



XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

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

SELEÇÃO DE PARÂMETROS NO MODELO BIM NECESSÁRIOS À SIMULAÇÃO ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES A PARTIR DO REVIT E DO ENERGYPLUS¹

SILVA, Rodrigo Pereira da (1); FERREIRA, Sérgio Leal (2)

(1) USP, e-mail: rodrigo.psilva@usp.br; (2) USP, e-mail: sergio.leal@usp.br

RESUMO

Este trabalho apresenta o resultado até então de um projeto de iniciação científica. Trate-se de um estudo que busca facilitar a simulação computacional energética de edificações, fornecendo aos projetistas diretrizes para definir, com maior precisão, os dados dos componentes relacionados à qualidade térmica dos seus projetos. A utilização de softwares que seguem a abordagem de Modelagem da Informação da Construção (Building Information Modeling - BIM) facilita a inclusão de parâmetros necessários à simulação energética, e o objetivo desta pesquisa é identificar e extrair esses parâmetros do modelo BIM e, a partir desses dados, dar entrada no simulador energético EnergyPlus. Aprendeu-se a utilizar o EnergyPlus e o modelador BIM Revit da Autodesk. Elaboraram-se roteiros de modelagem que incluem os momentos de definição dos parâmetros energéticos, além de tabelas que mapeiam e indicam os parâmetros que são definidos no Revit, e também os parâmetros que são inseridos no EnergyPlus. A partir dos resultados notou-se a relação entre os dados energéticos do Revit e do EnergyPlus, e se conclui que há um grande potencial para que seja quebrada a barreira entre a definição dos parâmetros nas etapas de projeto e a inserção dos dados nos programas de simulação energética, diminuindo, dessa forma, o retrabalho entre as diferentes fases do processo de projeto.

Palavras-chave: BIM. Simulação energética em Edificações. IFC.

ABSTRACT

This paper shows the present result of a Scientific Initiation work. It is a study of what can be done to facilitate of computational simulation of building energy consumption and of how to drive and help designers to provide, with more precision, component data related to the thermal quality of their designs. The use of Building Information Modeling software simplifies the input of parameters necessary to the energy simulation, and the target of this research is to identify and extract these parameters from a BIM model and input the proper data subset into the EnergyPlus. Modeling scripts was elaborated and also tables that indicates parameters definitions in Revit and parameters that are inserted in EnergyPlus. The relationship between Revit and EnergyPlus energy data are established and a great potential to overcome the barriers between design phase parameter definition and the energy simulation program data insertion was confirmed. This conclusion leads to a better harmonization and stimulus in the use of simulation by designers.

Keywords: BIM. Building Energy Simulation. IFC.

¹ SILVA, Rodrigo Pereira da; FERREIRA, Sérgio Leal. Seleção de parâmetros no modelo bim necessários à simulação energética de edificações a partir do revit e do energyplus. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

O aumento da consciência ecológica e a busca por redução do consumo de energia se tornou algo consensual entre especialistas. De acordo com Gonçalves e Duarte (2006), o tema da sustentabilidade vem influenciando profundamente as abordagens de projeto na arquitetura e nos projetos de edifícios.

Uma importante etapa na busca por um projeto sustentável é a simulação energética, que consiste, entre outras coisas, na realização de estudos em eficiência energética que buscam avaliar o perfil de consumo no edifício, segundo as características do projeto arquitetônico, luminotécnico e das instalações de ar condicionado. Essa simulação auxilia de forma muito eficaz a que se proponham alternativas para elevar o desempenho energético da edificação.

Devido às novas tecnologias, o processo de projeto de edifícios tem sofrido grandes modificações e, diferente da tinta e papel que eram utilizadas no passado, hoje usam-se ferramentas computacionais extremamente elaboradas, que trabalham em 3D e incorporam as rotinas mais comuns de trabalho, permitindo maior rapidez e precisão no desenvolvimento do projeto. Uma importante abordagem de desenvolvimento de ferramentas computacionais que tem sido utilizada nos dias atuais é a Modelagem da Informação da Construção (em inglês, Building Information Modeling - BIM), e segundo Souza, Amorim e Lyrio (2009) as experiências internacionais estão confirmando a forte tendência de adoção da abordagem, o que tem melhorado a produtividade e a qualidade dos projetos.

De acordo com o contexto de uso eficiente de energia e utilização de plataforma BIM no auxílio ao desenvolvimento de projetos, este artigo apresenta o estudo e os passos para a elaboração de um processo racionalizado para auxiliar os projetistas a definir com maior facilidade os dados referentes à qualidade térmica dos seus projetos, de modo a que os parâmetros já definidos na fase de projeto sejam aproveitados de maneira eficiente pela simulação energética computacional. O objetivo foi identificar os parâmetros definidos e gerados no modelador BIM que são necessários à simulação energética, e foi realizada a comparação entre os dados gerados pelo modelador BIM e os dados necessários para a entrada no simulador energético.

2 SIMULAÇÃO ENERGÉTICA

Percebe-se que o consumo de energia é um tema amplamente discutido na atualidade. Hoje, com o aumento da consciência ecológica e a busca por redução do consumo de energia, existem muitos projetistas preocupados com a questão da sustentabilidade, e como Hetherington et al. (2011) argumentam, pequenas decisões de projeto podem afetar de maneira significativa o consumo de energia de um edifício. Devido a isso, busca-se nessa pesquisa uma forma de auxiliar o projetista a perceber o impacto de suas escolhas projetuais em relação ao conforto térmico.

No Brasil, a discussão em torno da questão da eficiência energética cresceu em importância nos anos 2000, quando foi sancionada uma primeira lei federal que visa a alocação eficiente de recursos energéticos e a preservação do meio ambiente (BRASIL, 2001). Desde então, muitos programas destinados à construção civil com foco na economia de energia do edifício estão em desenvolvimento ou já em uso (MITCHELL, 2011).

Esse trabalho usou o EnergyPlus, que é um programa que simula o desempenho térmico e energético de edificações com todos os sistemas que compõem a edificação e que são relevantes no seu desempenho.

3 PLATAFORMA BIM

Um importante aliado ao processo de produção computacional do projeto de edifícios tem sido o conceito de BIM, que é a sigla para Building Information Modeling (traduzido para o português para Modelagem da Informação da Construção). No BIM Handbook (EASTMAN et al., 2011) define-se que os modelos gerados por computador usando o conceito BIM contêm a geometria e os dados necessários para o apoio às atividades de construção, fabricação e aquisição por meio das quais a construção é realizada. Assim, pode-se concluir que a ideia do BIM é a realização de um processo integrado, que engloba desde o ponto de partida de um projeto, até o seu descarte ou renovação, em resumo, todo o ciclo de vida de uma edificação.

De acordo com Campbell (2007), a indústria AEC (arquitetura, engenharia e construção) se mostra fragmentada, e o BIM tornou-se uma importante ferramenta para contribuir com a integração dessas diferentes frentes de trabalho. O BIM permite uma maior integração de projetos e de todos os processos envolvidos na construção, trazendo maior qualidade para o edifício, com menor custo e redução do tempo de projeto (EASTMAN et al., 2011).

4 MÉTODO DE PESQUISA

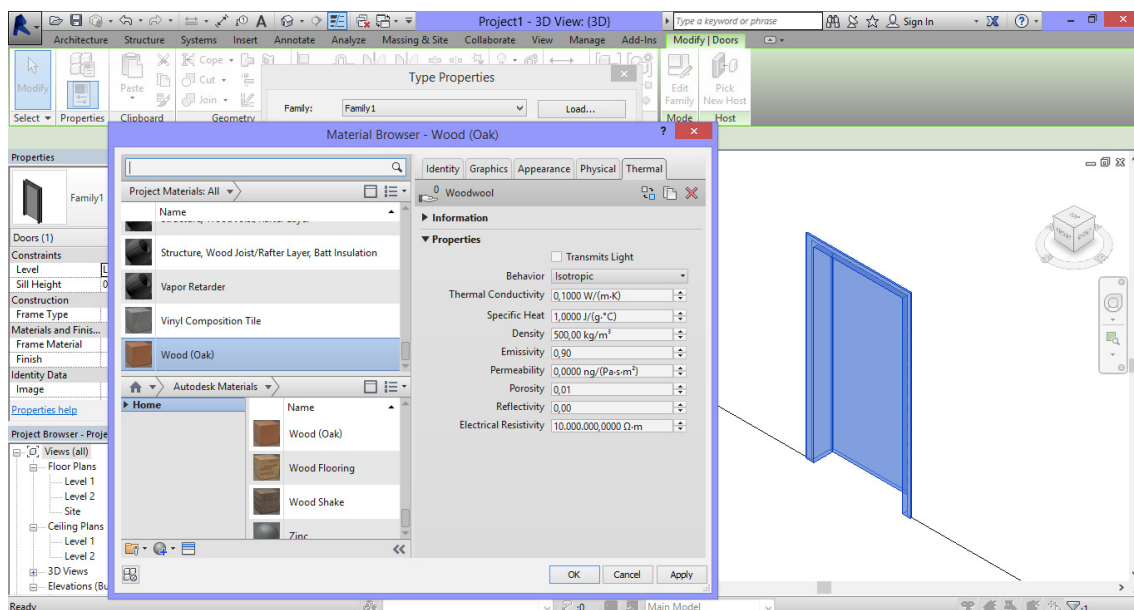
Após a revisão bibliográfica e tendo o cronograma e os objetivos definidos, foi realizado o aprendizado do modelador BIM Revit e do simulador energético EnergyPlus, para poder enfim realizar a modelagem, simulação, processamento e análise dos resultados.

4.1 Revit

Em um primeiro momento, realizou-se o aprendizado do modelador Revit, que é um software que utiliza o conceito BIM. Aprendeu-se a modelar nesse programa, conhecendo-se as diversas ferramentas e procedimentos.

Modelaram-se janelas e portas no Revit, elaborando-se um tutorial que ensina desde a definição do *template* necessário, até a inclusão das propriedades dos materiais (Figura 1).

Figura 1 - Inclusão de propriedades térmicas



Fonte: Próprio autor

Atentou-se à inclusão e extração dos parâmetros relacionados às propriedades térmicas, aprendendo-se a inseri-los no modelo, e também como extraí-los. A exportação dos dados foi feita através do formato de arquivo IFC (Industry Foundation Class), que como a ISO 16739 (2013) define, é um arquivo neutro em formato padrão, com o objetivo de trocar e compartilhar informações de acordo com um esquema conceitual padronizado.

Identificaram-se os parâmetros que podem ser usados para dar entrada no simulador energético, elaborando-se o Quadro 1.

Quadro 1 – Parâmetros para simulação energética extraídos do Revit

Object	Field	Units
Location Weather	Latitude	
	Longitude	
	Altitude	m
	Pressão	
	Temperatura	
	Umidade	
Material	Geometria	
	Name	
	Description	
	Behavior	
	Thermal Conductivity	W/(mK)
	Specific Heat	J/(g°C)
	Density	kg/m³
	Emissivity	
	Permeability	Ng/(Pasm²)
	Porosity	
	Reflectivity	
	Electrical Resistivity	Ωm

	Absorptance	
	Roughness	
	Thermal Transmittance	
	Heat Transfer Coefficient	
	Solar Heat Gain Coefficient	
	Thermal Resistance	
	Visual Light Transmittance	
Ocupação	Taxa de Ocupação	
Iluminação	Type	
	Position	
	Potência	W
	Initial Color	K
Equipamentos	Type	
	Position	
	Potencia	W
Zonas Térmicas	Definição das zonas	

Fonte: Próprio autor

Os parâmetros do Quadro 1 são definidos e obtidos em diversos momentos diferentes ao longo da modelagem. A primeira coluna explicita os objetos que são usados para a simulação energética, a segunda coluna indica os atributos associados a esses objetos, e a terceira coluna indica as unidades.

É possível georreferenciar o modelo do Revit, inserindo dados de altitude, latitude, longitude, pressão e umidade da cidade onde o edifício a ser analisado se encontra.

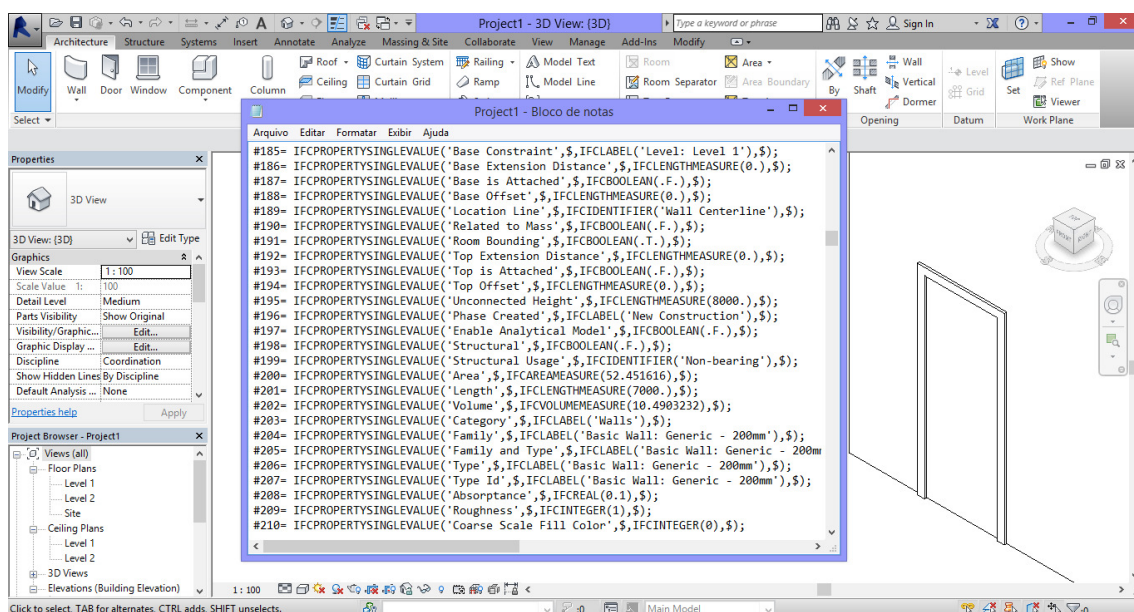
Em relação aos materiais, o Revit permite definir diversas propriedades, além de ser possível a modelagem com a geometria que se queira e na localização desejada. Essas propriedades podem já estar definidas no material escolhido ou não. De qualquer forma é possível fazer a edição dessas propriedades em qualquer etapa da modelagem.

A ocupação de uma edificação no Revit é definida junto com a configuração das zonas térmicas, que são os diferentes ambientes que constituem uma edificação.

As informações de iluminação e equipamentos também podem ser inseridas e modificadas no modelo a qualquer momento, assim como no caso dos materiais.

A fim de fazer a análise dos dados passíveis de exportação, a partir dos tutoriais de modelagem de portas e janelas, extraíram-se os arquivos IFC para essas classes, como ilustra a Figura 2.

Figura 2 - Exportação no formato IFC e leitura dos resultados



Fonte: Próprio autor

Percebe-se, pela Figura 2 que o arquivo IFC pode ser aberto a partir de um bloco de notas, e constitui-se de diversas linhas que descrevem as diversas propriedades do resultado da modelagem realizada no Revit, como os parâmetros geométricos de área, comprimento e volume, também a localização dos diversos elementos no modelo, além dos parâmetros definidos como absorção e rugosidade.

4.2 EnergyPlus

O EnergyPlus é um software de simulação termo energética, desenvolvido pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos. É um software já consolidado, e com grande aceitação, sendo usado em muitas pesquisas realizadas no mundo inteiro para simulação de desempenho termo energético de edificações. No Brasil essa realidade também já é bem sentida como constata Melo e Barcelos (2011).

Apreendeu-se como o EnergyPlus funciona, como realizar a simulação energética, quais os dados de entrada e quais os dados de saída. Identificaram-se os parâmetros básicos necessários para a realização de uma simulação energética, e foi elaborado o Quadro 2 abaixo, que mostra quais são esses parâmetros.

Quadro 2 – Parâmetros para simulação energética no EnergyPlus

Group	Field	Object	Units
Location and Climate	Site:Location	Name	
		Latitude	
		Longitude	
		Time Zone	
		Elevation	m
	SizingPeriod:DesignDay	Arquivo Climático	
Schedules	ScheduleTypeLimits	Name	
	Schedule:Compact	Name	
Surface Construction Elements	Material	Name	
		Roughness	
		Thickness	m
		Conductivity	W/mK
		Density	kg/m³
		Specific Heat	J/kgK
	Construction	Especificação de cada camada de material de cada elemento	
Thermal Zones and Surfaces	GlobalGeometryRules		
	Zone		
	BuildingSurface:Detailed	Name	
		Surface Type	
		Construction Name	
		Zone Name	
		Outside Boundary Condition	
		Sun Exposure	
		Wind Exposure	
Internal Gains	People	Name	
		Zone	
		Number	
		Fraction Radiant	
		Activity Level	
	Lights	Name	
		Zone	
		Schedule Name	
		Design Level Calculation Method	
		Return Air Fraction	
		Fraction Radiant	
		Fraction Visible	
		Fraction Replaceable	
	Electric Equipment	Zone	
		Schedule Name	
		Design Level Calculation Method	
		Fraction Latent	
		Fraction Radiant	
		Fraction Lost	

Fonte: Próprio autor

É importante observar que dados mais complexos como sistemas geradores de energia local (eólica e fotovoltaica), ou sistemas complexos de condicionamento de ar (central com ciclo economizador, torres de resfriamento), não foram considerados. Utilizaram-se nesta pesquisa apenas os dados básicos que viabilizam a simulação energética no EnergyPlus.

Como na tabela dos parâmetros do Revit, nessa tabela as colunas organizam os diversos grupos.

Os dados de localização no EnergyPlus são praticamente os mesmos do Revit: dados de latitude, longitude e altitude. No EnergyPlus, no entanto, há uma significativa diferença, que é a definição do arquivo climático, que contém os dados climáticos detalhados num ano referencial completo de dada região ou cidade. Esse arquivo climático é definido antes da simulação energética, e possibilita análises mais detalhadas para um período considerado.

Os dados referentes aos materiais são de rugosidade, condutividade, densidade, calor específico e espessura. Ainda é possível definir diversas camadas de materiais, tendo em cada camada todas essas propriedades.

Assim como no Revit, pode-se definir as zonas térmicas no EnergyPlus.

Os parâmetros de ocupação permitem maior detalhamento do que no Revit, podendo-se indicar o nível de atividade e a fração radiante liberada.

Os equipamentos permitem a definição das suas zonas de influência, e suas frações radiante, visível e substituível no caso dos equipamentos de iluminação, e de frações latente, radiante e perdida no caso dos demais equipamentos.

4.3 Seleção e correspondência dos parâmetros EnergyPlus x Revit

De posse dos dados que podem ser definidos e extraídos do Revit, e também dos dados básicos de entrada para a simulação energética no EnergyPlus, foi possível ser feita a relação entre esses dados, que pode ser observada no Quadro 3.

Quadro 3 - Dados do EnergyPlus que são obtidos do Revit

Field	Object	Observações
Location	Latitude	O Revit fornece os dados necessários para o EnergyPlus.
	Longitude	
	Elevation	
Material	Roughness	Todos esses dados são possíveis de serem obtidos no Revit.
	Thickness	
	Conductivity	
	Density	
	Specific Heat	
Construction	Especificação de cada camada de material de cada elemento	O Revit também possibilita a especificação de camadas de materiais.
Zone	Definição das zonas térmicas	As definições das zonas térmicas no Revit são diferentes do EnergyPlus e é necessário um estudo para realizar essa compatibilidade.
Building Surface	Surface Type	É possível definir condições de vento e exposição ao sol no Revit, mas a maneira que isso tudo é feita é diferente do EnergyPlus. Também é necessário um
	Outside Boundary Condition	
	Sun Exposure	
	Wind Exposure	

		cuidado aqui.
People	Number	O Revit define de maneira diferente a ocupação, e assim será necessário estudos e adaptações nesses dados.
	Fraction Radiant	
	Activity Level	
Lights	Fraction Radiant	Todos esses dados são obtidos no Revit
	Fraction Visible	
	Fraction Replaceable	
Electric Equipment	Fraction Latent	Todos esses dados são obtidos no Revit.
	Fraction Radiant	
	Fraction Lost	

Fonte: Próprio autor

Os dados de localização, material, construção, iluminação e demais equipamentos elétricos podem ser obtidos e definidos no Revit, e também podem ser inseridos no EnergyPlus, ocorrendo em alguns casos um maior número de parâmetros no Revit do que o EnergyPlus necessita.

As definições das zonas térmicas no Revit são diferentes do EnergyPlus e é necessário um estudo para realizar essa compatibilidade.

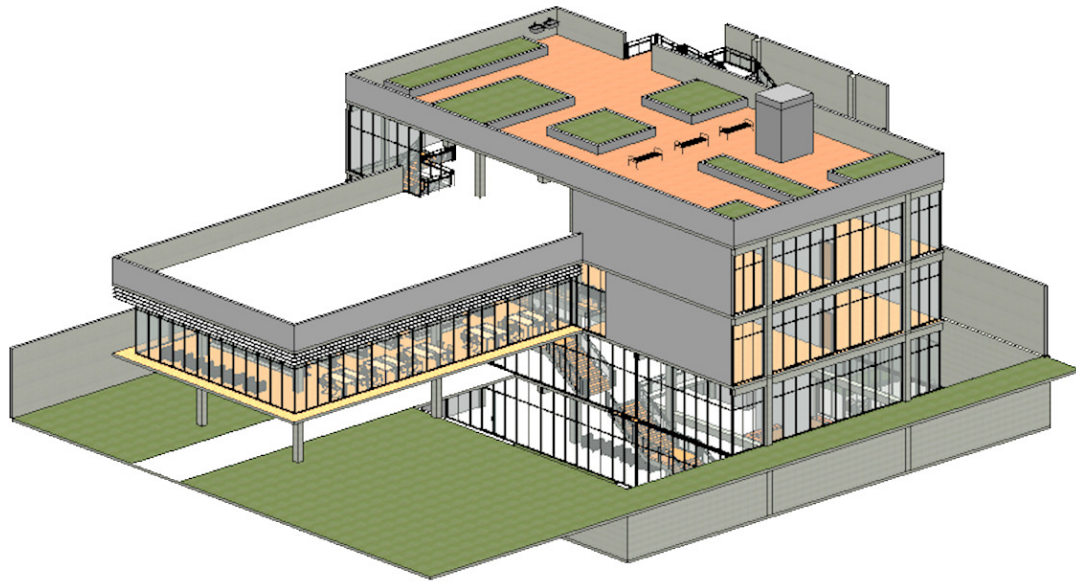
Já no caso da ocupação do prédio, o Revit só permite a definição do número de pessoas por zona térmica, não permitindo a especificação do calor gerados pelas pessoas, nem o nível de atividade dos ocupantes.

4.4 Realização de procedimento para inclusão de Propriedades Térmicas no Revit

Dando continuidade à pesquisa, buscou-se realizar um teste completo da metodologia, desde a modelagem até a simulação energética.

De posse de um projeto arquitetônico completo e de razoável complexidade (Figura 3) modelado inteiramente no Revit, desenvolvido por um dos pesquisadores, elaborou-se um tutorial de inclusão de propriedades térmicas dos diversos componentes desse projeto, com o objetivo de auxiliar os projetistas a definir esses parâmetros na fase de projeto.

Figura 3 – Perspectiva do projeto arquitetônico usado para o teste



Fonte: autores

Após essa inclusão das propriedades térmicas gerou-se o arquivo IFC, que será trabalhado de forma a produzir a entrada dos parâmetros no EnergyPlus. Essa última fase de tratamento do arquivo IFC não pôde ser desenvolvida a tempo de mostrar os resultados neste trabalho, mas em breve será publicada.

5 CONCLUSÕES

A complexidade dos dados necessários à simulação energética das edificações é grande, e ainda existe uma barreira para que a simulação seja realizada com mais frequência e no momento mais adequado do processo de projeto.

A interoperabilidade entre os programas de simulação termo energética e a plataforma BIM possui um grande potencial, mas, como pode ser observado nessa pesquisa, há ainda a necessidade de maiores adequações para que este processo seja viável.

A partir desta pesquisa, verificou-se que há uma relação entre os dados de entrada do EnergyPlus e os dados de saída do Revit. É preciso observar que essa pesquisa levou em conta somente os dados básicos para simulação energética, desconsiderando, por exemplo, dados específicos como os referentes a painéis solares e outros equipamentos menos frequentes. Portanto, para edificações mais específicas, que fujam dos equipamentos e arquiteturas usualmente utilizadas, deve-se realizar um estudo mais detalhado dos dados de entrada na simulação energética.

É necessário continuar esse trabalho fazendo um teste completo, da modelagem à simulação energética. Primeiro deve-se modelar uma edificação, exportar seu arquivo IFC e o analisar e caso seja necessário se

localizar os parâmetros necessários para dar entrada no EnergyPlus, e assim, enfim, identificar as possíveis falhas nesse processo.

Além disso, também será feita a formulação de um algoritmo de automação do processo de extração de dados do modelo BIM e inserção dos dados no EnergyPlus. Espera-se dessa forma contribuir de maneira bem concreta com a utilização mais dinâmica da simulação termo energética a partir de dados fornecidos pelo projetista modelador da arquitetura.

É necessário continuar esse trabalho, acabando o teste completo, pois após a modelagem e a inclusão das propriedades térmicas dos componentes no modelo do Revit, deve-se produzir e manipular o arquivo IFC para localizar os parâmetros necessários para então dar entrada no EnergyPlus e assim, enfim, identificar as possíveis falhas nesse processo e propor soluções que completem a metodologia. Esse trabalho será tema de um novo projeto de iniciação científica já aprovado.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa Unificado de Bolsas da USP, que concedeu o suporte financeiro a essa pesquisa de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei n. 10295, de 17 de outubro de 2001. **Dispõe sobre a política nacional de conservação e uso racional de energia**. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 17 out. 2001. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/qualidade/pdf/lei10295.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2016.

CAMPBELL, D. A. **Building information modeling: The Web3D application for AEC**. New York, NY, 173-176. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=1229390.1229422>>. Acesso em: 11 abr. 2016.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors**. United States: John Wiley & Sons, 2011.

GONÇALVES, Joana Carla Soares; DUARTE, Denise Helena Silva. **Arquitetura sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino**. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Porto Alegre, RS, v. 6, n. 4, p. 51-81, out/dez. 2006. ISSN 1415-8876. Disponível em: <www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/download/3720/2071>. Acesso em: 11 mar. 2016.

HETHERINGTON, R.; LANEY, R.; PEAKE, S.; OLDMAN, D. **Integrated building design, information and simulation modelling: the need for a new hierarchy**. In: Proceedings of Building Simulation 2011: 12th Conference of International Building Performance Simulation Association. Sydney, 2011. Disponível em: <<http://oro.open.ac.uk/29470/>>. Acesso em: 13 jan. 2016.

ISO INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 16739: 2013 Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries.** Disponível em: <http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=51622>. Acesso em: 17 fev. 2016.

MELO, Ana Paula; BARCELOS, Michele M. **Engenheiros e arquitetos se rendem ao EnergyPlus – Programa de simulação é cada vez mais usado para implementar conceitos de sustentabilidade.** Portal EA – Engenharia e Arquitetura, 2011. Disponível em: <<http://www.engenhariaearquitectura.com.br/noticias/417/Engenheiros-e-arquitetos-se-rendem-ao-EnergyPlus.aspx>>. Acesso em: 15 fev. 2016.

MITCHELL, J. **BIM & building simulation.** In: Proceedings of Building Simulation 2011: 12th Conference of International Building Performance Simulation Association. Sydney, 2011. Disponível em <<http://www.aivc.org/sites/default/files/K1.pdf>>. Acesso em: 13 jan. 2016.

SOUZA, Livia L. Alves de; AMORIM, Sérgio R. Leusin; LYRIO, Arnaldo de Magalhães. **Impactos do uso do BIM em escritórios de arquitetura: oportunidades no mercado imobiliário.** Gestão e Tecnologia de Projetos. Rio de Janeiro, RJ, v. 4, n. 2, p. 26-53, nov. 2009. ISSN 1981-1543. Disponível em: <www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/download/50958/55043>. Acesso em: 07 abr. 2016.