

O uso de software BIM para o cálculo da energia incorporada em edificações

Using BIM software for calculate building embodied energy

Helena Fernanda Graf, Arquiteta e Urbanista, Professora de Engenharia Civil de Infraestrutura, Universidade Federal da Integração Latino-Americana

E-mail: helena.graf@unila.edu.br

Leandro Brito de Gouvêa, Engenheiro Civil, Universidade Federal do Paraná

E-mail: leandrobrito@cwbin.com.br

Henrique José Silva de Carvalho, Engenheiro Ambiental, Universidade Federal do Paraná

E-mail: eng.henriquecarvalho@gmail.com

Sergio Scheer, Engenheiro Civil, Professor Sênior, Universidade Federal do Paraná

E-mail: sergioscheer@gmail.com

Resumo

A indústria do setor da construção civil é grande consumidora de energia e recursos naturais e, no viés da sustentabilidade, é necessária uma preocupação com a utilização desses recursos, pois eles são finitos. O método de análise do consumo energético do processamento dos materiais compreende a energia incorporada dos mesmos, ou seja, o cálculo de todo o gasto energético durante o ciclo de construção, o qual contempla a energia utilizada para a extração, modificação e transporte da matéria-prima. A energia incorporada nos materiais em uma edificação contempla de 29% a 49% de toda energia consumida em um ciclo de vida de 50 anos. A partir dessas informações, o presente trabalho apresenta o cálculo da energia incorporada de uma residência utilizando software que permite BIM (*Building Information Modeling*). A edificação utilizada como objeto de estudo compreende uma habitação de interesse social do programa “Minha Casa Minha Vida”. O escopo teórico dessa pesquisa foi definido como a energia incorporada inicial da edificação e os resultados são obtidos através de método existente oriundo de estudos realizados anteriormente sobre análise do ciclo de vida energético de edificações brasileiras. *Software* que permite BIM num enfoque que permite a interoperabilidade de dados e a colaboração em projetos de diferentes especialidades é utilizado visando automatizar o processo para obtenção dos resultados. Pesquisas nacionais fornecem tabelas de energia incorporada para os materiais utilizados no modelo da edificação por massa e por volume. Neste trabalho a energia incorporada é apresentada por volume (em megajoule por metro cúbico - MJ/m³) devido à facilidade de obtenção dos volumes dos materiais a partir do modelo construído virtualmente. A escolha da utilização de software que permitem BIM ocorre porque, ao se construir o modelo, são incorporadas informações à geometria. Após a modelagem da edificação, a extração dos volumes totais dos materiais utilizados pode ser feita facilmente e com considerável precisão,

sendo os dados apresentados em tabelas. Combinando os valores de energia incorporada previamente obtidos e o software que permitem BIM, é possível obter o valor da energia incorporada total da edificação. Como parte de uma estratégia de avaliação multidimensional da habitação a construir (CADnD), este processo para mensurar o impacto ambiental de uma edificação permite rápidos estudos de viabilidade da edificação através da comparação entre diferentes variações de projeto, facilitando as tomadas de decisões quanto à sustentabilidade da habitação.

Palavras-chave: Sustentabilidade; BIM; Energia Incorporada

Abstract

The industry of civil construction is a major consumer of energy and natural resources. In terms of ambiental sustainable, it is necessary to worry about these use because they are finite. Embodied energy is the method of analysis for calculate the energy from processed materials. It includes all the energy of construction cicle: extraction, use and transportation. Building materials embodied energy represents 29% to 49% of all energy consumed by the building in a 50-year life cycle. So, this work presents the calculation of the embodied energy from a residential building using a BIM (Building Information Modeling) software. The studied object is from a social housing program named "Minha Casa Minha Vida", that means "My house, My life" . The theoretical scope of this research was defined as the initial embodied energy of the building. The results was obtained through an existing method from previous studies about energy life cycle of Brazilian buildings. BIM software allow data interoperability and collaboration in projects of different specialties that get results in a automate way. National research provide tables with embodied energy data from the materials used in the building model. Embodied energy is presented by volume (megajoule per cubic meter - MJ / m³) due to the ease obtaining volumes of materials from the virtually constructed model. BIM software was choised because information are incorporated into the geometry of model. After modeling the building, volume data was extracted easily and precisely. They are presented in tables. From this, it is possible to obtain the total embodied energy value of the building. As part of a multidimensional assessment strategy for housing to be built (CADnD), this process measur the building environmental impact and allows comparing design studies enbasing project decisions considering sustainability of housing.

Keywords: Sustantability; BIM; Embodied energy

1. Introdução

As edificações constituem-se em um dos maiores responsáveis pelos impactos ambientais. Estes acontecem pelo mau uso dos recursos energéticos que é feito de forma não eficiente (GRAF, 2011). Quanto mais eficiente for uma edificação, menos energia deverá consumir e menos impacto para a produção dessa energia irá ser causado (GRAF, 2011).

A energia incorporada é uma forma de mensurar o impacto ambiental das construções. É um fator importante quanto à escolha de materiais, sendo um aspecto de grande relevância para atingir a eficiência energética (GRAF, 2011).

As práticas profissionais de AEC – Arquitetura, Engenharia e Construção – necessitam de colaboração entre diversos profissionais, tanto de engenharia e arquitetura como das empresas da construção civil. Normalmente, no processo de projeto tradicional, os representantes de várias equipes de projetos independentes se reúnem temporariamente para estabelecer parâmetros e compatibilizar os diferentes projetos necessários para a execução de um mesmo edifício (FLORIO, 2007).

O problema nesse processo sequencial centralizado é que as decisões acabam sendo hierárquicas entre os profissionais, com um único líder assumindo a responsabilidade de coordenar o desenvolvimento do processo e compatibilizar os projetos. Esse processo centralizado acarreta o risco tanto de diminuir o desempenho do produto como de reduzir possíveis contribuições e compromissos dos outros participantes, pois estes acabam percebendo sua menor influência nos processos decisórios (FLORIO, 2007).

A TIC – Tecnologia da informação e comunicação – adotou uma metodologia baseada na rapidez de acesso e do fluxo de informações, na produção e compartilhamento do conhecimento e no uso de computadores e comunicações eletrônicas. Com os recentes avanços na TIC e dos programas BIM – *Building Information Modeling* - tem crescido as experiências com os denominados projetos colaborativos (FLORIO, 2007).

BIM é uma nova abordagem para projetar, construir e realizar manutenção na qual a representação digital do processo de construção é usada para facilitar o intercâmbio e interoperabilidade de informação em formato digital. BIM é o início da mudança na forma em que olhamos um edifício, a forma que eles funcionam e a forma em que são projetados e construídos (EASTMAN, TEICHOLZ, *et al.*, 2008).

2. Revisão bibliográfica

2.1 Energia incorporada

Energia incorporada é definida como o conjunto dos insumos energéticos utilizados para a construção de uma edificação (TAVARES, 2006). Esse conjunto é o consumo de energia necessário para a fabricação dos materiais usados na construção de um espaço, desde a extração até o destino final no sítio da obra. Inclui a energia para extração e preparo da

matéria-prima, para o processo de fabricação, para a utilização do material na obra e os transportes entre estas etapas (GRAF, 2011).

A quantificação da energia se dá através de uma análise energética. O conceito de análise energética é atribuído quando há uma avaliação sistematizada para a determinação de energia necessária para a produção de um bem ou serviço. As análises energéticas são um instrumento facilitador quanto aos assuntos relacionados à avaliação de recursos e planejamento de energia (LOBO, 2010).

Uma análise energética resgata o total de energia gasto para a produção de um bem ou serviço. A este valor é dado o nome de Requisitos Totais de Energia – RTE – expressos em MJ/kg ou unidade de produto (TAVARES, 2006).

O cálculo preciso de uma análise energética pode ser de extrema complexidade e, em muitos casos, ter seus resultados questionados por divergências metodológicas. (TAVARES, 2006). O parâmetro mais difundido para a definição de limites em análises energéticas foi o desenvolvido pela *International Federation of Institutes for Advanced Studies* (IFIAS) em uma conferência realizada na Suécia, em 1974 (LOBO, 2010). O modelo proposto pelo IFIAS apresenta quatro níveis para avaliação. O nível 1 contém os requisitos de energia de processo, seus limites seriam a energia utilizada dentro dos limites da fábrica. É utilizado pelo fácil acesso aos dados, mas pode representar apenas 50% do total. O nível 2 agrega a energia direta para extração de matérias-primas e os requisitos de energia primária direta do primeiro nível. Em conjunto com o nível 1 representa 90% do total de energia. O nível 3 adiciona os requisitos energéticos para obtenção de bens de capital. Podendo representar 99% do total de energia. O nível 4 representa o requisito energético para as máquinas que produziram os bens de capital do 3º nível. Representa geralmente valores muito pequenos (TAVARES, 2006).

O conceito de energia incorporada corresponde aos dois primeiros níveis do esquema da IFIAS. Isso ocorre para otimizar e, em muitos casos, viabilizar as análises energéticas (TAVARES, 2006).

2.2 BIM

Building Information Modeling (BIM) é uma filosofia de trabalho que integra arquitetos, engenheiros e construtores (AEC) na elaboração de um modelo virtual preciso, o qual gera um banco de dados que contém informações topológicas como os subsídios para orçamento, cálculo energético e previsão das fases de construção entre outras atividades (MENEZES, 2011).

O uso desta filosofia produz um modelo paramétrico, ou inteligente, em perspectiva 3D em vez de desenhos 2D “não inteligentes”. O BIM opera sobre uma base de dados digital e qualquer alteração feita na base reflete em todas as peças desenhadas que compõem o projeto. Isto permite que os envolvidos no ciclo de vida de um empreendimento - arquitetos, engenheiros, empreiteiros, proprietários e outros - possam visualizar o modelo de modo diferente, conseguindo facilmente compartilhar e sincronizar informações. Serve como um conhecimento compartilhado de recursos para obter informações sobre uma edificação

formando uma base sólida para as decisões desde os primeiros desenhos de concepção, até o final da vida útil e eventual desconstrução ou demolição (AZEVEDO, 2009).

Segundo Azevedo, 2009, a elaboração de um modelo BIM tem as seguintes características:

Criação e análise de projeto digital. De acordo com o *National Institute of Building Sciences* (NIBS), "O *Building Information Model* (Modelo) é uma representação digital das características físicas e funcionais de uma edificação. Como tal, serve como um conhecimento compartilhado de recursos para obter informações sobre uma instalação formando uma base sólida para as decisões desde o início do seu ciclo de vida em diante" (ARSENAULT, 2009).

Parametricidade. Objetos paramétricos são aqueles que se ajustam automaticamente a outros objetos num modelo, tal que, se uma alteração é feita para o modelo que afeta o tamanho ou a localização ou o afastamento do objeto, ele move-se e ajusta-se de acordo (AZEVEDO, 2009).

Agrupamento da informação. Para além da representação física de um objeto, os dados funcionais (por exemplo, especificações, garantia, fabrico, etc.) associados a esse objeto são incorporados ou vinculados ao objeto BIM e facilmente acessíveis e legíveis (AZEVEDO, 2009).

Interoperabilidade é a capacidade de dois ou mais sistemas ou componentes trocarem informações e usar as informações que foram trocadas (AZEVEDO, 2009).

BIM é um conceito amplo que não pode ser utilizado para descrever um tipo de software. Esse seria o mesmo erro cometido durante a disseminação do conceito CAD, que ficou mais relacionado às aplicações de desenho bidimensional do que ao processo de projeto auxiliado pelo computador. Tampouco se pode contemplar a sua totalidade pela utilização de um único software, porque não há aplicações que abranjam todo o ciclo de vida de um edifício. Sistemas dessa natureza seriam complexos e rígidos demais para serem úteis ao processo de modelagem. Ao contrário, o desenvolvimento para a BIM deve continuar orientado para a criação de aplicações específicas para as várias disciplinas envolvidas na construção (AYRES FILHO, 2009).

Segundo (FLORIO, 2007) a filosofia de trabalho BIM tem como vantagens:

- Melhorar a visualização dos dados e informações sobre o projeto, assim como tornar claras as exigências do cliente já nas fases iniciais do projeto, permitindo compreender e participar ativamente do processo;
- Contribuir para melhorar a eficiência e qualidade da construção civil, com intenção de reduzir custos e desperdícios de materiais e melhorar o aproveitamento de mão-de-obra;
- Aprimorar a coordenação dos documentos compartilhados da construção a fim de melhorar os prazos de entrega dos projetos destinados à execução da obra;
- Proporcionar uma gestão de projetos que incorpore e compartilhe informações e distribua responsabilidades, riscos e recompensas entre os participantes do projeto;
- Incorporar e disseminar informações oriundas de fabricantes dos materiais para quantificar e estimar custos.

3. Materiais e métodos

O experimento realizado neste trabalho consiste na elaboração de um modelo BIM do qual serão extraídos automaticamente os volumes dos materiais empregados na edificação, combinando os resultados com os valores das tabelas de energia incorporada dos materiais fornecida por Tavares (2006). Como resultados, será fornecida o valor de energia incorporada total da edificação.

O objeto de estudo é uma habitação de interesse social do programa “Minha Casa, Minha Vida”. É uma edificação de alvenaria convencional com 60m² de área construída.

O software utilizado para a elaboração do modelo foi o Autodesk Revit, a escolha foi motivada pela versão gratuita para estudante de 1080 dias.

Materiais	Energia Incorporada (MJ/m ³)
Alumínio reciclado - extrudado	46710,00
Argamassa - mistura	3906,00
Cerâmica - bloco de 8 furos	4060,00
Cerâmica – revestimento, monoqueima	10456,66
Cerâmica - telha	10260,00
Concreto simples	2760,00
Madeira - aparelhada seca ar livre	300,00
Madeira - laminada colada	4875,00
Vidro plano	46250,00

Tabela 1 - Energia incorporada nos materiais de construção brasileiros. Fonte: Adaptado de Tavares (2006).

Para permitir a extração dos resultados e testar a ferramenta, foi construído um modelo virtual fictício para ser usado como objeto de estudo. Trata-se de uma *Thin House* (Casa fina) com 60m² de área construída com iluminação natural vindo de janelas na parte superior (Figura 1 e 2). Essa tipologia é recomendada para habitações de interesse social, pois permite aproveitar terrenos estreitos e repetição da residência em ambas as divisas.



Figura 1 - Renderização do modelo. Fonte: elaborado pelos autores.

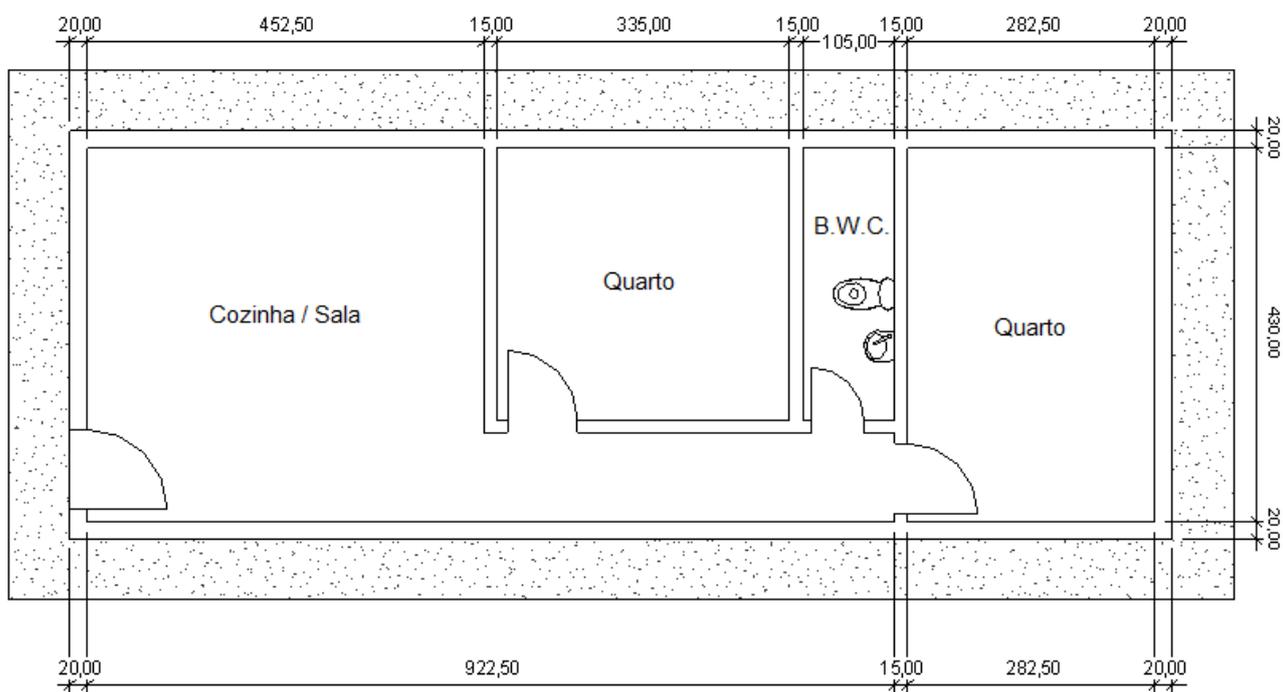


Figura 2 - Planta baixa do modelo Fonte: elaborado pelos autores.

Após modelada a casa, é feita a extração dos volumes dos materiais dos modelos e são multiplicados pelos valores de energia incorporada unitários, para a extração da dos valores totais.

4. Resultados

A partir da construção do modelo e extração dos valores de energia incorporada, conforme a metodologia adotada, pode-se obter os resultados (Tabela 1).

 Materiais	 Volumes (m³)	 Energia Incorporada Unitária (MJ/m³)	 Energia Incorporada Total (MJ)
Alumínio reciclado -extrudado	0,68	46.710,00	31.762,80
Argamassa - mistura	9,62	3.906,00	37.575,72
Cerâmica - bloco de 8 furos	18,55	4.060,00	75.313,00
Cerâmica revestimento, monoqueima	1,18	10.456,66	12.338,86
Cerâmica - telha	3,90	10.260,00	40.014,00
Concreto simples	7,26	2.760,00	20.037,60
Madeira - aparelhada seca ar livre	3,90	300,00	1.170,00
Madeira - laminada colada	0,07	4.875,00	356,36
Vidro plano	0,26	46.250,00	12.025,00
		Total (MJ)	230.578,23
		Energia por unidade de área (MJ/m²)	3.842,97

Tabela 2 - Energia Incorporada do modelo. Fonte: elaborado pelos autores.

O valor encontrado em energia incorporada por unidade de área foi de 3,8 GJ/m² (Gigajoule por metro quadrado), próximo ao apresentado por Tavares (2006), no qual, para uma residência de 63 m² tem-se um valor de 3,51 GJ/m². Este estudo apresenta um valor de energia incorporada total maior que o estudado por Tavares (2006) pelo motivo de usar uma quantidade significativa de alumínio devida à disposição das janelas.

5. Conclusões

Análise energética é um método eficaz para a avaliação dos impactos ambientais de uma edificação em busca da sustentabilidade ambiental, porque a energia está diretamente ligada às maneiras em que utilizamos os materiais e a eficiência dos processos para a fabricação dos mesmos. Um modo de se obter sustentabilidade ambiental é através da elaboração de um projeto e de um planejamento conscientes.

Este trabalho foi uma tentativa de unir análise energética e BIM, acreditando que o melhor jeito de se obter edifícios melhores construídos, mais bem pensados e mais agradáveis de viver é utilizando tecnologia da informação visando a sustentabilidade ambiental.

Utilizando TIC (tecnologia da informação e comunicação) e desenvolvendo ambientes de trabalho colaborativos empregando a filosofia BIM é possível reduzir os desperdícios de diversas fontes, como o de material, energia de transporte, etc.; assim como, permitir a tomada de decisões por visualizações de cenários diferentes para um mesmo projeto através das ferramentas, de forma a escolher conforme os impactos que a edificação poderá causar.

Referências

ARSENAULT, P. J. Building Information Modeling (BIM) and Manufactured Complementary Building. **Continuing Education**, 2009. Disponível em: <http://continuingeducation.construction.com/article_print.php?L=192&C=622>. Acesso em: 4 Julho 2012.

AYRES FILHO, C. G. **Acesso ao modelo integrado do edifício**. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2009.

AZEVEDO, O. J. M. **Metodologia BIM - Building Information Modeling na Direção Técnica de Obras**. Universidade do Minho. Braga. 2009.

EASTMAN, C. et al. **BIM Handbook**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2008.

FLORIO, W. **Tecnologia da informação na construção civil: Contribuições do Building Information Modeling no processo de projeto em arquitetura**. Universidade Prebisteriana Mackenzie. São Paulo. 2007.

GRAF, H. F. **Transmitância térmica & energia incorporada na arquitetura**. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 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**. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2010.

MENEZES, G. L. B. B. Breve Histórico de implantação da plataforma BIM. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, Belo Horizonte, 18, n. 22, 21º sem. 2011. 153-171.



TAVARES, S. F. **Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2006.