

## VOLUMETRIA EM EMPREENDIMENTOS HABITACIONAIS DE INTERESSE SOCIAL: IMPACTOS AMBIENTAIS

**Eduardo Reuter Schneck<sup>(1)</sup>; Andrea Parisi Kern<sup>(2)</sup>; Mauricio Mancio<sup>(3)</sup>; Marco Aurélio Stumpf González<sup>(4)</sup>; Alan Vinícius Hehn<sup>(5)</sup>**

(1) UNISINOS – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, e-mail: eduardoschneck@gmail.com

(2) UNISINOS – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, e-mail: apkern@unisinis.br

(3) UNISINOS – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, e-mail: mauriciomanci@unisinis.br

(4) UNISINOS – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, e-mail: mgonzalez@unisinis.br

(5) UNISINOS – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, e-mail: alanhehn@gmail.com

### **Resumo**

*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 volume de obras acaba por resultar em impactos ao meio ambiente, especialmente devido ao alto consumo de materiais e energia. Portanto, a eficiência na execução desses empreendimentos é um aspecto relevante no que diz respeito à otimização no uso dos recursos. Este artigo tem por objetivo analisar os impactos ambientais de um EHIS por meio da energia incorporada (EI) na edificação. Para tanto, foi utilizado o projeto de um edifício na cidade de São Leopoldo/RS, fornecido por uma construtora (projeto-base) e, a partir deste foi simulada uma alternativa visando à redução do consumo de materiais (projeto-proposto), por intermédio do aumento do índice econômico de compactidade (IeC). Para analisar a EI foi calculada a quantidade de materiais necessária para cada um dos projetos, utilizando o software REVIT, com a tecnologia BIM (Building Information Modeling), em formato de orçamento em planilha EXCEL. Os resultados entre as alternativas apontam para a redução de 12,6% de EI em benefício do projeto-proposto. Convertendo a diferença em energia elétrica, obtém-se que a economia gerada seria suficiente para atender às necessidades energéticas de 20 unidades habitacionais (uma torre) por aproximadamente 4,5 anos.*

**Palavras-chave:** Empreendimento habitacional de interesse social, Índice econômico de compactidade, Energia incorporada.

### **Abstract**

*In the last years, there has been a significant supply of housing units in social housing design, mostly fueled by subsidy programs and federal government funding. In contrast, this significant volume of work results in environment impacts, especially due to the large consumption of materials and energy. Therefore, an efficient implementation of these projects is an important aspect with regard to optimal use of resources. This paper aims to analyze the environmental impacts of a social housing design through the embodied energy in the building. For this purpose, we used a social housing design of a building in São Leopoldo/RS, provided by a construction company (project-base), and from this, we simulated an alternative aimed at reducing consumption of materials (project-proposed), by increasing the economic indices of compactness. To analyze the embodied energy, it was calculated the amount of materials needed for each design using REVIT software with BIM (Building Information Modeling), in the form of an EXCEL worksheet. Results indicate a reduction of 12.6% of embodied energy in favor of project-proposed. Converting the difference in power, you get the savings generated would be sufficient to supply the energy needs of 20 housing units for 4.5 years.*

**Keywords:** Housing social design, Economic indices of compactness, Embodied energy.

## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o segmento de empreendimentos habitacionais de interesse social (EHIS) tem tido grande participação no crescimento da indústria da construção civil. Esse cenário se justifica pelo aporte financeiro do Governo Federal por intermédio do Plano Nacional de Habitação (PLANHAB) e o Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV), que visam eliminar o déficit habitacional até 2022 (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2010).

Em contrapartida a essa realidade, o expressivo volume de obras acaba por resultar em impactos ambientais devido ao consumo de materiais e energia e geração de resíduos. Conforme Vilhena (2007), os empreendimentos da construção civil são, atualmente, um dos maiores causadores de impactos ao meio ambiente. Portanto, a eficiência na execução desses empreendimentos é um aspecto relevante no que diz respeito à otimização no uso dos recursos.

Com o intuito de minimizar os impactos ambientais, além de corroborar com a redução dos custos de construção dos EHIS, torna-se imprescindível o conhecimento das relações entre as decisões tomadas na etapa de projeto e suas influências no resultado final. 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. O gerenciamento das decisões tem a capacidade de qualificar os imóveis por meio de soluções volumétricas diferenciadas daquelas comumente encontradas no mercado (AFONSO et al., 2011).

Em entrevista realizada com a Secretária da Habitação de São Leopoldo/RS, verificou-se que, nos últimos cinco anos, a maioria dos EHIS aprovados no município é muito semelhante. São, geralmente, blocos compostos por edifícios de cinco pavimentos com apartamentos de dois dormitórios e quatro unidades por andar, cuja articulação dos blocos com a circulação origina a forma H. Conforme Siqueira (2008), essa solução de tipologia pode ser considerada como um reflexo do paradigma de economia nas circulações, por não serem comercializáveis pelo mercado imobiliário. Segundo essa autora, a falta de embasamento teórico acerca dos custos nas tomadas das decisões projetuais faz com que se utilizem as soluções arquitetônicas mais comumente encontradas no mercado. Como consequência, há uma repetição de edifícios de tipologia similar, que desconsidera características do local onde será implantado.

Este trabalho discute os prédios projetados em forma H, amplamente utilizada na construção de EHIS, e apresenta resultados parciais de uma pesquisa de mestrado cujo objetivo é analisar os impactos ambientais, no custo e em aspectos da habitabilidade das unidades habitacionais, a partir do conceito conhecido como *Triple Bottom Line (3BL)* – ou tripé da sustentabilidade. O objetivo deste artigo é analisar, em particular, os impactos ambientais por meio da energia incorporada (EI) na edificação.

## 2. CONSTRUÇÃO CIVIL E IMPACTOS AMBIENTAIS

A preocupação em atender as necessidades do presente, mas garantindo que futuras gerações possam também satisfazer as suas necessidades, é o cerne do conceito de sustentabilidade (WCED, 1987). O tripé mais difundido e utilizado como diretriz de sustentabilidade é conhecido como *Triple Bottom Line (3BL)*. O conceito *3BL* remete a três esferas de responsabilidade: *profit*, *people* e *planet*. Ou seja, sustentabilidade em aspectos econômicos, sociais e ambientais, assegurando estes direitos às futuras gerações (ELKINGTON, 1997).

Por produzir bens de grandes dimensões físicas, a indústria da construção civil consome 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 (DEGANI e

CARDOSO, 2003). Dessa maneira, o setor da construção e, especialmente, o segmento de EHIS, é afetado pelo *3BL*, devendo objetivar a produção do ambiente construído de modo a otimizar o uso dos recursos e minimizar os impactos ambientais.

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: (a) emissões de gases do efeito estufa, especialmente na produção de materiais; (b) consumo de energia nas edificações, desde a produção dos materiais até sua desconstrução; (c) consumo de recursos naturais; (d) impactos indiretos, como transporte (TAVARES, 2006).

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, 2005).

Roaf (2009) destaca 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. Entretanto, a energia incorporada (EI) pode ser vista 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 a quantidade de energia consumida para a produção de um produto, podendo incluir desde as etapas de extração até sua distribuição no mercado.

A otimização dos processos na indústria da construção civil, especialmente visando os ganhos de produtividade, está sendo aliada a estudos e práticas com o intuito de reduzir os desperdícios e minimizar impactos ambientais (LOBO et al., 2010). Logo, conforme os mesmos autores, a questão da sustentabilidade é incorporada aos processos relacionados à construção civil, uma vez que esta é responsável por significativos impactos ao meio ambiente e visa um melhor desempenho e redução destes danos.

### 3. MÉTODO DE PESQUISA

A estratégia de pesquisa utilizada consiste no estudo de caso, a partir de um projeto de EHIS realizado por uma construtora em São Leopoldo/RS, cuja volumetria em H é preponderante no município e em cidades vizinhas. Foi projetado em alvenaria estrutural e é denominado no estudo de projeto-base (Figura 1).

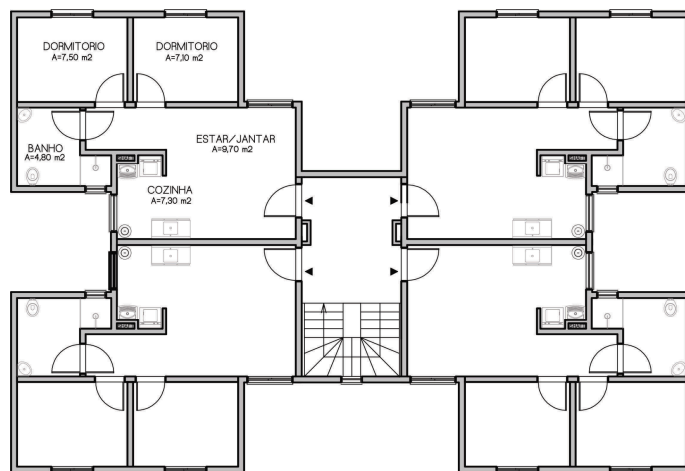


Figura 1 – Projeto-base, comumente utilizado em EHIS.

Tendo o projeto-base como referência, foram feitas alterações na volumetria da edificação buscando diferentes alternativas, visando o menor consumo de materiais, porém mantendo a mesma área total do pavimento tipo (203 m<sup>2</sup>). Baseada na literatura, a forma que se buscará atingir é a retangular, por ter o menor número de arestas e recortes de fachada, com a menor relação comprimento/largura possível, a fim de melhorar o IeC, conforme proposto por Mascaró (2010). Após a realização das simulações, chegou-se à alternativa da Figura 2.

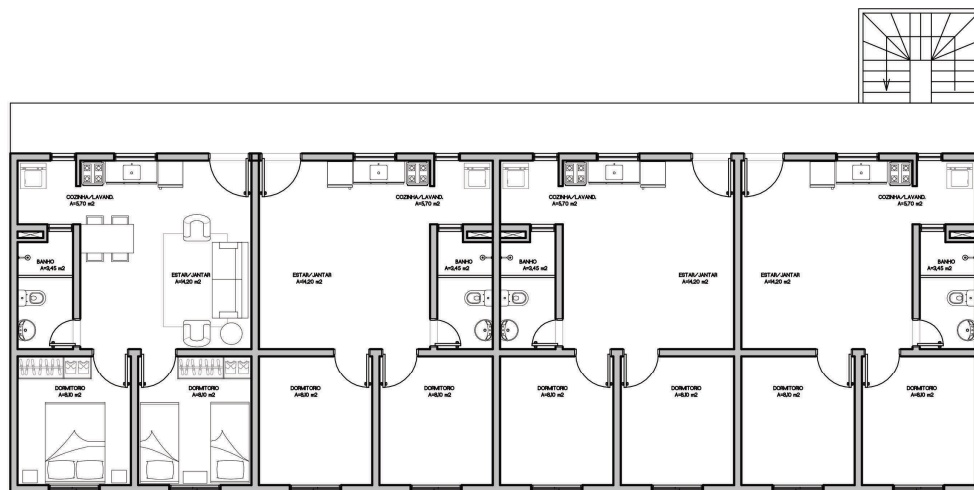


Figura 2 – Projeto-proposto, em barra com circulação horizontal lateral aberta

Após, foi quantificado o consumo de materiais do projeto-base e do projeto-proposto utilizando-se o *software* Revit, com a tecnologia *BIM (Building Information Modeling)*. De modo a se obter a EI em cada um dos projetos, foram utilizados os materiais especificados no projeto-base, cujas composições por parte dos edifícios estão na Tabela 1. 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, considerou-se alguns elementos como similares para os dois sistemas. Assim, optou-se pela exclusão desses itens, pois não influenciariam o resultado final, que visa à comparação dos dois projetos.

Este trabalho analisou a etapa de produção dos materiais e sua aplicação na construção da edificação. Optou-se por não avaliar as etapas de operação, manutenção e demolição por não serem o foco principal da pesquisa. Ainda, 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 partir da quantificação dos materiais conforme descrito na Tabela 1, calculou-se os valores de EI dos materiais com base na pesquisa de Tavares (2006). Para materiais que utilizam medida usual em massa, optou-se pelo cálculo em kg. Os demais, que não se enquadravam nesta situação, foram convertidos em massa por meio de suas densidades.

O item Alvenarias inclui, além dos blocos cerâmicos, argamassa de assentamento de blocos e azulejos (traço 1:2:8), chapisco (traço 1:3) e emboço (traço 1:2:9). Por fim, por ser uma pesquisa em andamento, a energia para transporte dos materiais foi excluída do cálculo devido à impossibilidade de se definir as distâncias percorridas por cada material neste artigo.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1 apresenta os materiais necessários para a construção do projeto-base e do projeto-proposto, com o cálculo da EI em cada uma das alternativas.

Composição	EI (MJ/kg)	Projeto-base			Projeto-proposto		
		Qtd.	Total (kg)	Total (MJ)	Qtd.	Total (kg)	Total (MJ)
<b>1. Serviços preliminares</b>		Similar em ambas as propostas (não computado)					
<b>2. Estrutura</b>							
<i>2.1. Infraestrutura</i>							
Tábua pinho fundações 15mm (5x)	0,5	1,8 m³	1080	540	1,8 m³	1080	540
Aço – armaduras	31	-	1080	33480	-	1080	33480
Impermeabilização baldrame (3x)	96	-	30	2880	-	30	2880
Areia média lavada	0,05	6,83 m³	10350	517,5	6,83 m³	10350	517,5
Pedra britada 1	0,15	8,36 m³	13800	2070	8,36 m³	13800	2070
Cimento Portland CP II-E32	4,2	1,77 m³	3450	14490	1,77 m³	3450	14490
<i>2.2. Supra-estrutura</i>							
Chapa compensada 12mm (3x)	8	14,4 m³	10397	83175	13,5 m³	9706	77645
Escoras madeira d=10cm	0,5	-	19908	9954	-	18900	9450
Pregos aço 18x27	31	-	25	775	-	25	775
Aço – armaduras	96	-	10833	1039910	-	10116	971136
Areia média lavada	0,05	68,5 m³	103810	5191	63,9 m³	96945	4847
Pedra britada 1	0,15	83,9 m³	138414	20762	78,3 m³	129260	19389
Cimento Portland CP II-E32	4,2	17,7 m³	34603	145335	16,6 m³	32315	135723
<i>2.3. Escada pré-moldada</i>		Similar em ambas as propostas (não computado)					
<b>3. Alvenarias</b>							
Blocos cerâmicos 14x19x29	2,9	235 m³	329000	954100	187 m³	261800	759220
Tijolos maciços 6x11x22	2,9	6,31 m³	8828	25602	7,34 m³	10276	29800
Areia média lavada	0,05	42,3 m³	64344	2893,1	30,6 m³	46344	2317,2
Cal hidratada CH III	3	9,07 m³	13609	40829	6,75 m³	10113,4	30339,8
Cimento Portland CP II-E32	4,2	4,77 m³	9292	39028,5	3,34 m³	6535,5	27451,2
Cimento branco não estrutural	4,2	0,245 m³	478	2006,5	0,18 m³	351	1474,2
Azulejos	6,2	490 m²	5880	36456	360 m²	4320	26784
<b>4. Esquadrias</b>		Similar em ambas as propostas (não computado)					
<b>5. Cobertura e proteções</b>							
Madeira – peroba (estrutura)	0,5	2,44 m³	1756,8	878,4	2,35 m³	1692	846
Pregos aço 18x27	31	-	16	496	-	15,5	480,5
Telha fibrocimento 8mm (i=27%)	6	2,05 m³	3935,2	23611,4	2,0 m³	3840	23040
Cumeeira articulada fibrocimento	6	0,045 m³	85,68	514,07	0,04 m³	76,8	460,8
Algeroz chapa galvanizada	33,8	0,185 m³	1450,8	49038,3	0,15 m³	1177,5	39799,5
Lona contrapiso (PEAD)	95	200 m²	190	18050	200 m²	190	18050
Impermeabilização banheiros	96	-	12	1152	-	10	960
Forro PVC banheiros	80	96,4 m²	1253,2	100256	50,0 m²	650	52000
<b>6. Pisos internos/circulações</b>							
Cerâmica comum	5	1212 m²	25246	126230	1290 m²	26870,7	134353
Areia média lavada	0,05	27,56 m³	41756	2087,8	29,75 m³	45071	2253,5
Cal hidratada CH III	3	8,37 m³	12552	37657,4	9,04 m³	13569,5	40708,6
Cimento Portland CP II-E32	4,2	1,05 m³	2049,4	8607,4	1,12 m³	2181,2	9161,3
<b>7. Instalações hidráulicas e elétricas</b>		Similar em ambas as propostas (não computado)					
<b>8. Pintura</b>							
<i>8.1. Pintura forros e paredes internas</i>							
Selador acrílico pigmentado	61	2560 m²	399,36	24360,9	2316 m²	361,29	22039
Tinta PVA látex (2 demãos)	65	5256 m²	819,94	53295,8	4736 m²	738,81	48023
<i>8.2. Pintura paredes externas</i>							
Selador acrílico pigmentado	61	83,82 m²	13,075	797,63	75,0 m²	11,7	713,7
Tinta acrílica (2 demãos)	61	2190 m²	341,64	20840	1278 m²	199,36	12161,4
<i>8.3. Pintura em esquadrias</i>		Similar em ambas as propostas (não computado)					
<b>9. Serviços complementares</b>		Similar em ambas as propostas (não computado)					
<b>Total (MJ)</b>		<b>2.927.863,7</b>			<b>2.555.379,2</b>		

Tabela 1 – Quantitativo de materiais e energia incorporada para execução do projeto-base e do projeto-proposto

A diferença entre a EI do projeto-base e do projeto-proposto foi de 372.484,5 MJ, o que representa uma redução de 12,6% em benefício da alternativa em barra. Esse resultado pode ser justificado pela diminuição de materiais entre os projetos, especialmente nas alvenarias.

Convertendo a diferença de EI em energia elétrica, obtém-se 103.467,92 kWh. Considerando um consumo médio de 100 kWh/mês – limite da faixa intermediária de desconto da Tarifa Social de Energia Elétrica (BRASIL, 2010), tem-se que a economia gerada seria suficiente para atender as necessidades energéticas de uma unidade por 86 anos, ou então de 20 unidades (uma torre) por aproximadamente 4,5 anos.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos apresentam caminhos importantes a serem seguidos durante as etapas de concepção e projeto de EHIS. As diferenças de EI encontradas no projeto-base em relação ao projeto-proposto indicam que uma economia de energia significativa pode ser estabelecida, a partir de decisões volumétricas nas etapas iniciais de um empreendimento. Vale ressaltar que o projeto-proposto apresenta, além da redução dos impactos ambientais por meio da diminuição do consumo de energia, uma economia na produção da edificação, devido ao menor consumo de materiais. Ainda, pode-se obter ventilação cruzada e orientação solar adequada para todas as unidades, quando corretamente implantado no terreno. Assim, questiona-se a reprodução em série das tipologias mais comumente encontradas no segmento de EHIS, especialmente a forma em H, sem uma avaliação criteriosa das decisões projetuais que influenciam na otimização dos recursos nas diferentes esferas da sustentabilidade.

## REFERÊNCIAS

- 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, 10., 2011, Rio de Janeiro: **Anais...** Rio de Janeiro: UFRJ, 2011.
- BRASIL, Ministério de Minas e Energia. **Balanco Energético Nacional 2005: Ano base 2004**. Brasília, 2005.
- 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.
- ELKINGTON, J. **Cannibals with forks: the triple bottom line of 21<sup>st</sup> century business**. UK: Capstone, 1997.
- BRASIL. 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, 2010.
- GAUZIN-MÜLLER, D. **Arquitectura ecológica**. Barcelona: Gustavo Gili, 2002.
- LOBO, F. H. R.; SANTOS, A. de P. L.; TAVARES, S. F. Ferramentas de planejamento para levantamento de inventário de emissão de CO<sub>2</sub>: estudo de caso. **Revista IJIE**, Florianópolis, v. 2, n. 2, p. 26-43, dez. 2010.
- MASCARÓ, J. L. **O custo das decisões arquitetônicas**. 5. ed. Porto Alegre: Masquatro, 2010.
- MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Plano Nacional de Habitação**. Disponível em <<http://www.cidades.gov.br>>.
- ROAF, S. **Ecohouse: a casa ambientalmente sustentável**. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.
- SIQUEIRA, R. A. **Peso econômico das soluções projetuais nas habitações de interesse social: estudo de caso dos conjuntos habitacionais do Programa Crédito Solidário em Belo Horizonte**. 2008. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, UFMG, Belo Horizonte.
- TAVARES, S. F. **Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras**. 2006. Tese (Doutorado Engenharia Civil), Programa de Pós-graduação Engenharia Civil, UFSC, Florianópolis.
- VILHENA, J. M. Diretrizes para a sustentabilidade das edificações. **Gestão & Tecnologias de Projetos**, São Paulo, v. 2, n. 2, p. 59-77, mai. 2007.
- W.C.E.D. **Our common future**. 15 ed. New York: Oxford University Press, 1987.