arame galvanizado	70	kg		70		31	2170	0,006	0,424788
	Pregos aço 18x27	40	kg		40		31	1240	0,006	0,242736
	Pontaletes madeira 3x3" cedro	0,3	m ³	720	216		0,5	108	0,034	7,3521
	Ripa madeira 10x50mm	0,003	m ³	720	2,16		0,5	1,08	0,034	0,073521

	Tábua madeira 1x12" cedrinho	1,25	m ³	720	900		0,5	450	0,034	30,63375
1.3.	Abrigo provisório	40	m ²							
	Areia média lavada	2,2772277	m ³	1515	3450	75,75	0,05	172,5	0,008	28,78985149
	Pedra britada 1	2,7878788	m ³	1650	4600	4500	0,15	690	0,027	123,6312727
	Cimento Portland CP II-E32	0,5897436	m ³	1950	1150	8190	4,2	4830	0,233	268,41
	Chapa compensada resinada e=12mm	0,6	m ³	720	432		0,5	216	0,673	290,8523077
	Pregos aço 18x27	50	kg		50		31	1550	0,006	0,30342
	Pontaletes madeira 3x3" cedro	0,14	m ³	720	100,8		0,5	50,4	0,034	3,43098
	Tábua madeira 1x9" cedrinho	2,5	m ³	720	1800		0,5	900	0,034	61,2675
	Viga em madeira 60x120mm peroba	0,45	m ³	720	324		0,5	162	0,034	11,02815
	Cumeeira p/ telha fibrocimento	0,012		1920	23,04		6	138,24	0,012	0,2688768
	Telha fibrocimento ondulada 4mm	0,4	m ³	1920	768		6	4608	0,012	8,96256
2	Estrutura	Qtd	Und	Densidade	Total kg	EI (MJ/m³)	EI (MJ/kg)	Total MJ	Transporte	EI Transporte
2.1.	Infraestrutura									
<i>2.1.1.</i>	<i>Baldrames e fundações</i>									
	Tábuas de pinho para fundações e=15mm (5x)	1,8	m ³	600	1080		0,5	540	0,034	36,7605
	Aço - armadura CA-50 d=1/4 a 3/8	1080	kg		1080		31	33480	0,006	6,553872
	Impermeabilização baldrames - 3 demãos	30	kg		30		96	2880	0,595	17,8551
<i>2.1.2.</i>	<i>Concreto estrutural fck 21 Mpa</i>	12	m ³							
	Areia média lavada	6,8316832	m ³	1515	10350	75,75	0,05	517,5	0,008	86,36955446
	Pedra britada 1	8,3636364	m ³	1650	13800	4500	0,15	2070	0,027	370,8938182
	Cimento Portland CP II-E32	1,7692308	m ³	1950	3450	8190	4,2	14490	0,023	80,523
2.2.	Supraestrutura									
<i>2.2.1.</i>	<i>Vigas e lajes</i>									
	Forma chapa compensada resinada e=12mm (3x)	18,1	m ³	720	13032		8	104256	0,673	8774,044615
	Escoras madeira d=10cm	19220	kg		19220		0,5	9610	0,034	654,20075
	Pregos aço 18x27	25	kg		25		31	775	0,006	0,15171
	Aço - armadura CA-50 d=1/4 a 3/8	9481,5	kg		9481,5		96	910224	0,006	57,5375346
	Aço - armadura CA-60 d=1/4 a 3/8	4063,5	kg		4063,5		96	390096	0,006	24,6589434
<i>2.2.2.</i>	<i>Concreto estrutural fck 21 Mpa</i>	150,5	m ³							
	Areia média lavada	85,680693	m ³	1515	129806,25	75,75	0,05	6490,3125	0,008	1083,218162
	Pedra britada 1	104,89394	m ³	1650	173075	4500	0,15	25961,25	0,027	4651,626636
	Cimento Portland CP II-E32	22,189103	m ³	1950	43268,75	8190	4,2	181728,75	0,023	1009,892625

2.3. Escada										
2.3.1.	<i>Escada concreto</i>	5	m ³							
	Areia média lavada	2,8465347	m ³	1515	4312,5	75,75	0,05	215,625	0,008	35,98731436
	Pedra britada 1	3,4848485	m ³	1650	5750	4500	0,15	862,5	0,027	154,5390909
	Cimento Portland CP II-E32	0,7371795	m ³	1950	1437,5	8190	4,2	6037,5	0,023	33,55125
	Aço - armadura CA-50 d=1/4 a 3/8	500	kg		500		31	15500	0,006	3,0342
2.3.2.	<i>Guarda-corpo h=90cm</i>									
	Grade de ferro (20 m ²)	0,52	m ³	7870	4092,4		31	126864,4	0,006	24,83432016
	Corrimão de ferro (80 m)	3,2	m ³	7870	25184		31	780704	0,006	152,8265856
3	<i>Alvenarias</i>	Qtd	Und	Densidade	Total kg	EI (MJ/m ³)	EI (MJ/kg)	Total MJ	Transporte	EI Transporte
3.1. Paredes e painéis										
3.1.1.	<i>Blocos e tijolos</i>									
	Blocos cerâmicos 14x19x29	187	m ³	1400	261800	4060	2,9	759220	0,020	5237,496
	Tijolos maciços 6x11x22	6,4	m ³	1400	8960	4060	2,9	25984	0,016	139,4176
3.1.2.	<i>Argamassa assentamento blocos 1:2:8</i>	16,1	m ³	-		-	-			
	Areia média lavada	14,375518	m ³	1515	21778,90909	75,75	0,05	1088,945455	0,008	181,7424806
	Cal hidratada CH III	3,6298182	m ³	1500	5444,727273	4500	3	16334,18182	0,167	911,7985304
	Cimento Portland CP II-E32	1,3960839	m ³	1950	2722,363636	8190	4,2	11433,92727	0,023	63,53996727
3.1.3.	<i>Argamassa assentamento tijolos 1:2:8</i>	1,561	m ³	-		-	-			
	Areia média lavada	1,3938002	m ³	1515	2111,607273	75,75	0,05	105,5803636	0,008	17,62111878
	Cal hidratada CH III	0,3519345	m ³	1500	527,9018182	4500	3	1583,705455	0,167	88,40481403
	Cimento Portland CP II-E32	0,1353594	m ³	1950	263,9509091	8190	4,2	1108,593818	0,023	6,160614218
3.2. Revestimento de paredes										
3.2.1	<i>Chapisco traço 1:3</i>	4,125	m ³	-		-	-			
	Areia média lavada	3,7982673	m ³	1515	5754,375	75,75	0,05	287,71875	0,008	48,01959468
	Cimento Portland CP II-E32	0,9057407	m ³	1950	1766,194307	8190	4,2	7418,016089	0,023	41,22297512
3.2.2	<i>Massa única (emboço) 1:2:9</i>	8,25	m ³	-		-	-			
	Areia média lavada	7,5965347	m ³	1515	11508,75	75,75	0,05	575,4375	0,008	96,03918936
	Cal hidratada CH III	1,705	m ³	1500	2557,5	4500	3	7672,5	0,167	428,2904588
	Cimento Portland CP II-E32	0,6557692	m ³	1950	1278,75	8190	4,2	5370,75	0,023	29,846025
3.2.3	<i>Azulejos</i>	360	m ²	-		-	-			
	Azulejo	2,16	m ³	2000	4320	12400	6,2	26784	0,226	977,2637538
3.2.4	<i>Argamassa assentamento 1:2:8</i>	5,4	m ³	-		-	-			

	Areia média lavada	4,8216022	m ³	1515	7304,727273	75,75	0,05	365,2363636	0,008	60,95710531
	Cal hidratada CH III	1,2174545	m ³	1500	1826,181818	4500	3	5478,545455	0,167	305,8206251
	Cimento Portland CP II-E32	0,4682517	m ³	1950	913,0909091	8190	4,2	3834,981818	0,023	21,31154182
	Cimento branco não estrutural	0,18	m ³	1950	351	8190	4,2	1474,2	0,023	8,19234
4	Esquadrias	Qtd	Und	Densidade	Total kg	EI (MJ/m³)	EI (MJ/kg)	Total MJ	Transporte	EI Transporte
4.1	Esquadrias de madeira									
4.1.1	<i>Porta madeira 60x210 e=3,5cm</i>	20	0	0	0	0	0	0	0	0
	Porta lisa de madeira 60x210x3,5 (eucaplito)	0,882	m ³	720	635,04	3,5		2222,64	0,034	21,615174
	Pregos aço 16x24	5	kg		5	31		155	0,006	0,030342
	Parafuso aço cabeça chata 90x6,1mm zincado	160	und		0,8	37,5		30	0,006	0,00485472
	Madeira - taco p/ instalação (1,5x5x6cm) peroba	120	und	720	3,888	3,5		13,608	0,034	0,1323378
	Madeira - batente para porta (3,5x14x540cm)	20	und	720	381,024	3,5		1333,584	0,034	12,9691044
	Madeira - guarnição para porta (1x5x540cm)	40	und	720	77,76	3,5		272,16	0,034	2,646756
	Aço - dobradiça de ferro 2 1/2"x3"	60	und	7870	30	37,5		1125	0,006	0,182052
	Fechadura completa (cilindro/espelho/alavanca)	20	und	8500	140	55		7700	0,006	0,849576
	Areia média lavada	0,2	m ³	1515	303	0,05		15,15	0,008	2,5285
	Cal hidratada CH III	34,4	kg	1500	34,4	3		103,2	0,167	5,7607788
	Cimento Portland CP II-E32	34,4	kg	1950	34,4	4,2		144,48	0,023	0,802896
4.1.2	<i>Porta madeira 80x210 e=3,5cm</i>	60	0	0	0	0	0	0	0	0
	Porta lisa de madeira 80x210x3,5 (eucaplito)	3,528	m ³	720	2540,16	3,5		8890,56	0,034	86,460696
	Pregos aço 16x24	15	kg		15	31		465	0,006	0,091026
	Parafuso aço cabeça chata 90x6,1mm zincado	480	und		2,4	37,5		90	0,006	0,01456416
	Madeira - taco p/ instalação (1,5x5x6cm) peroba	360	und	720	11,664	3,5		40,824	0,034	0,3970134
	Madeira - batente para porta (3,5x14x600cm)	60	und	720	1270,08	3,5		4445,28	0,034	43,230348
	Madeira - guarnição para porta (1x5x600cm)	120	und	720	259,2	3,5		907,2	0,034	8,82252
	Aço - dobradiça de ferro 2 1/2"x3"	180	und	7870	90	37,5		3375	0,006	0,546156
	Fechadura completa (cilindro/espelho/alavanca)	60	und	8500	420	55		23100	0,006	2,548728
	Areia média lavada	0,6	m ³	1515	909	0,05		45,45	0,008	7,5855
	Cal hidratada CH III	103,2	kg	1500	34,4	3		103,2	0,167	5,7607788
	Cimento Portland CP II-E32	103,2	kg	1950	34,4	4,2		144,48	0,023	0,802896
4.1.3	<i>Porta madeira 90x210 e=3,5cm</i>	20	0	0	0	0	0	0	0	0
	Porta lisa de madeira 90x210x3,5 (eucaplito)	1,323	m ³	720	952,56	3,5		3333,96	0,034	32,422761
	Pregos aço 16x24	5	kg		5	31		155	0,006	0,030342

	Parafuso aço cabeça chata 90x6,1mm zincado	160	und		0,8	37,5	30	0,006	0,00485472	
	Madeira - taco p/ instalação (1,5x5x6cm) peroba	120	und	720	3,888	3,5	13,608	0,034	0,1323378	
	Madeira - batente para porta (3,5x14x600cm)	20	und	720	423,36	3,5	1481,76	0,034	14,410116	
	Madeira - guarnição para porta (1x5x600cm)	40	und	720	86,4	3,5	302,4	0,034	2,94084	
	Aço - dobradiça de ferro 2 1/2"x3"	60	und	7870	30	37,5	1125	0,006	0,182052	
	Fechadura completa (cilindro/espelho/alavanca)	20	und	8500	140	55	7700	0,006	0,849576	
	Areia média lavada	0,2	m ³	1515	303	0,05	15,15	0,008	2,5285	
	Cal hidratada CH III	34,4	kg	1500	34,4	3	103,2	0,167	5,7607788	
	Cimento Portland CP II-E32	34,4	kg	1950	34,4	4,2	144,48	0,023	0,802896	
4.2	Esquadrias metálicas									
	Caixilho de alumínio de correr (101,6 m ²)	0,31	m ³	7870	2439,7	98,2	239578,54	0,006	14,80507548	
	Veneziana de alumínio (41,6 m ²)	0,83	m ³	7870	6532,1	98,2	641452,22	0,006	39,63939564	
	Perfil de alumínio para maxim-ar (32,18 m ²)	0,11	m ³	7870	865,7	98,2	85011,74	0,006	5,25341388	
	Vidro comum 4mm em caixilhos (148 m ²)	0,592	m ³	7869	4658,448	18,5	86181,288	0,039	181,2136272	
	Vidro fantasia 3mm (40 m ²)	0,12	m ³	7870	944,4	18,5	17471,4	0,039	36,73716	
	Massa para vidro	120	kg		120	60	7200	0,039	4,668	
	Porta vidro 2 folhas 160x220cm	0,029	m ³	2500	72,5	18,5	1341,25	0,039	2,82025	
	Dobradiça inferior e superior	8	und	7870	5,6	40	224	0,006	0,03398304	
	Mola hidráulica	4	und	7870	2,8	55	154	0,006	0,01699152	
	Fechadura central com 2 cilindros	2	und	8500	8	55	440	0,006	0,0485472	
	Areia média lavada	1,09	m ³	1515	1651,35	0,05	82,5675	0,008	13,780325	
	Cal hidratada CH III	187,48	kg	1500	34,4	3	103,2	0,167	5,7607788	
	Cimento Portland CP II-E32	187,48	kg	1950	34,4	4,2	144,48	0,023	0,802896	
5	Cobertura e proteções	Qtd	Und	Densidade	Total kg	EI (MJ/m³)	EI (MJ/kg)	Total MJ	Transporte	EI Transporte
5.1.	Telhado									
<i>5.1.1.</i>	<i>Estrutura de madeira e telhas de fibrocimento ondulada</i>									
	Madeira - peroba	2,4	m ³	720	1728	0,5	864	0,034	58,8168	
	Pregos aço 18x27	15,5	kg		15,5	31	480,5	0,006	0,0940602	
	Telha fibrocimento 8mm i=27% (18 kgf/m ²)	2,08	m ³	1920	3993,6	6	23961,6	0,012	46,605312	
	Cumeeria articulada de fibrocimento	0,044	m ³	1920	84,48	6	506,88	0,012	0,9858816	
	Algeroz chapa galvanizada	0,154	m ³	7850	1208,9	33,8	40860,82	0,006	7,33608876	
5.2	Proteções									
	Lona contrapiso (polietileno alta densidade)	0,2	m ³	950	190	95	18050	0,007	1,279211538	

Tubo pvc soldável p/ esgoto 100mm	280	m	182	80	14560	0,7002	127,4364
Tubo pvc soldável p/ esgoto 75mm	60	m	30	80	2400	0,7002	21,006
Tubo pvc soldável p/ esgoto 50mm	203	m	81,2	80	6496	0,7002	56,85624
Tubo pvc soldável p/ esgoto 40mm	20	m	7	80	560	0,7002	4,9014
Caixa sifonada com grelha 100x100x50mm	60	und	15	80	1200	0,7002	10,503
Joelho 90o pvc p/ esgoto 100mm	40	und	2,4	80	192	0,7002	1,68048
Joelho 90o pvc p/ esgoto 75mm	20	und	1,2	80	96	0,7002	0,84024
Joelho 90o pvc p/ esgoto 50mm	40	und	2	80	160	0,7002	1,4004
Joelho 90o pvc p/ esgoto 40mm	160	und	8	80	640	0,7002	5,6016
Te sanitário 100x50mm	20	und	1,2	80	96	0,7002	0,84024
Junção simples esgoto 75x75mm	20	und	1	80	80	0,7002	0,7002
Bucha de redução longa 50x40mm	40	und	2	80	160	0,7002	1,4004
Sifão de borracha 50mm	60	und	3	80	240	0,7002	2,1006
7.1.4 Louças e metais							
Lavatório louça branca s/ coluna +acessórios	20	und	200	25	5000	0,006	1,111428571
Bacia c/ caixa acoplada c/ acessórios	20	und	300	25	7500	0,006	1,667142857
Registro de pressão cromado 3/4"	20	und	5	5	25	0,006	0,027785714
Ducha eletrônica	20	und	10	80	800	0,006	0,055571429
Tanque de louça c/ coluna	20	und	100	25	2500	0,006	0,555714286
Torneira pvc longa 1/2"	60	und	180	80	14400	0,006	1,000285714
Pia aço inoxidável 120x60cm	20	und	80	38	3040	0,006	0,444571429
7.2. Instalações elétricas							
Quadro entrada energia c/ contador	21	und	294	50	14700	0,0042	1,2348
Quadro distribuição até 6 disjuntores	20	und	140	50	7000	0,0042	0,588
Disjuntor monofásico 25A	21	und	3,15	85	267,75	0,0042	0,01323
Disjuntor monofásico 20A	40	und	6	85	510	0,0042	0,0252
Disjuntor monofásico 15A	60	und	9	85	765	0,0042	0,0378
Fio de cobre isolado 750V de 1,5mm²	3750	m	750	72	54000	0,0042	3,15
Fio de cobre isolado 750V de 2,5mm²	1050	m	210	72	15120	0,0042	0,882
Fio de cobre isolado 750V de 4,0mm²	440	m	88	72	6336	0,0042	0,3696
Conj. 1 inter. simples + 1 tom. 2p univ. embutir	21	und	0,14	80	11,2	0,0042	0,000588
Interruptor simples de embutir	80	und	0,54	80	43,2	0,0042	0,002268
Conj. 2 interruptores embutir	40	und	0,27	80	21,6	0,0042	0,001134

	Caixa em pvc 2x4"	375	und		1,875	80	150	0,0042	0,007875	
	Ponto de luz incandescente	150	und		0,75	80	60	0,0042	0,00315	
	Tomada simples embutir	400	und		2	80	160	0,0042	0,0084	
	Tomada tripolar universal embutir 20A	40	und		0,2	80	16	0,0042	0,00084	
	Espelho com furo p/ saída de fio embutir	20	und		0,1	80	8	0,0042	0,00042	
	Eletroduto PVC flexível 1/2"	1100	m		1290	80	103200	0,7002	903,258	
8	Pintura	Qtd	Und	Densidade	Total kg	EI (MJ/m³)	EI (MJ/kg)	Total MJ	Transporte	EI Transporte
8.1.	Pintura forros e paredes internas									
	Selador acrílico pigmentado	2316	m²	1,3	329,784	61	20116,824	0,595	196,2775433	
	Tinta pva látex (2 demãos)	4736	m²	1,3	659,568	65	42871,92	0,007	4,39837632	
8.2.	Pintura paredes externas									
	Selador acrílico pigmentado	77	m²	1,3	12,012	61	732,732	0,595	7,14918204	
	Tinta acrílica (2 demãos)	1546	m²	1,3	241,176	61	14711,736	0,007	1,608299383	
8.3.	Pintura em esquadrias madeira									
	Tinta esmalte (2 demãos)	486	m²		120	98	11760	0,007	0,800228571	
9	Serviços complementares	Qtd	Und	Densidade	Total kg	EI (MJ/m³)	EI (MJ/kg)	Total MJ	Transporte	EI Transporte
	Limpeza geral	1212	m²			1	1212	0	0	
Subtotal								5360805,09	38056,376	
Total EI Projeto-proposto B (MJ)									5398861,466	

APÊNDICE C

Tabela completa de emissão de CO2 do Projeto-base e dos Projetos-propostos.

Projeto-base (Tipo H - IeC=49,6)															
Materiais Projeto-base (IeC = 49,6)	Área (m²)	Fonte	Eletricidade	Óleo combustível	Gás natural	GLP	Outras secund. de petróleo	Coque de carvão mineral	Coque de petróleo	Carvão mineral	Carvão vegetal	Lenha	Outras	Total	
														1020	CO2 (Kg/GJ)
Aço e ferro	%		10	1	6			71					12		
	Quant. (MJ)	2400499,64	240049,96	24004,996	144029,97			1704354,7					288059,95		
	CO2 (Kg)		4344,9043	1915,5987	7287,9169			155948,45					10283,740	179780,61	39,57
Alumínio	%		54	21	7		4	10					4		
	Quant. (MJ)	966042,5	521662,95	202868,92	67622,975		38641,7	96604,25					38641,7		
	CO2 (Kg)		9442,0993	16188,940	3421,7225		2805,38	8839,2888					40697,438	8,96	
Areia	%		1	99											
	Quant. (MJ)	12684,315	126,84315	12557,471											
	CO2 (Kg)		2,2958610	1002,0862										1004,3821	0,22
Cal	%		8	12								80			
	Quant. (MJ)	78899,22	6311,9376	9467,9064								63119,376			
	CO2 (Kg)		114,24607	755,53893								5150,5410		6020,3260	1,33
Cerâmica revestimento	%		12	15	68	5									
	Quant. (MJ)	177685,8	21322,296	26652,87	120826,34	8884,29									
	CO2 (Kg)		385,93355	2126,8990	6113,8130	562,37555								9189,0211	2,02
Cerâmica vermelha	%		2	4		8						85	1		
	Quant. (MJ)	982114	19642,28	39284,56		78569,12						834796,9	9821,14		
	CO2 (Kg)		355,52526	3134,9078		4973,4252						68119,427	350,61469	76933,900	16,93

Tintas	% Quant. (MJ)	111054,47	10	90													
			11105,447	99949,023													
CO2 (Kg)			201,00859	7975,9321												8176,940707	1,80
Somatório material (MJ)			962552,06	621234,41	422568,66	88030,844	140742	1800958,9	159505,58	20918,764	23533,610	897916,27	316185,01	5454147,22			
MJ (Fonte) / m²			943,67849	609,05335	414,28300	86,304749	137,983	1765,6460	156,37801	20,508592	23,072166	880,31007	309,98530	5347,203157			
CO2 Processo	t CO2 / t	kg											CO2 Processo	Processo + energia			
Alumínio	1,6	9837,5											15740	56437,43844			
Perc. (%)													3,46				
Cimento	0,66	62258,228											41090,43048	57632,20506			
Perc. (%)													9,04				
Cal	0,76	26375,49											20045,3724	26065,69848			
Perc. (%)													4,41				
Total CO2 Projeto-base (kg)			17422,192	49574,506	21381,974	5572,3524	10217,9	164787,74	11580,105	1914,0669	1200,2141	73269,968	11287,80507	454333,4093			
% CO2			3,83	10,91	4,71	1,23	2,25	36,27	2,55	0,42	0,26	16,13	2,48	81,04			
kg CO2/m²			17,08058074	48,60245738	20,96272017	5,463090613	10,017589	161,5566157	11,35304422	1,876536235	1,176680508	71,83330208	11,06647556	445,4249111			

* Dado conforme CES EduPack (2005)

Projeto-proposto A (Tipo barra - IeC=72,3)

Materiais Projeto-base (IeC = 72,3)	Área (m²)	Fonte	Eletrici- dade	Óleo combus- tível	Gás natural	GLP	Outras secund. de petróleo	Coque de carvão mineral	Coque de petróleo	Carvão mineral	Carvão vegetal	Lenha	Outras	Total	
	1020	CO2 (Kg/GJ)	18,1	79,8	50,6	63,3	72,6	91,5	72,6	91,5	51	81,6	35,7	kg CO2	%
Aço e ferro	% Quant. (MJ)	2344715,3	10	1	6			71					12		
			234471,53	23447,15	3	140682,92			1664747,8					281365,84	
	CO2 (Kg)			4243,9347	1871,0828	7118,5558			152324,43					10044,760	175602,76
Alumínio	% Quant. (MJ)	966042,5	54	21	7		4	10					4		
			521662,95	202868,92	2	67622,975		38641,7	96604,25					38641,7	
	CO2 (Kg)			9442,0993	16188,940	3421,7225		2805,3874	8839,2888						40697,438
Areia	% Quant. (MJ)	11755,148	1	99											
			117,55148	11637,596											
	CO2 (Kg)			2,1276817	928,68020										930,80788
Cal	% Quant. (MJ)	67627,873	8	12								80			
			5410,2298	8115,344								54102,29			
	CO2 (Kg)			97,925160	647,6045							4414,747			5160,2772
Cerâmica revestimen- to	% Quant. (MJ)	167805,5	12	15	68	5									
			20136,66	25170,82	114107,74	8390,275									
	CO2 (Kg)			364,47354	2008,631	5773,8516	531,1044								8678,0614
Cerâmica vermelha	% Quant. (MJ)	764904	2	4		8						85	1		
			15298,08	30596,16		61192,32						650168,4	7649,04		
	CO2 (Kg)			276,89524	2441,573		3873,473					53053,74	273,0707		59918,754

	CO2 (Kg)	0,84*												4868,0923	1,16
Tintas	% Quant. (MJ)	94967,244	10	90											
	CO2 (Kg)		9496,7244	85470,51										6992,4381	1,66
Somatório material (MJ)			934346,74	582931,6	399966,03	70147,53	126534,4	1761352,	146646,4	19232,32	21636,36	704270,6	305843,1	5072907,519	
MJ (Fonte) / m²			916,02622	571,5017	392,12356	68,77209	124,0533	1726,815	143,7710	18,85521	21,21212	690,4614	299,8462	4973,438744	
CO2 Processo	t CO2 / t	kg											CO2 Processo	Processo + energia	
Alumínio	1,6	9837,5											15740	56437,43844	
Perc. (%)													3,75		
Cimento	0,66	57239,0588											37777,77881	52985,97923	
Perc. (%)													8,99		
Cal	0,76	22542,62455											17132,39466	22292,67193	
Perc. (%)													4,08		
Total CO2 Projeto-proposto A (kg)			16911,676	46517,942	20238,281	4440,339	9186,398	161163,7	10646,53	1759,757	1103,454	57468,48	10918,60	420254,1011	
% CO2			4,02	11,07	4,82	1,06	2,19	38,35	2,53	0,42	0,26	13,67	2,60	80,99	
kg CO2/m²			16,58007464	45,6058254	19,8414523	4,353273	9,006273	158,0036	10,43777	1,725252	1,081818	56,34165	10,70451	412,0138247	

* Dado conforme CES EduPack (2005)

**Projeto-proposto B (Tipo barra -
IeC=63,2)**

Materiais Projeto-base (IeC = 63,2)	Área (m ²)	Fonte	Eletrici- dade	Óleo combus- tível	Gás natural	GLP	Outras secund. de petróleo	Coque de carvão mineral	Coque de petróleo	Carvão mineral	Carvão vegetal	Lenha	Outras	Total		
														1020	CO2 (Kg/GJ)	18,1
Aço e ferro	%		10	1	6			71						12		
	Quant. (MJ)	2376362,2	237636,22	23763,622	142581,73			1687217,2						285163,47		
	CO2 (Kg)		4301,2157	1896,3370	7214,6358			154380,37						10180,335	177972,89	41,77
Alumínio	%		54	21	7		4	10						4		
	Quant. (MJ)	966042,5	521662,95	202868,92	67622,975		38641,7	96604,25						38641,7		
	CO2 (Kg)		9442,0993	16188,940	3421,7225		2805,3874	8839,2888							40697,438	9,55
Areia	%		1	99												
	Quant. (MJ)	12068,426	120,68426	11947,742												
	CO2 (Kg)		2,1843851	953,42982											955,61420	0,22
Cal	%		8	12								80				
	Quant. (MJ)	69201,264	5536,1011	8304,1517								55361,011				
	CO2 (Kg)		100,20343	662,67130								4517,4585			5280,3332	1,24
Cerâmica revesti- mento	%		12	15	68	5										
	Quant. (MJ)	168222,1	20186,652	25233,315	114391,02	8411,105										
	CO2 (Kg)		365,37840	2013,6185	5788,1860	532,42294									8699,6059	2,04
Cerâmica vermelha	%		2	4		8						85	1			
	Quant. (MJ)	785204	15704,08	31408,16		62816,32						667423,4	7852,04			
	CO2		284,24384	2506,3711		3976,2730						54461,749	280,31782	61508,955	14,44	

APÊNDICE D

Planilhas estimativas de custos do Projeto-base e dos Projetos-propostos.

Projeto-base (Tipo H - IeC=49,4)							
1 Serviços preliminares							
	Serviços	Und.	Quant.	Custo unitário	Custo total	% Item	% Total
1.1	Serviços técnicos (projetos/especificações/orçamento/cronograma)	vb	-				
1.2	Administração (equipe administrativa)	vb	-				
1.3	Instalações provisórias (tapumes de tábua com portão)	vb	-				
1.4	Controle tecnológico e PCMAT	vb	-				10,81%
1.5	Máquinas e ferramentas (betoneira/vibrador/serra/bomba/carrinho/guincho)	vb	-				
1.6	Locação da obra	vb	-				
1.7	Abrigo provisório	vb	-				
	Custo total do item				R\$ 97.370,78	100%	
2 Estrutura							
2.1. Infraestrutura (baldrames e fundações)							
2.1.2	Controle tecnológico do concreto	vb	-	300,00	300,00	0,10%	
2.1.3	Fundações profundas	vb	-	29.500,00	29.500,00	10,22%	
2.1.4	Arrassamento da cabeça das estacas	vb	-	1.000,00	1.000,00	0,35%	
2.1.5	Fundações superficiais (vigas/baldrames/alavancas)	m³	12	1.282,34	15.388,08	5,33%	
2.1.6	Remoção de solos das fundações	m³	56,31	8,50	478,64	0,17%	
2.1.7	Impermeabilização - 3 demãos	kg	30	20,90	627,00	0,22%	
2.2. Supraestrutura							
2.2.1	Concreto armado (lajes e vigas) (composição: concreto + armaduras + formas + pregos + escoras)	m³	153,96	1.419,65	218.569,31	75,75%	32,03%
2.3. Escada							
2.3.1	Escada pré-moldada concreto armado	und	4	2.527,00	10.108,00	3,50%	
2.3.2	Guindaste	vb	-	2.268,25	2.268,25	0,79%	
2.3.3	Guarda-corpo ferro h=90cm	m²	20	214,80	4.296,00	1,49%	
2.3.4	Corrimão de ferro	m	80	75,30	6.024,00	2,09%	
	Custo total do item				R\$ 288.559,28	100%	

3	Alvenarias						
3.1.	Paredes e painéis						
3.1.1	Blocos cerâmicos 14x19x29	m ²	1680	47,75	80.220,00	53,93%	
3.1.2	Tijolos maciços 6x11x22	m ²	62	44,00	2.728,00	1,83%	
3.1.3	Argamassa assentamento 1:2:8	m ³	22,242	275,00	6.116,55	4,11%	
3.1.4	Andaime para alvenaria	m ²	10	12,00	120,00	0,08%	
3.1.5	E.P.C. (linha de vida)	vb	-	5.400,00	5.400,00	3,63%	
3.1.6	Escantilhão	und	12	97,40	1.168,80	0,79%	
3.1.7	Controle tecnológico da alvenaria	vb	-	800,00	800,00	0,54%	
3.1.8	Betoneira	vb	-	150,00	150,00	0,10%	
3.1.9	Capecamento	m ²	125,47	24,74	3.104,13	2,09%	
3.1.10	Balancim	vb	-	1.025,00	1.025,00	0,69%	16,51%
3.2	Revestimento de paredes						
3.2.1	Chapisco traço 1:3	m ²	1162	4,95	5.751,90	3,87%	
3.2.2	Massa única (emboço) 1:2:9	m ²	1162	19,85	23.065,70	15,51%	
3.2.3	Azulejos	m ²	490	29,99	14.695,10	9,88%	
3.2.4	Argamassa assentamento azulejos 1:2:8	m ²	490	7,50	3.675,00	2,47%	
3.2.5	Controle tecnológico de revestimentos	vb	-	500,00	500,00	0,34%	
3.3.6	Betoneira	vb	-	230,00	230,00	0,15%	
	Custo total do item				R\$ 148.750,18	100%	
4	Esquadrias						
4.1	Esquadrias metálicas						
4.1.2	Janela de correr 1,50x1,00 m	und	40	495,75	19.830,00	19,46%	
4.1.3	Janela de correr 1,30x1,60 m	und	20	687,60	13.752,00	13,49%	
4.1.4	Janela maxim-ar 0,60x0,70 m	und	20	147,00	2.940,00	2,88%	
4.1.5	Janela maxim-ar 1,00x1,00 m	und	20	350,07	7.001,40	6,87%	
4.1.6	Janela maxim-ar 0,60x0,70 m	und	9	147,00	1.323,00	1,30%	
4.1.7	Porta de abrir 1,60x2,20 m	und	1	1.360,00	1.360,00	1,33%	11,31%
4.1.8	Contramarco para janela 1,50x1,00 m	und	40	24,73	989,20	0,97%	
4.1.9	Contramarco para janela 1,30x1,60 m	und	20	28,68	573,60	0,56%	
4.1.10	Contramarco para janela 0,60x0,70 m	und	20	15,85	317,00	0,31%	
4.1.11	Contramarco para janela 1,00x1,00 m	und	20	24,38	487,60	0,48%	
4.1.12	Contramarco para janela 0,60x0,70 m	und	9	15,85	142,65	0,14%	
4.1.13	Contramarco para porta 1,60x2,20 m	und	1	33,06	33,06	0,03%	

4.2	Esquadrias de madeira						
4.2.1	Porta entrada 0,90x2,10 m completa	und	20	399,00	7.980,00	7,83%	
4.2.2	Porta interna 0,80x2,10 m completa	und	60	389,22	23.353,20	22,91%	
4.2.3	Porta interna 0,60x2,10 m completa	und	20	377,55	7.551,00	7,41%	
4.3	Ferragens						
4.3.1	Conjunto para porta social/interna	und	80	51,50	4.120,00	4,04%	
4.3.2	Conjunto para porta banheiro	und	20	45,11	902,20	0,89%	
4.4	Vidros						
4.4.1	Vidro liso 4mm	m ²	148	49,05	7.259,40	7,12%	
4.4.2	Vidro fantasia	m ²	40	49,96	1.998,40	1,96%	
	Custo total do item				R\$ 101.913,71	100%	
5	Cobertura e proteções						
5.1	Telhado						
5.1.1	Estrutura telhado madeira	m ²	244	50,33	12.280,52	46,55%	
5.1.2	Telha fibrocimento 8mm i=27% (18 kgf/m ²)	m ²	256,2	20,49	5.249,54	19,90%	
5.1.3	Cumeeria articulada de fibrocimento	m	27,89	46,57	1.298,84	4,92%	
5.1.4	Algeroz chapa galvanizada	m	92,41	34,94	3.228,81	12,24%	
5.2	Proteções						2,93%
5.2.1	Lona contrapiso (polietileno alta densidade)	m ²	200	3,02	604,00	2,29%	
5.2.2	Impermeabilização banheiros	kg	12	20,90	250,80	0,95%	
5.3	Forros						
5.3.1	Forro pvc banheiros	m ²	96,4	36,00	3.470,40	13,15%	
	Custo total do item				R\$ 26.382,90	100%	
6	Pisos						
6.1	Pisos internos						
6.1.1	Argamassa regularização de base	m ²	1212	27,40	33.208,80	39,94%	
6.1.2	Cerâmica comum	m ²	1212	33,70	40.844,40	49,13%	9,23%
6.1.3	Argamassa assentamento	m ²	1212	7,50	9.090,00	10,93%	
	Custo total do item				R\$ 83.143,20	100%	
7	Instalações						
7.1	Instalações hidrossanitárias e aparelhos						
	Reservatório fibra vidro 5000L c/ componentes	und	6	1.399,90	8.399,40	8,62%	
	Ligação domiciliar de água	und	20	105,25	2.105,00	2,16%	10,81%
	Kit cavalete com registro	und	20	45,97	919,40	0,94%	

Hidrômetro	und	20	107,20	2.144,00	2,20%
Tubo pvc soldável água fria 25mm	m	300	12,70	3.810,00	3,91%
Distribuição (registros/conexões/adaptadores)	cj	20	180,68	3.613,60	3,71%
Tubo pvc esgoto predial 40 mm	m	20	14,91	298,20	0,31%
Tubo pvc esgoto predial 50 mm	m	203	20,05	4.070,15	4,18%
Tubo pvc esgoto predial 75 mm	m	60	27,45	1.647,00	1,69%
Tubo pvc esgoto predial 100 mm	m	280	29,29	8.201,20	8,42%
Caixa sifonada	und	60	25,84	1.550,40	1,59%
Joelhos/junção/te/sifão	cj	20	79,70	1.594,00	1,64%
Lavatório louça branca s/ coluna +acessórios	und	20	129,76	2.595,20	2,66%
Bacia c/ caixa acoplada c/ acessórios	und	20	234,59	4.691,80	4,82%
Registro de pressão cromado 3/4"	und	20	12,90	258,00	0,26%
Ducha eletrônica	und	20	89,90	1.798,00	1,85%
Tanque de louça c/ coluna	und	20	172,41	3.448,20	3,54%
Torneira pvc longa 1/2"	und	60	69,80	4.188,00	4,30%
Pia aço inoxidável 120x60cm	und	20	214,78	4.295,60	4,41%

7.2 Instalações elétricas

Quadro entrada energia c/ contador	und	1	722,78	722,78	0,74%
Quadro distribuição até 6 disjuntores	und	20	63,50	1.270,00	1,30%
Disjuntor 10 a 30 A	und	40	8,26	330,40	0,34%
Disjuntor 35 a 50 A	und	21	11,70	245,70	0,25%
Ponto de tomada (13 por apartamento)	cj	20	945,49	18.909,80	19,42%
Ponto de luz incandescente	cj	20	313,75	6.275,00	6,44%
Ponto para chuveiro	und	20	67,03	1.340,60	1,38%
Ponto antena	und	20	24,15	483,00	0,50%
Interruptores (7 pot apartamento)	und	20	238,95	4.779,00	4,91%
Fio de cobre isolado 750V de 1,5mm ²	m	3750	0,34	1.275,00	1,31%
Fio de cobre isolado 750V de 2,5mm ²	m	1050	0,49	514,50	0,53%
Fio de cobre isolado 750V de 4,0mm ²	m	440	0,89	391,60	0,40%
Eletroduto PVC flexível 1/2"	m	1100	1,12	1.232,00	1,26%

Custo total do item

R\$ 97.396,53 100%

8 Pintura

8.1. Pintura forros e paredes internas

Selador acrílico pigmentado	m ²	2560	2,39	6.118,40	10,95%	6,20%
-----------------------------	----------------	------	------	----------	--------	-------

	Tinta pva látex (2 demãos)	m ²	2560	11,95	30.592,00	54,77%	
8.2.	Pintura paredes externas						
	Selador acrílico pigmentado	m ²	83,82	2,39	200,33	0,36%	
	Tinta acrílica (2 demãos)	m ²	1095	11,95	13.085,25	23,43%	
	Balancin	vb	-	450,00	450,00	0,81%	
8.3.	Pintura em esquadrias						
	Esquadrias de madeira	m ²	403,33	13,41	5.408,66	9,68%	
	Custo total do item				R\$ 55.854,64	100%	
9	<i>Serviços complementares</i>						
	Limpeza final	vb	-	1.500,00	1.500,00	100,00%	0,17%
					R\$ 1.500,00	100%	
Total					R\$ 900.871,21		
	<i>Total por unidade habitacional</i>				R\$ 45.043,56		

Projeto-proposto A (Tipo barra - IeC=72,1)

1 Serviços preliminares							
	Serviços	Und.	Quant.	Custo unitário	Custo total	% Item	% Total
1.1	Serviços técnicos (projetos/especificações/orçamento/cronograma)	vb	-				
1.2	Administração (equipe administrativa)	vb	-				
1.3	Instalações provisórias (tapumes de tábua com portão)	vb	-				
1.4	Controle tecnológico e PCMAT	vb	-				
1.5	Máquinas e ferramentas (betoneira/vibrador/serra/bomba/carrinho/guincho)	vb	-				11,61%
1.6	Locação da obra	vb	-				
1.7	Abrigo provisório	vb	-				
	Custo total do item				R\$ 97.370,78	100%	
2 Estrutura							
2.1. Infraestrutura (baldrames e fundações)							
2.1.2	Controle tecnológico do concreto	vb	-	300,00	300,00	0,11%	
2.1.3	Fundações profundas	vb	-	29.500,00	29.500,00	10,59%	
2.1.4	Arrassamento da cabeça das estacas	vb	-	1.000,00	1.000,00	0,36%	
2.1.5	Fundações superficiais (vigas/baldrames/alavancas)	m³	12	1.282,34	15.388,08	5,52%	
2.1.6	Remoção de solos das fundações	m³	56,31	8,50	478,64	0,17%	
2.1.7	Impermeabilização - 3 demãos	kg	30	20,90	627,00	0,23%	
2.2. Supraestrutura							
2.2.1	Concreto armado (lajes e vigas)	m³	146,96	1.419,65	208.631,76	74,88%	33,22%
2.2.2	(composição: concreto + armaduras + formas + pregos + escoras)						
2.3. Escada							
2.3.1	Escada pré-moldada concreto armado	und	4	2.527,00	10.108,00	3,63%	
2.3.2	Guindaste	vb	-	2.268,25	2.268,25	0,81%	
2.3.3	Guarda-corpo ferro h=90cm	m²	20	214,80	4.296,00	1,54%	
2.3.4	Corrimão de ferro	m	80	75,30	6.024,00	2,16%	
	Custo total do item				R\$ 278.621,73	100%	
3 Alvenarias							
3.1. Paredes e painéis							
3.1.1	Blocos cerâmicos 14x19x29	m²	1300	47,75	62.075,00	55,64%	13,30%

3.1.2	Tijolos maciços 6x11x22	m ²	58,5	44,00	2.574,00	2,31%
3.1.3	Argamassa assentamento 1:2:8	m ³	17,461	275,00	4.801,78	4,30%
3.1.4	Andaime para alvenaria	m ²	10	12,00	120,00	0,11%
3.1.5	E.P.C. (linha de vida)	vb	-	5.400,00	5.400,00	4,84%
3.1.6	Escantilhão	und	8	97,40	779,20	0,70%
3.1.7	Controle tecnológico da alvenaria	vb	-	800,00	800,00	0,72%
3.1.8	Betoneira	vb	-	150,00	150,00	0,13%
3.1.9	Capeamento	m ²	100	24,74	2.474,00	2,22%
3.1.10	Balancim	vb	-	1.025,00	1.025,00	0,92%
3.2	Revestimento de paredes					
3.2.1	Chapisco traço 1:3	m ²	691	4,95	3.420,45	3,07%
3.2.2	Massa única (emboço) 1:2:9	m ²	691	19,85	13.716,35	12,29%
3.2.3	Azulejos	m ²	360	29,99	10.796,40	9,68%
3.2.4	Argamassa assentamento azulejos 1:2:8	m ²	360	7,50	2.700,00	2,42%
3.2.5	Controle tecnológico de revestimentos	vb	-	500,00	500,00	0,45%
3.3.6	Betoneira	vb	-	230,00	230,00	0,21%
	Custo total do item				R\$ 111.562,18	100%
4	Esquadrias					
4.1	Esquadrias metálicas					
4.1.2	Janela de correr 1,50x1,00 m	und	40	495,75	19.830,00	19,46%
4.1.3	Janela de correr 1,30x1,60 m	und	20	687,60	13.752,00	13,49%
4.1.4	Janela maxim-ar 0,60x0,70 m	und	20	147,00	2.940,00	2,88%
4.1.5	Janela maxim-ar 1,00x1,00 m	und	20	350,07	7.001,40	6,87%
4.1.6	Janela maxim-ar 0,60x0,70 m	und	9	147,00	1.323,00	1,30%
4.1.7	Porta de abrir 1,60x2,20 m	und	1	1.360,00	1.360,00	1,33%
4.1.8	Contramarco para janela 1,50x1,00 m	und	40	24,73	989,20	0,97%
4.1.9	Contramarco para janela 1,30x1,60 m	und	20	28,68	573,60	0,56%
4.1.10	Contramarco para janela 0,60x0,70 m	und	20	15,85	317,00	0,31%
4.1.11	Contramarco para janela 1,00x1,00 m	und	20	24,38	487,60	0,48%
4.1.12	Contramarco para janela 0,60x0,70 m	und	9	15,85	142,65	0,14%
4.1.13	Contramarco para porta 1,60x2,20 m	und	1	33,06	33,06	0,03%
4.2	Esquadrias de madeira					
4.2.1	Porta entrada 0,90x2,10 m completa	und	20	399,00	7.980,00	7,83%
4.2.2	Porta interna 0,80x2,10 m completa	und	60	389,22	23.353,20	22,91%
4.2.3	Porta interna 0,60x2,10 m completa	und	20	377,55	7.551,00	7,41%

12,15%

4.3	Ferragens						
4.3.1	Conjunto para porta social/interna	und	80	51,50	4.120,00	4,04%	
4.3.2	Conjunto para porta banheiro	und	20	45,11	902,20	0,89%	
4.4	Vidros						
4.4.1	Vidro liso 4mm	m ²	148	49,05	7.259,40	7,12%	
4.4.2	Vidro fantasia	m ²	40	49,96	1.998,40	1,96%	
	Custo total do item				R\$ 101.913,71	100%	
5	Cobertura e proteções						
5.1	Telhado						
5.1.1	Estrutura telhado madeira	m ²	235	50,33	11.827,55	50,66%	
5.1.2	Telha fibrocimento 8mm i=27% (18 kgf/m ²)	m ²	250	20,49	5.122,50	21,94%	
5.1.3	Cumeeria articulada de fibrocimento	m	25	46,57	1.164,25	4,99%	
5.1.4	Algeroz chapa galvanizada	m	75	34,94	2.620,50	11,22%	
5.2	Proteções						2,78%
5.2.1	Lona contrapiso (polietileno alta densidade)	m ²	200	3,02	604,00	2,59%	
5.2.2	Impermeabilização banheiros	kg	10	20,90	209,00	0,90%	
5.3	Forros						
5.3.1	Forro pvc banheiros	m ²	50	36,00	1.800,00	7,71%	
	Custo total do item				R\$ 23.347,80	100%	
6	Pisos						
6.1	Pisos internos						
6.1.1	Argamassa regularização de base	m ²	1210	27,40	33.154,00	39,94%	
6.1.2	Cerâmica comum	m ²	1210	33,70	40.777,00	49,13%	9,90%
6.1.3	Argamassa assentamento	m ²	1210	7,50	9.075,00	10,93%	
	Custo total do item				R\$ 83.006,00	100%	
7	Instalações						
7.1	Instalações hidrossanitárias e aparelhos						
	Reservatório fibra vidro 5000L c/ componentes	und	6	1.399,90	8.399,40	8,62%	
	Ligação domiciliar de água	und	20	105,25	2.105,00	2,16%	
	Kit cavalete com registro	und	20	45,97	919,40	0,94%	
	Hidrômetro	und	20	107,20	2.144,00	2,20%	11,61%
	Tubo pvc soldável água fria 25mm	m	300	12,70	3.810,00	3,91%	
	Distribuição (registros/conexões/adaptadores)	cj	20	180,68	3.613,60	3,71%	
	Tubo pvc esgoto predial 40 mm	m	20	14,91	298,20	0,31%	

Tubo pvc esgoto predial 50 mm	m	203	20,05	4.070,15	4,18%
Tubo pvc esgoto predial 75 mm	m	60	27,45	1.647,00	1,69%
Tubo pvc esgoto predial 100 mm	m	280	29,29	8.201,20	8,42%
Caixa sifonada	und	60	25,84	1.550,40	1,59%
Joelhos/junção/te/sifão	cj	20	79,70	1.594,00	1,64%
Lavatório louça branca s/ coluna +acessórios	und	20	129,76	2.595,20	2,66%
Bacia c/ caixa acoplada c/ acessórios	und	20	234,59	4.691,80	4,82%
Registro de pressão cromado 3/4"	und	20	12,90	258,00	0,26%
Ducha eletrônica	und	20	89,90	1.798,00	1,85%
Tanque de louça c/ coluna	und	20	172,41	3.448,20	3,54%
Torneira pvc longa 1/2"	und	60	69,80	4.188,00	4,30%
Pia aço inoxidável 120x60cm	und	20	214,78	4.295,60	4,41%
7.2 Instalações elétricas					
Quadro entrada energia c/ contador	und	1	722,78	722,78	0,74%
Quadro distribuição até 6 disjuntores	und	20	63,50	1.270,00	1,30%
Disjuntor 10 a 30 A	und	40	8,26	330,40	0,34%
Disjuntor 35 a 50 A	und	21	11,70	245,70	0,25%
Ponto de tomada (13 por apartamento)	cj	20	945,49	18.909,80	19,42%
Ponto de luz incandescente	cj	20	313,75	6.275,00	6,44%
Ponto para chuveiro	und	20	67,03	1.340,60	1,38%
Ponto antena	und	20	24,15	483,00	0,50%
Interruptores (7 pot apartamento)	und	20	238,95	4.779,00	4,91%
Fio de cobre isolado 750V de 1,5mm ²	m	3750	0,34	1.275,00	1,31%
Fio de cobre isolado 750V de 2,5mm ²	m	1050	0,49	514,50	0,53%
Fio de cobre isolado 750V de 4,0mm ²	m	440	0,89	391,60	0,40%
Eletroduto PVC flexível 1/2"	m	1100	1,12	1.232,00	1,26%
Custo total do item				R\$ 97.396,53	100%
8 Pintura					
8.1. Pintura forros e paredes internas					
Selador acrílico pigmentado	m ²	2114	2,39	5.052,46	11,49%
Tinta pva látex (2 demãos)	m ²	2114	11,95	25.262,30	57,43%
8.2. Pintura paredes externas					
Selador acrílico pigmentado	m ²	75	2,39	179,25	0,41%
Tinta acrílica (2 demãos)	m ²	639	11,95	7.636,05	17,36%
Balancin	vb	-	450,00	450,00	1,02%

5,24%

8.3.	Pintura em esquadrias						
	Esquadrias de madeira	m ²	403,33	13,41	5.408,66	12,30%	
	Custo total do item				R\$ 43.988,72	100%	
9	Serviços complementares						
	Limpeza final	vb	-	1.500,00	1.500,00	100,00%	0,18%
					R\$ 1.500,00	100%	
	Total				R\$ 838.707,44		
	Total por unidade habitacional				R\$ 41.935,37		

Projeto-proposto B (Tipo barra - IeC=62,8)**1 Serviços preliminares**

Serviços	Und.	Quant.	Custo unitário	Custo total	% Item	% Total
1.1 Serviços técnicos (projetos/especificações/orçamento/cronograma)	vb	-				
1.2 Administração (equipe administrativa)	vb	-				
1.3 Instalações provisórias (tapumes de tábua com portão)	vb	-				
1.4 Controle tecnológico e PCMAT	vb	-				11,39%
1.5 Máquinas e ferramentas (betoneira/vibrador/serra/bomba/carrinho/guincho)	vb	-				
1.6 Locação da obra	vb	-				
1.7 Abrigo provisório	vb	-				
Custo total do item				R\$ 97.370,78	100%	

2 Estrutura**2.1. Infraestrutura (baldrames e fundações)**

2.1.2 Controle tecnológico do concreto	vb	-	300,00	300,00	0,11%	
2.1.3 Fundações profundas	vb	-	29.500,00	29.500,00	10,40%	
2.1.4 Arrastamento da cabeça das estacas	vb	-	1.000,00	1.000,00	0,35%	
2.1.5 Fundações superficiais (vigas/baldrames/alavancas)	m ³	12	1.282,34	15.388,08	5,43%	
2.1.6 Remoção de solos das fundações	m ³	56,31	8,50	478,64	0,17%	
2.1.7 Impermeabilização - 3 demãos	kg	30	20,90	627,00	0,22%	

2.2. Supraestrutura

2.2.1 Concreto armado (lajes e vigas)	m ³	150,5	1.419,65	213.657,33	75,33%	33,17%
2.2.2 (composição: concreto + armaduras + formas + pregos + escoras)						

2.3. Escada

2.3.1 Escada pré-moldada concreto armado	und	4	2.527,00	10.108,00	3,56%	
2.3.2 Guindaste	vb	-	2.268,25	2.268,25	0,80%	
2.3.3 Guarda-corpo ferro h=90cm	m ²	20	214,80	4.296,00	1,51%	
2.3.4 Corrimão de ferro	m	80	75,30	6.024,00	2,12%	
Custo total do item				R\$ 283.647,29	100%	

3 Alvenarias**3.1. Paredes e painéis**

3.1.1 Blocos cerâmicos 14x19x29	m ²	1340	47,75	63.985,00	54,46%	
3.1.2 Tijolos maciços 6x11x22	m ²	58,5	44,00	2.574,00	2,19%	13,74%
3.1.3 Argamassa assentamento 1:2:8	m ³	17,661	275,00	4.856,78	4,13%	

3.1.4	Andaime para alvenaria	m ²	10	12,00	120,00	0,10%	
3.1.5	E.P.C. (linha de vida)	vb	-	5.400,00	5.400,00	4,60%	
3.1.6	Escantilhão	und	12	97,40	1.168,80	0,99%	
3.1.7	Controle tecnológico da alvenaria	vb	-	800,00	800,00	0,68%	
3.1.8	Betoneira	vb	-	150,00	150,00	0,13%	
3.1.9	Capecamento	m ²	110	24,74	2.721,40	2,32%	
3.1.10	Balancim	vb	-	1.025,00	1.025,00	0,87%	
3.2	Revestimento de paredes						
3.2.1	Chapisco traço 1:3	m ²	825	4,95	4.083,75	3,48%	
3.2.2	Massa única (emboço) 1:2:9	m ²	825	19,85	16.376,25	13,94%	
3.2.3	Azulejos	m ²	360	29,99	10.796,40	9,19%	
3.2.4	Argamassa assentamento azulejos 1:2:8	m ²	360	7,50	2.700,00	2,30%	
3.2.5	Controle tecnológico de revestimentos	vb	-	500,00	500,00	0,43%	
3.3.6	Betoneira	vb	-	230,00	230,00	0,20%	
	Custo total do item				R\$ 117.487,38	100%	
4	Esquadrias						
4.1	Esquadrias metálicas						
4.1.2	Janela de correr 1,50x1,00 m	und	40	495,75	19.830,00	19,46%	
4.1.3	Janela de correr 1,30x1,60 m	und	20	687,60	13.752,00	13,49%	
4.1.4	Janela maxim-ar 0,60x0,70 m	und	20	147,00	2.940,00	2,88%	
4.1.5	Janela maxim-ar 1,00x1,00 m	und	20	350,07	7.001,40	6,87%	
4.1.6	Janela maxim-ar 0,60x0,70 m	und	9	147,00	1.323,00	1,30%	
4.1.7	Porta de abrir 1,60x2,20 m	und	1	1.360,00	1.360,00	1,33%	
4.1.8	Contramarco para janela 1,50x1,00 m	und	40	24,73	989,20	0,97%	
4.1.9	Contramarco para janela 1,30x1,60 m	und	20	28,68	573,60	0,56%	
4.1.10	Contramarco para janela 0,60x0,70 m	und	20	15,85	317,00	0,31%	11,92%
4.1.11	Contramarco para janela 1,00x1,00 m	und	20	24,38	487,60	0,48%	
4.1.12	Contramarco para janela 0,60x0,70 m	und	9	15,85	142,65	0,14%	
4.1.13	Contramarco para porta 1,60x2,20 m	und	1	33,06	33,06	0,03%	
4.2	Esquadrias de madeira						
4.2.1	Porta entrada 0,90x2,10 m completa	und	20	399,00	7.980,00	7,83%	
4.2.2	Porta interna 0,80x2,10 m completa	und	60	389,22	23.353,20	22,91%	
4.2.3	Porta interna 0,60x2,10 m completa	und	20	377,55	7.551,00	7,41%	
4.3	Ferragens						

4.3.1	Conjunto para porta social/interna	und	80	51,50	4.120,00	4,04%	
4.3.2	Conjunto para porta banheiro	und	20	45,11	902,20	0,89%	
4.4	Vidros						
4.4.1	Vidro liso 4mm	m ²	148	49,05	7.259,40	7,12%	
4.4.2	Vidro fantasia	m ²	40	49,96	1.998,40	1,96%	
	Custo total do item				R\$ 101.913,71	100%	
5	Cobertura e proteções						
5.1	Telhado						
5.1.1	Estrutura telhado madeira	m ²	240	50,33	12.079,20	50,35%	
5.1.2	Telha fibrocimento 8mm i=27% (18 kgf/m ²)	m ²	260	20,49	5.327,40	22,21%	
5.1.3	Cumeeria articulada de fibrocimento	m	27,5	46,57	1.280,68	5,34%	
5.1.4	Algeroz chapa galvanizada	m	77	34,94	2.690,38	11,21%	
5.2	Proteções						
5.2.1	Lona contrapiso (polietileno alta densidade)	m ²	200	3,02	604,00	2,52%	2,81%
5.2.2	Impermeabilização banheiros	kg	10	20,90	209,00	0,87%	
5.3	Forros						
5.3.1	Forro pvc banheiros	m ²	50	36,00	1.800,00	7,50%	
	Custo total do item				R\$ 23.990,66	100%	
6	Pisos						
6.1	Pisos internos						
6.1.1	Argamassa regularização de base	m ²	1214	27,40	33.263,60	39,94%	
6.1.2	Cerâmica comum	m ²	1214	33,70	40.911,80	49,13%	9,74%
6.1.3	Argamassa assentamento	m ²	1214	7,50	9.105,00	10,93%	
	Custo total do item				R\$ 83.280,40	100%	
7	Instalações						
7.1	Instalações hidrossanitárias e aparelhos						
	Reservatório fibra vidro 5000L c/ componentes	und	6	1.399,90	8.399,40	8,62%	
	Ligação domiciliar de água	und	20	105,25	2.105,00	2,16%	
	Kit cavalete com registro	und	20	45,97	919,40	0,94%	
	Hidrômetro	und	20	107,20	2.144,00	2,20%	
	Tubo pvc soldável água fria 25mm	m	300	12,70	3.810,00	3,91%	11,39%
	Distribuição (registros/conexões/adaptadores)	cj	20	180,68	3.613,60	3,71%	
	Tubo pvc esgoto predial 40 mm	m	20	14,91	298,20	0,31%	
	Tubo pvc esgoto predial 50 mm	m	203	20,05	4.070,15	4,18%	

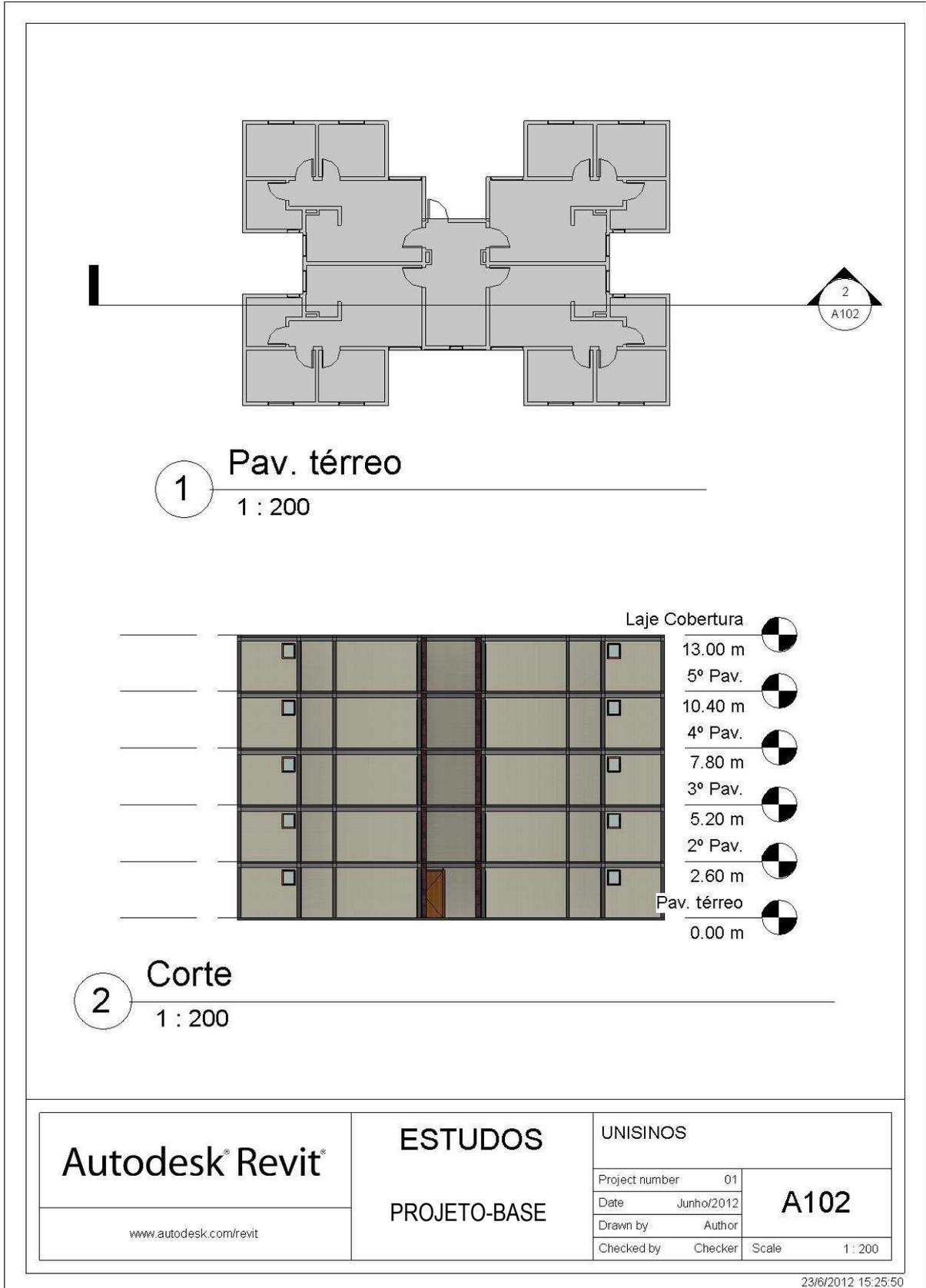
	Tubo pvc esgoto predial 75 mm	m	60	27,45	1.647,00	1,69%
	Tubo pvc esgoto predial 100 mm	m	280	29,29	8.201,20	8,42%
	Caixa sifonada	und	60	25,84	1.550,40	1,59%
	Joelhos/junção/te/sifão	cj	20	79,70	1.594,00	1,64%
	Lavatório louça branca s/ coluna +acessórios	und	20	129,76	2.595,20	2,66%
	Bacia c/ caixa acoplada c/ acessórios	und	20	234,59	4.691,80	4,82%
	Registro de pressão cromado 3/4"	und	20	12,90	258,00	0,26%
	Ducha eletrônica	und	20	89,90	1.798,00	1,85%
	Tanque de louça c/ coluna	und	20	172,41	3.448,20	3,54%
	Torneira pvc longa 1/2"	und	60	69,80	4.188,00	4,30%
	Pia aço inoxidável 120x60cm	und	20	214,78	4.295,60	4,41%
7.2	Instalações elétricas					
	Quadro entrada energia c/ contador	und	1	722,78	722,78	0,74%
	Quadro distribuição até 6 disjuntores	und	20	63,50	1.270,00	1,30%
	Disjuntor 10 a 30 A	und	40	8,26	330,40	0,34%
	Disjuntor 35 a 50 A	und	21	11,70	245,70	0,25%
	Ponto de tomada (13 por apartamento)	cj	20	945,49	18.909,80	19,42%
	Ponto de luz incandescente	cj	20	313,75	6.275,00	6,44%
	Ponto para chuveiro	und	20	67,03	1.340,60	1,38%
	Ponto antena	und	20	24,15	483,00	0,50%
	Interruptores (7 pot apartamento)	und	20	238,95	4.779,00	4,91%
	Fio de cobre isolado 750V de 1,5mm ²	m	3750	0,34	1.275,00	1,31%
	Fio de cobre isolado 750V de 2,5mm ²	m	1050	0,49	514,50	0,53%
	Fio de cobre isolado 750V de 4,0mm ²	m	440	0,89	391,60	0,40%
	Eletroduto PVC flexível 1/2"	m	1100	1,12	1.232,00	1,26%
	Custo total do item				R\$ 97.396,53	100%
8	Pintura					
8.1.	Pintura forros e paredes internas					
	Selador acrílico pigmentado	m ²	2316	2,39	5.535,24	11,41%
	Tinta pva látex (2 demãos)	m ²	2316	11,95	27.676,20	57,07%
8.2.	Pintura paredes externas					
	Selador acrílico pigmentado	m ²	77	2,39	184,03	0,38%
	Tinta acrílica (2 demãos)	m ²	773	11,95	9.237,35	19,05%
	Balancin	vb	-	450,00	450,00	0,93%

5,67%

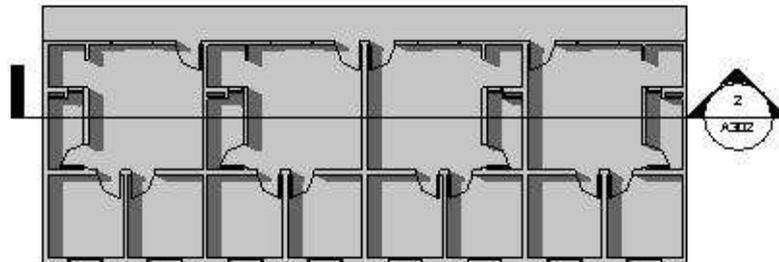
8.3.	Pintura em esquadrias						
	Esquadrias de madeira	m ²	403,33	13,41	5.408,66	11,15%	
	Custo total do item				R\$ 48.491,48	100%	
9	Serviços complementares						
	Limpeza final	vb	-	1.500,00	1.500,00	100,00%	0,18%
					R\$ 1.500,00	100%	
	Total				R\$ 855.078,22		
	Total por unidade habitacional				R\$ 42.753,91		

APÊNDICE E

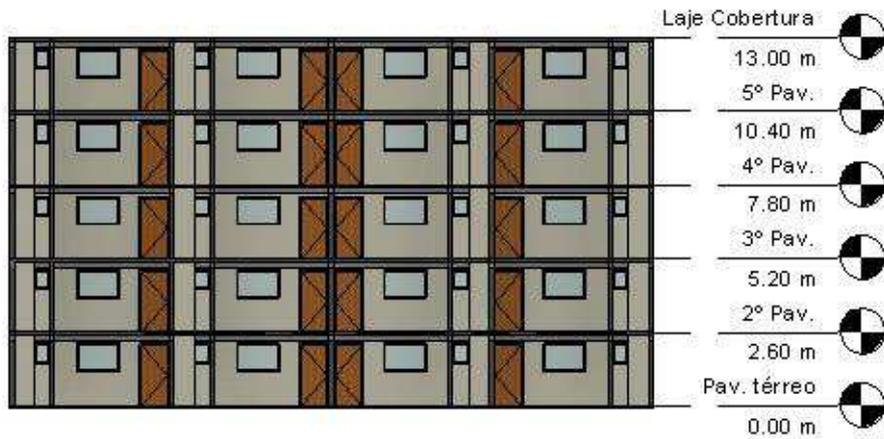
Planta e corte esquemático do Projeto-base e dos Projetos-propostos A e B, gerados pelo software Revit.



Autodesk® Revit® <small>www.autodesk.com/revit</small>	ESTUDOS	UNISINOS									
	PROJETO-BASE	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="font-size: small;">Project number</td> <td style="text-align: right;">01</td> </tr> <tr> <td style="font-size: small;">Date</td> <td style="text-align: right;">Junho/2012</td> </tr> <tr> <td style="font-size: small;">Drawn by</td> <td style="text-align: right;">Author</td> </tr> <tr> <td style="font-size: small;">Checked by</td> <td style="text-align: right;">Checker</td> </tr> </table>	Project number	01	Date	Junho/2012	Drawn by	Author	Checked by	Checker	A102
Project number	01										
Date	Junho/2012										
Drawn by	Author										
Checked by	Checker										

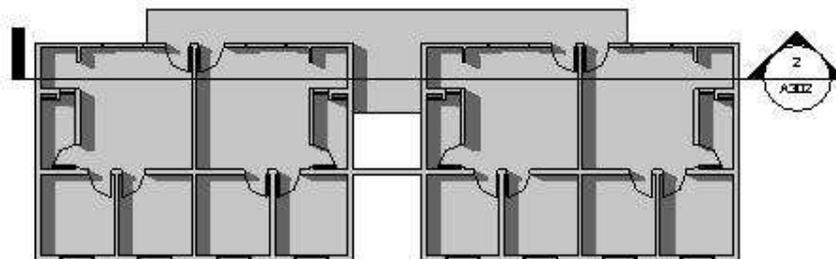


1 Pav. térreo
1 : 200

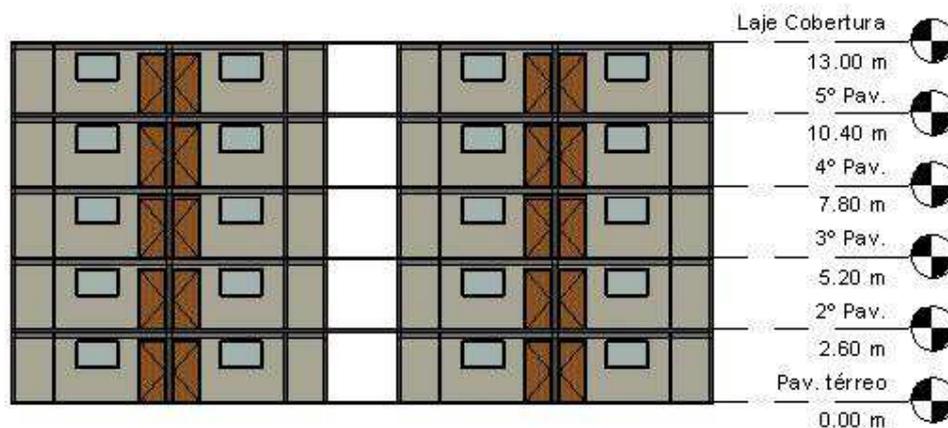


2 Corte
1 : 200

Autodesk Revit® www.autodesk.com/revit	ESTUDO PROJETO- PROPOSTO A	UNISINOS	
		Projec Number 3	A302
Date ABRIL/2012	Author		
Checked by Checker	Scale 1 : 200		



1 Pav. térreo
1:200



2 Corte
1:200

Autodesk Revit

www.autodesk.com/revit

ESTUDO
PROJETO-
PROPOSTO B

UNISINOS

Projec Number 3

Date ABRIL/2012

Drawn by Autor

Checked by Checker

A302

Scale 1:200

23/6/2012 16:03:31

ANEXOS

ANEXO A

Energia incorporada (EI) nos principais materiais de construção brasileiros.

Material	EI (MJ/kg)	EI (MJ/m ³)	Densidade (kg/m ³)
Aço laminado CA 50A	30,00	235500,00	7850
Alumínio lingote	98,20	265140,00	2700
Alumínio anodizado	210,00	567000,00	2700
Areia	0,05	80,00	1515
Blocos cerâmicos	2,90	4060,00	1400
Brita	0,15	247,50	1650
Cal virgem	3,00	4500,00	1500
Cimento Portland	4,20	8190,00	1950
Cobre	75,00	669975,00	8933
Fibra de vidro	24,00	768,00	32
Fibrocimento – telha	6,00	9600,00	1920
Gesso	4,00	5720,00	800
Madeira – aparelhada seca forno	3,50	2100,00	600
Madeira – aparelhada seca ar livre	0,50	300,00	600
Madeira – laminada colada	7,50	4875,00	650
Madeira – MDF	9,00	5850,00	1000
Polietileno de alta densidade	95,00	90250,00	950
Poliuretano	83,80	92180,00	35
Solvente – tolueno	67,90	74690,00	1100
Tinta acrílica	61,00	79300,00	1,3
Tinta óleo	98,10	127530,00	1,3
Tinta PVA latex	65,00	84500,00	1,3
Tubulação PVC	80,00	104000,00	1300
Vidro plano	18,50	46250,00	2500

Fonte: adaptado de Tavares (2006).

ANEXO B

Consumo primário de energia por fontes (% MJ) em materiais de construção.

Fontes	Fósseis não renováveis							Renováveis				
	Combustível	Gás Natural	GLP	Coque de petróleo	Outras secund. de petróleo	Carvão mineral	Coque de carvão mineral	Electricidade	Carvão vegetal	Lenha	Outras primárias renováveis	Outras
Aço e ferro	1	6					71	10				12
Alumínio	21	7			4		10	54				4
Areia	99							1				
Argamassa	86			10				4				
Cal	12							8		80		
Cerâmica revestimento	15	68	5					12				
Cerâmica vermelha	4		8					2		85		1
Cimento	3			61		8		12	9			7
Cobre	10	44					5	41				
Concreto	82			9				9				
Fibrocimento	84		2					14				
Impermeabilizantes	10	30			34			26				
Madeira	83							17				
Pedra	85							15				
Plásticos	10	30			34			26				
Tintas	90							10				
Outros materiais	8	11				7	10	20	9		35	

Fonte: adaptado de Tavares (2006).

ANEXO C

Geração de CO₂ por fontes de energia.

Fonte	CO ₂ (kg/GJ)
Eletricidade	18,1
Óleo combustível	79,8
Gás natural	50,6
GLP	63,3
Outras secundárias de petróleo	72,6
Coque de carvão mineral	91,5
Coque de petróleo	72,6
Carvão mineral	91,5
Carvão vegetal	51,0
Lenha	81,6
Outras fontes primárias renováveis	0,00
Outras	35,7

Fonte: adaptado de Tavares (2006).

ANEXO D**Geração de CO₂ não energético em processos de fabricação de materiais de construção.**

Material	t CO₂/ t
Alumínio	1,600
Cal	0,760
Cimento	0,375
Concreto	0,045

Fonte: adaptado de Tavares (2006).

