



XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA ENERGÉTICO (ACVE) E DE CUSTOS DE DIFERENTES FORMAS PARA PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS NO LOCAL¹

**CASTRO, Victor Motta do Valle (1); SPOSTO, Rosa Maria (2); PEDROSO, Gilson
Marafiga (3); SANTOS FILHO, Vamberto Machado (4); CALDAS, Lucas Rosse (5)**

(1) UnB, e-mail: torlinos1@gmail.com; (2) UnB: rmsposto@unb.br; (3) UnB, e-mail:
gilsonpedroso@brturbo.com.br; (4) UnB, e-mail: vambertomfilho@gmail.com; (5)
COPPE/UFRJ, e-mail: lrcambiental@gmail.com

RESUMO

O presente trabalho utiliza-se da ferramenta a Avaliação do Ciclo de Vida Energético (ACVE) a fim de comparar três tipos de formas utilizadas na execução de sistemas de paredes de concreto armado moldadas no local, sendo elas a de (1) alumínio reciclado extrudado, (2) plástico e (3) compensado plastificado. Além da ACVE, foi também realizado a avaliação dos custos envolvidos entre as alternativas. A metodologia empregada partiu-se pela criação de uma habitação hipotética nos moldes padronizados da Caixa Econômica Federal e, dispondo de valores tabelados da literatura e de informações adquiridas junto a fabricantes de formas/construtoras, calculou-se a energia incorporada total e os custos. A forma de compensado foi a que apresentou o menor valor de energia incorporada, seguida pela de alumínio e a de plástico. Porém, considerando o fator reutilizações, a forma de alumínio superou as outras duas, tornando-se a melhor escolha. No quesito custos, a forma de alumínio também se mostrou a melhor alternativa, quando se considera o fator reutilizações. Conclui-se que a forma de alumínio mostrou-se, pelo seu alto número de reutilizações, a alternativa ideal para o sistema construtivo de paredes de concreto armado moldadas no local para habitações de interesse social.

Palavras-chave: ACVE. Custos. Paredes de concreto. Formas.

ABSTRACT

This paper uses Life Cycle Energy Assessment (LCEA) tool to compare three types of formworks used in the execution of reinforced concrete walls systems cast on site: (1) recycled aluminum (2) plastic and (3) plywood plasticized. Besides the LCEA, it was also carried out a costs evaluation between the alternatives. The methodology set out by the creation of a hypothetical social housing in standardized templates of Caixa Econômica Federal. Values and information from literature and manufacturers/builders were tabulated and used to calculate the total embodied energy and costs of the formworks. The formwork of plywood was the one with the lowest value of embodied energy, followed by aluminum and plastic. However, considering the reuse factor, the aluminum outperformed the other two, making it the best choice. In terms of costs, the aluminum also show the best alternative, when considering the reuse factor. It is concluded that the aluminum proved, for its high

¹ VALLE, V. M.; SPOSTO, R. M.; PEDROSO, G. M.; SANTOS FILHO, V. M.; CALDAS, L. R. Avaliação do ciclo de vida energético (ACVE) e de custos de diferentes formas para paredes de concreto moldadas no local. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

number of reuses, the ideal alternative to building made of reinforced concrete wall systems cast on site for social housing.

Keywords: LCEA. Costs. Concrete walls. Formwork.

1 INTRODUÇÃO

Os efeitos negativos sobre o meio ambiente estão intimamente ligados, entre outros fatores, ao crescimento e desenvolvimento da população. A poluição da água e ar, o aquecimento global, a extinção de espécies, os desmatamentos e a escassez de recursos naturais, são exemplos desses efeitos. O aumento populacional cria uma alta demanda de serviços, equipamentos, moradias e alimentos, pressionando a produção de bens que necessitam consumir matérias primas.

Nesse contexto, o setor da construção civil é um dos grandes responsáveis pela utilização de recursos naturais e insumos energéticos de diversas fontes. Tavares (2006) afirma que a construção civil utiliza cerca de 50% dos recursos naturais e 40% dos insumos energéticos do mundo. Portanto, este setor possui um importante papel na transformação de uma sociedade mais sustentável.

No Brasil, assim como em outros países em desenvolvimento, os impactos ambientais do setor da construção civil são potencializados devido a sua associação com outros problemas críticos de ordem econômica e social. O déficit habitacional talvez seja um dos maiores problemas, no escopo direto desse setor (KUHN; SATTLER, 2006). Segundo dados da Caixa Econômica Federal (2015), há previsão de construção de três milhões de novas unidades de habitação, sendo a maior parte de programas sociais do Governo Federal, como por exemplo, "Minha Casa, Minha Vida".

Uma boa forma de criar medidas mitigadoras para a diminuição do impacto das construções no meio ambiente é conhecer o gasto de recursos naturais provenientes dos processos construtivos (extração de matérias primas, transporte, processamento dos materiais e outros), utilização, manutenção e disposição ou desconstrução da habitação. Para isso, pode-se utilizar uma ferramenta baseada no ciclo de vida do produto, como a Avaliação do Ciclo de Vida Energético (ACVE). Essa técnica possui como principal objetivo a mensuração dos insumos energéticos utilizados ao longo do ciclo de vida do produto e já foi utilizada para a avaliação de habitações de interesse social como realizada por Paulsen e Sposto (2013). Estes autores avaliam habitações com blocos cerâmicos estruturais.

Outros estudos como o de Carminatti Júnior (2012) aplicou a ACVE comparando sistemas convencionais com o *light steel framing*. Pedroso e Sposto (2013), Pedroso *et al.* (2014) e Pedroso (2015) aplicou a ACVE para a avaliação do sistema de paredes de concreto moldados no local.

O interesse pela avaliação ambiental de sistemas construtivos industrializados, com foco em energia, também é observado em estudos internacionais como o de Wen *et al.* (2015) e Cao *et al.* (2015). O primeiro comparou um sistema convencional com um industrializado para a realidade da Malásia, para as etapas do berço ao portão, e concluiu o

menor consumo de energia do sistema industrializado. O segundo comparou um sistema convencional e um sistema pré-fabricado para a realidade da China. O sistema pré-fabricado apresentou uma redução de aproximadamente 21% no consumo de energia total em relação ao sistema tradicional. Nota-se, portanto, uma tendência de estudos avaliando o desempenho ambiental de sistemas industrializados.

O déficit habitacional no Brasil tem fomentado uma série de iniciativas para melhorias e modernização do setor. Uma dessas iniciativas é a utilização de sistemas construtivos industrializados, como por exemplo, as paredes de concreto.

Esse sistema construtivo consiste na moldagem das paredes no local (com função estrutural e de vedação), utilizando formas, tendo embutidas as instalações elétricas, hidráulicas e as esquadrias (Nakamura, 2015).

De acordo com Nakamura (2014), o mercado disponibiliza principalmente três tecnologias para a moldagem do sistema de paredes de concreto: fôrmas de alumínio, que apresentam boa qualidade superficial do concreto e alta produtividade, no entanto, de maior custos; fôrmas plásticas, que evoluíram nos últimos anos, tornando-se mais robustas; formas de estrutura metálica e chapas de compensado para o contato com o concreto. Embora as formas de alumínio apresentem maiores custos de aquisição, possuem a capacidade de serem reutilizadas diversas vezes, fator que deve ser considerado na escolha do tipo de forma.

A maioria dos estudos voltados para a seleção dos tipos de formas a serem utilizadas nos sistemas de paredes de concreto tem o foco voltado para questões relacionadas aos custos, a produtividade e a logística no canteiro (NAKAMURA, 2014), e, desta forma, existe uma lacuna de estudos voltados para a viabilidade ambiental destas formas.

Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo utilizar a ferramenta de ACVE e levantamento dos custos envolvidos na aquisição, comparando três tipos de formas utilizadas na execução de sistemas de paredes de concreto moldadas no local: (1) alumínio reciclado extrudado, (2) plástica e (3) metálica com compensado plastificado, levando em consideração o fator reutilizações.

2 METODOLOGIA

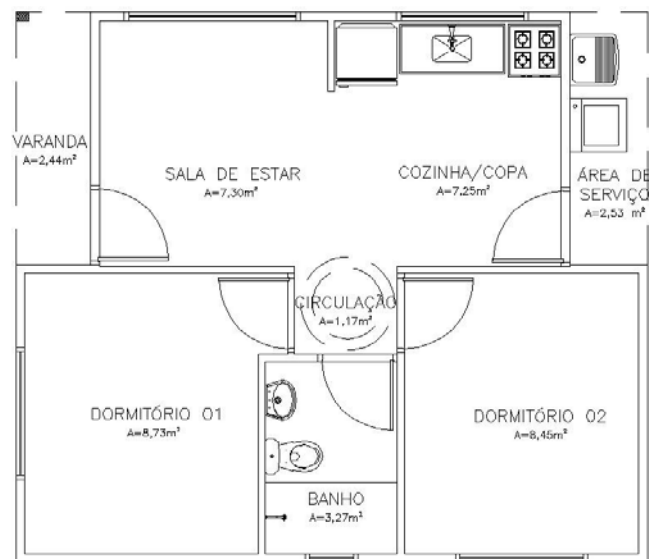
A metodologia utilizada no presente trabalho foi organizada em etapas. A primeira delas consistiu em uma pesquisa bibliográfica, para a aquisição de informações prévias e relevantes sobre o tema. As outras etapas serão detalhadas a seguir.

2.1 Escolha do projeto e especificação do sistema de parede de concreto

Foi selecionado um projeto padronizado de 45 m² de área bruta de piso (Figura 1), com as especificações segundo exigências da Caixa Econômica Federal. A partir deste projeto foi levantada a área de forma que resultou em

196,11 m².

Figura 1 - Planta baixa da unidade.



Fonte: Os autores

Trata-se de uma unidade habitacional térrea com dois dormitórios e sistema construtivo de paredes de concreto armado moldados no local; para efeitos de cálculos, a localização hipotética escolhida for a Rua São Paulo, Bairro Chácaras Anhanguera, Valparaíso-GO.

Para obtenção de dados e informações necessárias para a realização da pesquisa foi consultada uma importante empresa construtora da região que executa sistemas de parede de concreto moldado no local. Para isto, foi realizada entrevista com os responsáveis pela execução e gerenciamento das obras.

Para a determinação das espessuras da vedação utilizou-se do procedimento simplificado da ABNT NBR 15575-4:2013 em que foram calculados os valores para a transmitância térmica (U) e a capacidade térmica (CT) para a localização da edificação segundo a zona bioclimática. A norma de desempenho estabelece como critérios de mínimos de aceitação $U \leq 3,7 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ e $Ct \geq 130 \text{ KJ/m}^2\cdot\text{K}$, para a zona bioclimática 4, onde a cidade de Valparaíso está inserida.

A partir dos critérios mínimos de desempenho térmico definidos na ABNT NBR 15575-4: 2013 e a norma de Execução de Paredes de Concreto, a ABNT NBR 16055: 2012 chegou-se a uma espessura das paredes de 15,5 cm, a mesma empregada por Pedroso e Sposto (2013).

Foram selecionadas as formas de alumínio extrudado, compensado e plástico (Figura 2) por serem as mais empregadas na prática de mercado, como apresentado por Nakamura (2014), e a possibilidade de obtenção de informações obtidas junto à empresa construtora.

Figura 2 – Exemplo das formas estudadas. (A) Formas de alumínio; (B) formas de compensado; (C) Formas de plástico.



Fonte: Nakamura (2015)

2.2 Avaliação do ciclo de vida energético (ACVE)

A partir destas definições, partiu-se pra definição das variáveis a serem avaliadas neste estudo, sendo elas o consumo de materiais em massa (kg/m^2), a energia incorporada de fabricação (EIF), a energia incorporada de transporte (EIT) e a somatória delas, a energia incorporada total (EITOT). Estas variáveis foram definidas para os três tipos de formas avaliadas.

Em um estudo de ACV ou ACVE é necessário definir uma unidade funcional. Segundo a NBR ISO 14040 (ABNT, 2009) a unidade funcional (UF) pode ser definida como a unidade de referência em um estudo de ACV. O principal objetivo da UF é proporcionar referências para relacionar as entradas e saídas do sistema adotado e possibilitar a comparação entre diferentes estudos.

No presente trabalho foi adotada como UF a habitação apresentada na Figura 1. Para a construção desta habitação são necessários $196,11 \text{ m}^2$ de formas.

2.2.1 Energia incorporada de fabricação (EIF)

Sabendo que o volume de concreto das paredes será o mesmo, só foram levantadas o consumo de materiais e fatores energéticos (FE) das formas utilizadas. O consumo foi obtido de fabricantes e composições de insumos, como a TCPO (2012) e os FE a partir da literatura nacional, e estão apresentados no Quadro 1. Foi considerada perdas somente para as formas de compensado, de 15%, de acordo com dados da empresa construtora. Não foram considerados os escoramentos (mãos francesas), componentes e

acessórios utilizados para a montagem das formas (longarinas, parafusos, pregos, espaçadores e etc.). A EIF foi calculada a partir da Equação 1.

$$EIF = (FE \times m \times A \times (1 + (P/100)))/1000 \quad (1)$$

Onde,

FE – fator energético (MJ/kg)

m – consumo de material(kg/m²)

A – área de formas da habitação (m²)

P – perdas (%)

EIF – Energia incorporada de fabricação (GJ/habitação)

Quadro 1 – Dados para a realização da ACVE

Formas	Consumo material (kg/m ²)	FE (MJ/kg)	Fonte	Distância de transporte (Km)
Alumínio Extrudado	20	17,3	Tavares (2006)	1141
Compensado	35	8	Tavares (2006)	1141
Plástico	9	95	Tavares (2006)	853

Fonte: Os autores

2.2.2 Energia incorporada de transporte (EIT)

Para a EIT foi adotado que o transporte das formas é realizado por caminhões a diesel. As distâncias foram levantadas das fábricas onde as formas são produzidas até o local fictício do canteiro de obras, localizado em Valparaíso, apresentadas no Quadro 1.

Quanto ao consumo de diesel foi adotado o valor de 0,0137 L/t.km, apresentado por Nabut Neto (2011), considerando as perdas e caminhões cheios na trajetória de ida (fábrica à localização do canteiro de obras) e vazios na trajetória de volta (canteiro à fábrica). Sabendo que 1L de óleo diesel equivale a 35,50 MJ (BEN, 2015), foi encontrado um coeficiente de 0,49 MJ/t.km, que foi utilizado para o cálculo da EIT de acordo com a equação 2.

$$EIT = (0,49 \times D \times m \times A \times (1 + P/100))/1000 \quad (2)$$

Onde,

D – distância do material transportado da fábrica até o canteiro de obras (km)

m – consumo de material (t/m²)

A – área de formas da habitação (m²)

P – perdas (%)

EIT – energia incorporada de transporte (GJ/habitação)

2.2.3 Energia incorporada total (EITOT)

Para o cálculo da energia incorporada total (EITOT) foi utilizada a equação 3.

$$\text{EITOT} = \text{EIF} + \text{EIT} \quad (3)$$

Onde,

EITOT – energia incorporada total (GJ/habitação)

2.3 Avaliação dos custos

Para a avaliação dos custos foi realizada uma pesquisa junto a empresa executora de paredes de concreto, avaliando as formas de alumínio e plástico, estas que possuem maior número de reutilizações, respectivamente. Foi avaliado somente os custos para aquisição das formas, apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 – Pesquisa qualitativa versus pesquisa quantitativa

Formas	Custo unitário de aquisição (R\$/m ²)
Alumínio Extrudado	1150
Plástico	500

Fonte: Os autores a partir dos dados da empresa construtora entrevistada

Os custos total de aquisição foram calculados utilizando a equação 4.

$$\text{CT} = \text{Qxc} \quad (4)$$

Onde,

Q – quantidade total para o projeto escolhido (m²)

c – custo unitário de aquisição (R\$/m²)

CT – custo total de aquisição (R\$/habitação)

2.4 Avaliação do fator reutilização das formas

Para a definição do número de reutilizações de cada uma das formas, foi realizada também a partir da pesquisa junto à empresa executora de paredes de concreto da região. Desta forma, adotaram-se os seguintes números de reutilizações:

- Alumínio extrudado: 1000 vezes;
- Compensado: 50 vezes;
- Plástico: 100 vezes.

O consumo de energia total (ETOT) e os custos foram divididos pelo número de reutilizações das formas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

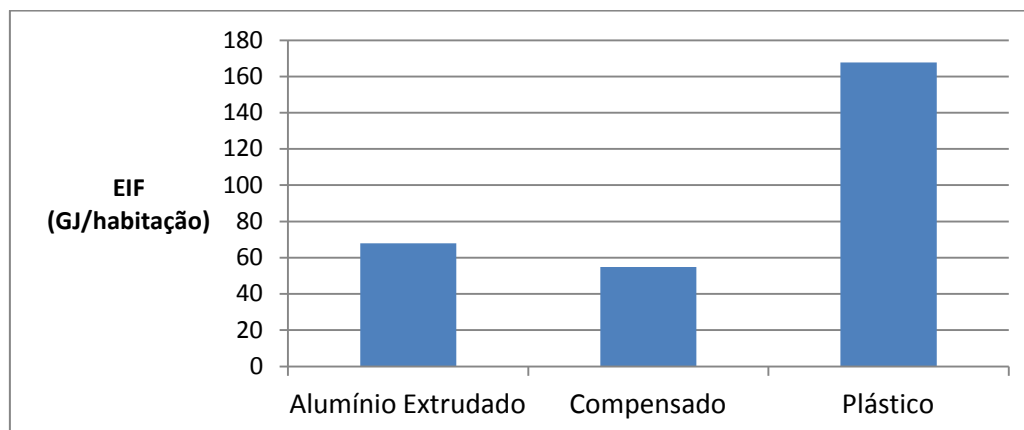
Nesta seção são apresentados os resultados obtidos, divididos no item de ACVE e avaliação de custos.

3.1 Avaliação do ciclo de vida energético (ACVE)

Os resultados encontrados da ACVE foram divididos nas etapas de

fabricação, transporte e total. Na Figura 3 é apresentada a energia incorporada de fabricação.

Figura 3 - Comparação da energia incorporada de fabricação entre os três tipos de formas



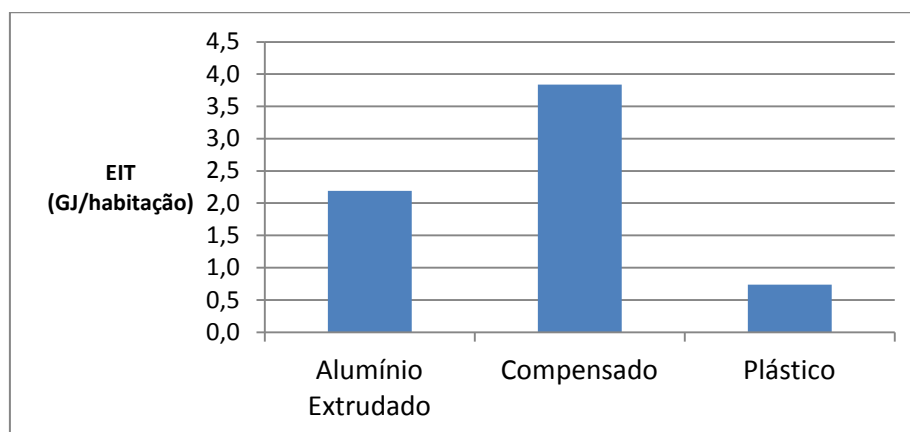
Fonte: Os autores

Para a energia incorporada de fabricação (EIF) as formas de plástico apresentaram maiores valores, seguidas da de alumínio extrudado e compensado. Embora as formas de plástico apresentem menor valor de massa, seu elevado fator energético (FE), foi o responsável pelo elevado valor de EIF.

As formas de alumínio apresentam massa e FE intermediário, enquanto as formas de compensado apresentam maior massa e menor FE. Portanto, do ponto de vista da sustentabilidade ambiental, deve ser pensado na desmaterialização da construção, a fim de diminuir o consumo de materiais como também especificação de materiais, componentes e sistemas que consumam menor quantidade de energia em seus processos produtivos.

Na Figura 4 é apresentada os valores de energia incorporada da etapa de transporte.

Figura 4 - Comparação da energia incorporada de transporte entre os três tipos de formas



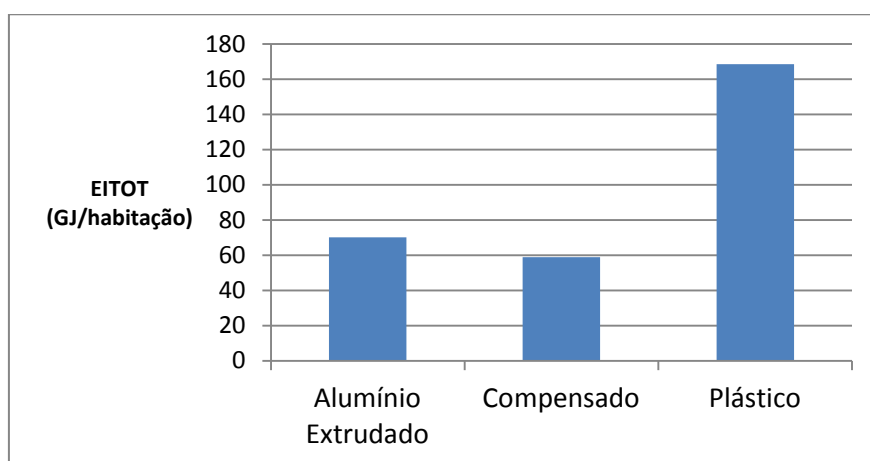
Fonte: Os autores

Para a energia incorporada de transporte (EIT) as formas de compensado foram as que apresentaram maiores valores, seguido da de alumínio e plástico. As formas de compensado, apesar de serem originadas da mesma fábrica das formas de alumínio, possuem maior massa, o que resultou no maior consumo de combustível do meio de transporte adotado. As formas de plástico apresentaram menores valores de EIT, pois além da sua menor massa, a distância adotada da fábrica de produção ao canteiro de obras também foi o menor.

Nota-se que do ponto de vista da sustentabilidade ambiental, a necessidade de especificação de materiais mais leves e localizados mais próximos ao canteiro de obras.

Na Figura 5 são apresentados os valores de energia incorporada total para as formas avaliadas.

Figura 5 - Comparação da energia incorporada total entre os três tipos de formas

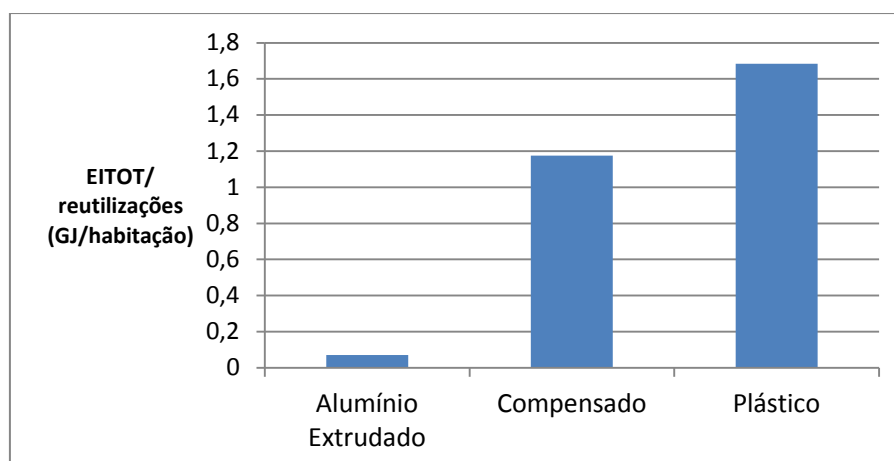


Fonte: Os autores

As formas de plástico apresentaram maior valor de energia total (EITOT), seguidas da de alumínio e compensado. É possível observar que a energia da etapa de fabricação exerce maior influência que a energia consumida no transporte, para a realidade da cidade de Valparaíso-GO. Para outras localidades, o impacto da etapa de transporte pode ser mais importante, o que pode ser explorado em futuras pesquisas.

Apesar da vantagem final das formas de compensado, quando se analisa em função do número de reutilizações obtém diferentes resultados como é apresentado na Figura 6.

Figura 6 - Comparação da energia incorporada total relacionando com a reutilização das formas



Fonte: Os autores

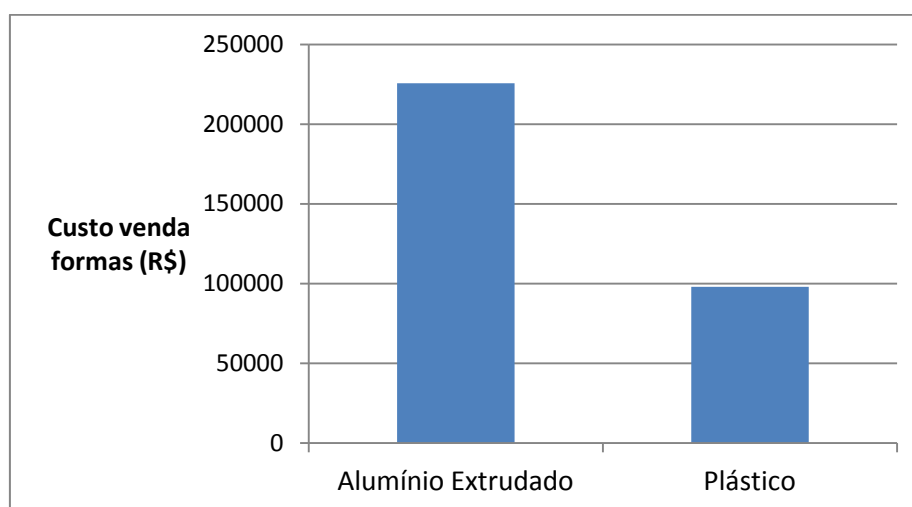
Observa-se que a forma de alumínio apresentou o menor consumo total de energia (EITOT), resultado do seu elevado número de reutilizações, 10 vezes superior às formas de plástico e 20 vezes superior as formas de compensado. Conclui-se assim a importância da especificação de sistemas de maior vida útil e durabilidade, resultando em uma considerável redução do consumo de energia ao longo do ciclo de vida destas formas.

É importante ressaltar que o fator reutilizações é decisivo em casos onde as formas são utilizadas muitas vezes, como é o caso de obras financiadas pelo "Programa Minha Casa Minha Vida" da CEF, em que existem construções seriadas e repetitivas, objeto de estudo do presente trabalho.

3.2 Avaliação dos custos

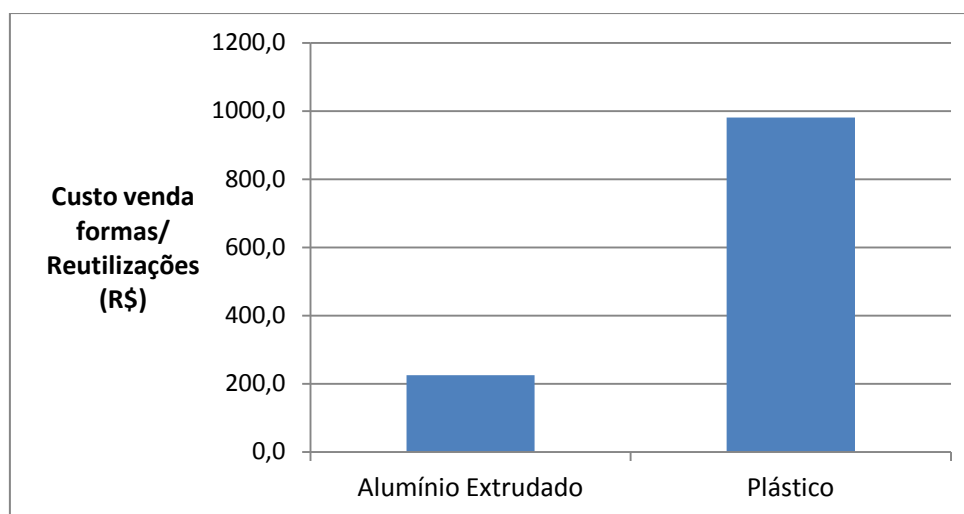
Os resultados da avaliação de custos das formas de alumínio e plástico estão apresentados nas Figuras 7 e 8.

Figura 7 - Comparação dos custos de aquisição das formas de alumínio e plástico



Fonte: Os autores

Figura 8 - Comparação dos custos de aquisição das formas de alumínio e plástico relacionado com o fator reutilizações



Fonte: Os autores

Primeiramente, quando se avalia os custos totais as formas de plástico apresentam ser mais vantajosas do ponto de vista econômico, consequência do menor custo unitário quando comparadas as formas de alumínio. No entanto, quando se analisa o fator reutilizações, observa-se que a forma de alumínio novamente se mostra a mais vantajosa, com uma vantagem de 77%.

4 CONCLUSÕES

No presente trabalho foi utilizado a avaliação de Ciclo de Vida Energético (ACVE) e avaliação de custos a fim de se comparar três tipos de formas que podem ser utilizadas em sistemas de parede de concreto moldadas no local, sendo elas a forma de alumínio extrudado, compensado e de plástico. Foi utilizado um projeto habitacional, modelo Caixa Econômica Federal, em que foi levantada a quantidade de formas necessárias para sua execução, para a realidade da cidade de Valparaíso - GO.

Foi avaliada a energia incorporada de fabricação das formas (EIF), em que a forma de compensado apresentou menor valor, seguida da de alumínio extrudado e de plástico. Para energia incorporada de transporte (EIT) a forma de plástico apresentou menor valor, seguida da de alumínio e compensado. Ao final, a forma de compensado apresentou menor energia incorporada total (EITOT) seguida da de alumínio e de plástico. Foi observada a pequena participação da etapa de transporte para a localidade escolhida.

No entanto, quando se avalia o número de reutilizações, a forma de alumínio se apresenta a mais vantajosa, seguida da de compensado e plástico.

Conclui-se que do ponto de vista da sustentabilidade ambiental é necessário especificar materiais, componentes e sistemas mais leves, que consumam menor quantidade de energia durante a fabricação e possuam maior vida

útil e durabilidade. Por fim, foi observado que o quesito número de reutilizações pode ser decisivo na escolha do tipo de formas para paredes de concreto voltadas para programas habitacionais como o “Minha Casa, Minha Vida”.

Em relação aos custos, as formas de alumínio também se mostraram as mais vantajosas quando é levado em consideração o fator reutilização.

Recomenda-se para estudos futuros a avaliação de diferentes localidades e o impacto da etapa de transporte, seleção de outros tipos de formas, como a de aço, por exemplo, adoção de outros aspectos ambientais como emissões de CO₂, consumo de água e também abordar questões de produtividade.

REFERÊNCIAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14040**: Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR 15575-4**: Edificações Habitacionais – Desempenho. Sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE. Rio de Janeiro, 2013.

BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL (BEN) 2015: **Relatório Síntese ano base 2014**. Brasília-DF, 2015.

CAO, X.; LI, X.; ZHU, Y.; ZHANG, Z. A comparative study of environmental performance between prefabricated and traditional residential buildings in China. **Journal of Cleaner Production**. p. 1-13. 2015.

CARMINATTI JÚNIOR, R. **Análise do Ciclo de Vida Energético de Projeto de Habitações de Interesse Social Concebido em Light Steel Framing**. 2012. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade de São Carlos, São Carlos, 2012.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. Governo Federal. Cartilha do Programa Minha Casa Minha Vida. 2015.

KUHN, E. A.; SATTLER, M. Avaliação ambiental de protótipo de habitação de interesse social mais sustentável. In: XI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9., 2006, Florianópolis. **Anais...**Florianópolis: UFSC, 2006.

NABUT NETO, A.C. **Energia Incorporada e Emissões de CO₂ de Fachadas. Estudo de Caso do Steel Frame para Utilização em Brasília**. 2011. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

NAKAMURA, J. Escolha de fôrmas para paredes de concreto deve considerar critérios técnicos e econômicos. **Revista Techne**. Edição 202, janeiro, 2014.

NAKAMURA, J. Sistema de paredes de concreto recebe tecnologias inovadoras que atendem à Norma de Desempenho e empregam racionalidade às obras de interesse social. **Revista Infraestrutura Urbana**. Edição 53, dezembro, 2015.

PAULSEN, J.S. & SPOSTO, R.M. A Life Cycle Energy Analysis of Social Housing in Brazil: Case Study for the Program "MY HOUSE MY LIFE". **Energy and Buildings** n.57 (2012). p.95-102.

PEDROSO, G. M. P. **Avaliação do Ciclo de Vida Energético (ACVE) de Sistemas de Vedação de Habitações**. 2015. Tese (Doutorado) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

PEDROSO, G. M.; SPOSTO, R. M. Análise do ciclo de vida energético (ACVE) de habitações de interesse social (HIS) de paredes de concreto. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, VI Encontro Brasileiro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção, 24-26 Julho, 2013, Campinas. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2013.

PEDROSO, G. M.; CAMPOS, D. P.; PAIVA, L. A.; SPOSTO, R. M. Energia incorporada na fase de pré-uso de paredes de concreto armado moldadas in loco – Estudo de caso no DF. 3º Congresso Internacional Sustentabilidade e Habitação de Interesse Social. Porto Alegre, RS, 28 a 30 de abril de 2014, **Anais...** EDIPUCRS, 2014.

TABELA DE COMPOSIÇÃO DE PREÇOS PARA ORÇAMENTOS (TCPO). **TCPO 14**. 14 ed. São Paulo: Pini, 2012.

TAVARES, S.F. **Metodologia de Análise do Ciclo de Vida Energético de Edificações Residenciais Brasileiras**. Tese de Doutorado em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.

WEN, T. J.; SIONG, H. C.; NOOR, Z. Z. Assessment of embodied energy and global warming potential of building construction using life cycle analysis approach: Case studies of residential buildings in Iskandar Malaysia. **Energy and Buildings**. p. 295-302. 2015.