



## Interoperabilidade. Comparação entre os sistemas BIM e CAD

**Argeu Leonidas Maioli Pretti**

*Federal University of Espírito Santo, Technology Center, Department of Civil Engineering, Vitória (ES), Brazil*

[argeumaiolipretti@gmail.com](mailto:argeumaiolipretti@gmail.com)

**João Luiz Calmon**

*Federal University of Espírito Santo-FAPES, Technology Center, Department of Civil Engineering, Vitória (ES), Brazil*

[calmonbarcelona@gmail.com](mailto:calmonbarcelona@gmail.com)

**Cristina Engel de Alvarez**

*Federal University of Espírito Santo, Planning and Project Laboratory, Vitória (ES), Brazil*

[cristina.engel@ufes.br](mailto:cristina.engel@ufes.br)

**RESUMO:** Esta pesquisa teve como objetivo comparar os sistemas CAD e BIM com foco nas possibilidades de interoperabilidade de ambos com as ferramentas de simulação e avaliação de eficiência energética da edificação (BEM – *Building Energy Modeling*). Foi realizada uma investigação em livros, periódicos, artigos e trabalhos científicos publicados em eventos visando mapear as ferramentas de avaliação de eficiência atuais e mais utilizadas como interface dos dois principais motores de simulação, o DOE 2 e o *EnergyPlus*, assim como os formatos de compartilhamento com as ferramentas de modelagem da edificação. Os critérios adotados para a comparação entre programas BIM e CAD com as ferramentas de avaliação foram os tipos de compartilhamento, os formatos, e a possibilidade de inserção de informações nos modelos compartilhados, sendo mapeados os formatos IFC, gbXML, DXF e DWG. Constatou-se que o sistema BIM possui relevante superioridade em relação ao CAD. Constatou-se que os modelos do primeiro permitem a incorporação de informações com características dos objetos e componentes, e podem ser compartilhadas com as ferramentas de avaliação, enquanto que o segundo compartilha somente a geometria e as informações do modelo necessárias para a avaliação, devendo ser inseridas manualmente nos programas de simulação.

**Keywords** BIM, CAD, Interoperability, BEM, Energy.

## 1 INTRODUÇÃO

Desde o seu surgimento, o CAD – *Computer Aided Design* – teve um enorme impacto no desenvolvimento de produtos na indústria de engenharia. A *National Academy of Engineering* (NAE), em 1989, reconheceu o CAD como uma das maiores conquistas da engenharia nos últimos 25 anos, e a *American Society of Mechanical Engineers* como uma das maiores tecnologias do século 20 (Petroski, 2000). De forma semelhante, o desenvolvimento do *Building Information Modeling* (BIM) nas últimas décadas alterou as formas tradicionais de desenhar, assim como os padrões de comunicação no setor da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC). O BIM rompeu com antigos paradigmas no processo convencional de projetar, sendo definido por Penttilä, (2006) como um conjunto de inter-relações de processos, políticas e tecnologias que suscitam em abordagem sistemática de gestão de dados do projeto em formato digital por todo o ciclo de vida de uma edificação.

Tendo como apoio ao CAD/BIM para a tomada de decisões durante a elaboração de projetos das edificações, um grande número de ferramentas de análise energética da edificação está disponível ao público. O *International Building Performance Simulation Association* – IBPSA, responsável pelo *Building Energy Simulation Tools* – BEST-D, possui um diretório na internet que disponibiliza mais de 80 destas ferramentas, cujo diretório era hospedado anteriormente pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos – US-DOE. O *Industry Foundation Classes* (IFC), liderado pelo *buildingSMART*, desempenha importante papel para promover a interoperabilidade entre as ferramentas CAD/BIM especialmente para as avaliações de eficiência da edificação. Outro formato também muito utilizado neste intercâmbio de informações é o *Extensible Markup Language* (XML) através do esquema *Green Building XML* (gbXML). Estes formatos são amplamente apoiados pelos desenvolvedores de ferramentas BIM e de avaliação de eficiência da edificação.

Apesar das vantagens conhecidas, para Augenbroe *et al.* (2003) e Dong *et al.* (2007), a interoperabilidade de dados das ferramentas BIM com pacotes de programa de avaliação de eficiência permanece incompleta, possibilitando avaliações subjetivas de eficiência energética da edificação. Segundo Crawley *et al.* (2005), a subjetividade destas avaliações é devido à ausência de um formato padrão e as diferentes estruturas de dados entre os programas de análise, acarretando em orientações específicas deficientes, limitações na sincronização de dados e interfaces pouco amigável dos programas.

## 2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é apresentar as formas de integração entre sistemas e programas destinados à Arquitetura, Engenharia e Construção, comparando o CAD e o BIM em relação à possibilidade de inserir informações nos modelos que possam ser compartilhadas com ferramentas de avaliação de eficiência das edificações, denominadas de BEM – *Building Energy Modeling*.

### 3 METODOLOGIA

Tratando-se de uma pesquisa baseada na revisão bibliográfica, adotou-se o procedimento de comparação entre programas BIM e CAD com as ferramentas de avaliação os tipos de compartilhamento, os formatos, e a possibilidade de inserção de informações nos modelos compartilhados, sendo mapeados os formatos IFC, gbXML, DXF e DWG.

### 4 INTEGRAÇÃO VERSUS INTEROPERABILIDADE

Segundo Chen *et al.* (2008), a interoperabilidade significa convivência, autonomia e ambiente associado; enquanto a integração está mais ligada aos conceitos de coordenação, coerência e uniformização. Para os autores, num sistema integrado, o grau de vinculação (o quanto estão intimamente ligados) indica componentes interdependentes, que não podem ser separados. No caso da interoperabilidade entendem que os componentes estão conectados por uma rede de comunicação onde podem interagir, trocando serviços e operando em seu local original. Desta forma, dois sistemas integrados são inevitavelmente interoperáveis, mas dois sistemas interoperáveis não são necessariamente integrados (Chen & Doumeings, 2003).

Segundo Isikdag *et al.* (2007) integração de programa consiste no trabalho conjunto de diferentes ferramentas com intuito de agregar funcionalidade, e integração de sistema é definido por Wong *et al.* (2005) como um procedimento que interliga programas, sistemas e dispositivos em uma única estrutura para compartilhar dados. Deste modo, um sistema integrado deve ser capaz de disponibilizar aos usuários serviços associados através de programas que agregam ferramentas com funções distintas para um único objetivo (Stavridou, 1999 *apud* Lee *et al.*, 2015 ).

A interoperabilidade do ponto de vista da AEC é a capacidade gerencial e compartilhamento eletrônico dos dados do produto entre colaboradores do projeto (McGraw Hill, 2007). Para Garcia & Zhu (2015) a interoperabilidade significa que as informações armazenadas nos modelos de projeto de construção são transferidas para ferramentas de eficiência energética da edificação, de modo que a simulação e análise do desempenho de consumo de energia da construção ocorram sem a necessidade de correção de erros oriundos do processo de compartilhamento das informações.

Para Sanguinetti *et al.* (2009) dois fatores afetam a comunicação: a troca de dados entre o projeto e modelos de análise; e a agregação dos resultados da simulação para alcançar a transparência no processo de avaliação do projeto. Como o modelo de informações de construção muda continuamente durante o processo do ciclo de vida do edifício, a interoperabilidade deve ser facilitada através de intercâmbios de dados estruturados.

Os formatos de dados mais utilizados para a interoperabilidade entre ferramentas BIM e BEM são o *Industry Foundation Classes* (IFC) e o *Green Building XML* (gbXML). Enquanto o gbXML é um formato de dados desenvolvido especificamente para as avaliações de desempenho energético, o IFC é usado para trocar e compartilhar dados de todo o ciclo de vida do edifício (Kim *et al.* 2012).

#### 4.1 Industry Foundation Classes (IFC) - buildingSMART

O IFC é desenvolvido pela *International Alliance for Interoperability* (IAI), atual *buildingSMART*, desde 1994. O esquema IFC é um padrão aberto voltado para compartilhamento de dados para todo o ciclo de vida da edificação, contendo geometrias de paredes, colunas, vigas, portas, janelas e outros elementos de construção, com atributos e especificações dos objetos (Kim *et al.*, 2016).

A partir da versão IFC 2x3 foi introduzido a especificação ifcXML, usando esquema XML, para fornecer uma descrição completa do edifício e do local de construção, além de detalhes construtivos e de componentes, elementos estruturais e análise estrutural, especificação dos equipamentos, e detalhes de elétrica e hidráulica (Shen *et al.*, 2010). Segundo Cemesova *et al.* (2015) uma limitação fundamental do esquema IFC é que não inclui uma descrição das propriedades energéticas na especificação principal do modelo.

#### 4.2 Green Building XML – gbXML

O gbXML (*Green Building XML*), desenvolvido pela *Green Building Studio* desde 1999, antiga GeoPraxis, facilita a troca de dados entre os programas BIM e de análise de energia (Moon *et al.*, 2011). O XML (*Extensible Markup Language*) é um tipo de linguagem baseada na web, que facilita o compartilhamento do esquema gbXML e permite que programas compartilhem informações com pouca ou nenhuma interação humana (Moon *et al.*, 2011 e Garcia & Zhu, 2015).

Para Howell & Batcheler (2005) gbXML fornece um mecanismo padronizado de compartilhamento entre as fontes de informação do modelo de construção (BIM) e de simulação e avaliação de energia (BEM). O sucesso de gbXML, segundo os autores, decorre de seu foco em um processo claramente definido, e de alto valor, que permite o uso de padrões de dados abertos e de desenvolvimento de programa que facilite a adoção.

### 5 SISTEMAS CAD, BIM E AVALIAÇÃO ENERGÉTICA.

O CAD (*Computer Aided Design*) é uma das tecnologias mais simples e antigas utilizadas na indústria. A premissa inicial do sistema foi automatizar a tarefa de elaboração do desenho tradicional manual para um dispositivo equipado com uma ferramenta digital, o computador e o programa. Com uma interface gráfica não muito amigável inicialmente, o foco de aplicativos CAD foi representar a geometria 2D através de elementos gráficos, como linhas, arcos, símbolos, e outros. Neste contexto, as paredes são representadas como linhas paralelas (Howell & Batcheler, 2005). A evolução do CAD 2D surge com o sistema *Object-Oriented CAD* (OOCAD) que substitui componentes 2D por elementos de construção (objetos), capazes de representar o comportamento de elementos de construção, que podem receber atributos não-gráficos (Vanlande *et al.*, 2008).

À medida que a complexidade dos projetos aumenta e o desenvolvimento de produtos se torna mais distribuída, faz-se necessária uma maior e mais precisa troca de informações, assim como, a incorporação de parâmetros pelos componentes do projeto. O sistema tradicional CAD mostra-se incapaz de suportar adequadamente as novas necessidades impostas pela indústria de AEC, ficando para os novos sistemas e programas este papel.

Já a tecnologia BIM (*Building Information Modeling*) permite criar digitalmente modelos virtuais precisos de uma construção. Eles oferecem suporte ao projeto ao longo de suas fases, permitindo melhor análise e controle dos processos e compartilhamento de informações (Eastman *et al*, 2011).

Segundo Checcucci (2014) a *buildingSMART* e o comitê americano *National Institute of Building Sciences* (NIBS) categorizam BIM de três maneiras: 1) um produto, ou representação digital inteligente de dados para tomadas de decisões durante o ciclo de vida de uma edificação; 2) uma atividade - processo colaborativo (organização e controle); e 3) um sistema - estrutura de trabalho e comunicação para gerenciar o ciclo de vida da edificação e aumentar a sua qualidade e eficiência.

Para Azevedo (2009) a características principais de um modelo BIM são: a) criação e análise de projeto digital; b) baseado em objetos paramétricos; c) agrupamento da informação e d) interoperabilidade.

### 5.1 Comparação e Transição CAD e BIM

O BIM é um modelo 3D inteligente que permite planejar, projetar e gerenciar edifícios mais racionalmente. Em vez de desenhar apenas linhas e arcos conforme o tradicional CAD, as ferramentas do sistema BIM possuem objetos inteligentes como paredes, telhados, janelas, portas, estrutura da edificação, forma e orientação. Para a modelagem energética são necessários dados suplementares, tais como composição e propriedades térmicas de cada material. A maior e mais importante diferença entre o CAD e o BIM é com relação à geometria. Nos sistemas BIM a geometria, e os objetos, possuem parâmetros. A parametrização torna o modelo integrado, regido por regras e com informações disponíveis e concretas. A Tabela 1 apresenta as principais diferenças entre CAD e BIM. O sistema CAD foi dividido em bidimensional e tridimensional, e ambos permitem compartilhamento do modelo com ferramentas de eficiência energética.

Tabela 1: Principais diferenças entre os sistemas CAD e BIM

Recurso	Sistemas CAD bidimensional e tridimensional	Sistemas BIM
Representação geométrica	Bidimensional e Tridimensional.	Geometria, dados e parâmetros bidimensionais e Tridimensionais,
Parametrização	Objetos não possuem parâmetros; representações gráficas com alterações manuais.	Objetos paramétricos; gera representações gráficas automáticas a partir do modelo principal; alterações gráficas automáticas em todas as plantas do modelo
Propriedade dos materiais	Não possuem atributos especificando as propriedades dos materiais	Possuem banco de dados com informações referentes às propriedades dos materiais
Colaboração entre as equipes	Não permite a colaboração simultânea no mesmo arquivo	Permite colaboração simultânea entre as equipes do projeto
Interoperabilidade	Exportação em formatos DWG, 2D e 3D DXF, DWFx, 2D e 3D DWF	Interoperabilidade – o modelo pode ser exportado em vários formatos
Sustentabilidade	Não possuem estratégias sustentáveis, mas permite compartilhamento com programas de avaliação energética.	Possuem estratégias sustentáveis - permite compartilhamento com programas BEM e possibilita análise dos atributos e comportamentos dos materiais
Planejamento e gestão	Não possuem ferramentas ou são limitadas	Possuem ferramentas para planejamento e gestão da construção
Pós-ocupação	Não gerenciam pós-ocupação	Possibilita gerenciamento pós-ocupação

A Tabela 2 apresenta os principais programas BIM disponíveis no mercado, com uma breve comparação das diferentes abordagens adotadas por cada um dos principais fornecedores de soluções BIM e também o programa que pode ser considerado como a transição entre o tradicional CAD e o BIM.

Tabela 2: comparativo entre programa BIM

Fabricante	Programa	Descrição
Autodesk	Autodesk Architectural Desktop-ADT	Fornecer uma abordagem de transição do CAD para BIM, cria o seu modelo de construção com fraca dependência, utiliza mecanismos para criar plantas adicionais do edifício, relatórios e planejamento.
Autodesk	Revit	Sistema BIM com única base de dados de um projeto. Capaz de coordenar todos os elementos de construção em banco de dados único, capacidade de ver imediatamente os resultados de quaisquer revisões de projeto feitas no modelo.
Bentley	Microstation	O projeto integrado compreende a aplicação de módulos: Bentley Architecture (ou Microstation), Bentley Estruturas, Bentley HVAC, etc.. Comunicação com o CAD. OS mais altos níveis de interoperabilidade só são alcançados quando toda a família de produtos Bentley é implantada em um projeto.
Graphisoft	ArchiCAD	Cria um modelo de construção virtual, utiliza modelo de construção virtual em vez de um repositório central para todo o projeto.
Nemetschek	ALLPLAN	Interface pouco amigável e possui interoperabilidade IFC.

## 5.2 Programas de Eficiência Energética

Programas de análise de eficiência energética estudam o desempenho de uma edificação por todo o seu ciclo de vida. A IBPSA disponibiliza na internet programas que diferem em várias funções, dentre elas, as interfaces gráficas do usuário e a sua capacidade de troca de dados com aplicativos BIM. Desenvolvidas inicialmente para analisar o ciclo de vida do edifício ainda na fase de projeto, fornecendo dados para tomada de decisões, a evolução dessas ferramentas conduz para uma utilização mais ampla sobre todas as fases da vida de um edifício (Maile *et al.*, 2007).

Os principais motores de análise de desempenho foram desenvolvidos pelo *Lawrence Berkeley National Laboratory* (LBNL) junto com o *US-Department of Energy: Doe-2* e *EnergyPlus*. O DOE-2 é "amplamente reconhecido como o padrão da indústria" (U.S. DOE 2007) e o *EnergyPlus*, seu sucessor, ganhou vários prêmios desde o seu lançamento em 2001 (Maile *et al.*, 2007). O motor DOE-2 surgiu no início da década de 1980, é um dos motores de simulação térmico mais utilizado atualmente, sendo desenvolvido para estudar o desempenho energético de todo o edifício durante a fase de projeto (Birdsall *et al.*, 1990 *apud* Maile *et al.*, 2007). Para Maile *et al.* (2007), o *EnergyPlus*, disponível em 1999/2000, utiliza as melhores características de dois motores de simulação de energia, o DOE-2 e o BLAST, resultando no "motor de simulação de nova geração".

O DOE-2 não fornece quaisquer dados de importação ou de intercâmbio com outros programas, enquanto o *EnergyPlus* não possui interface gráfica amigável aos usuários, desta forma, ambos necessitam de outras ferramentas para operação e compartilhamento. Hernández *et al.* (2015) divide os principais programas BEM em dois grupos, os que utilizam o mecanismo de cálculo desenvolvido pelo *US-Department of Energy* (US-DOE) e os que utilizam motor próprio para cálculo. A Tabela 3 apresenta os motores de simulação e as características dos programas.

Tabela 3: Motores de simulação e características principais dos programas

Programa	Motor	Características
EnergyPlus	EnergyPlus	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ferramenta de análise energética e de simulação de carga térmica, não fornece interface direta com o sistema BIM, necessita de outros programas como o DesignBuilder (Moon et al., 2011);</li> <li>– Pode ser usado para calcular o consumo de energia utilizando dados de tempo através de simulações anuais e também para analisar sistemas de HVAC, balanço de cargas térmicas, fluxo de calor multi zonas e luz solar natural (Kim et al. 2012).</li> </ul>
eQUEST	DOE-2	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Combina assistente para a criação da edificação com de avaliação da eficiência energética (BEM), e relatórios gráficos. Não importa arquivo gbXML diretamente, usa o Green Building Studio (GBS) (Moon et al., 2011):</li> <li>– Desenvolvido para uso durante as várias fases de concepção de um projeto de construção, fornece dois assistentes de projeto, o Schematic Design (SDW) e o Design Development Wizards (DDW), que podem ser usados para simplificar a entrada de dados, através do uso de parâmetros. Realiza simulação para análise de eficiência energética e HVAC. Importa formato DWG e gbXML (Maile et al., 2007).</li> </ul>
IES Virtual Environment	Próprio	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Sistema integrado que gera simulações a partir do modelo principal. Possui ferramentas de análise térmica, planejamento de custos, análise de ciclo de vida, análise do fluxo de ar, iluminação e segurança dos ocupantes. Importa arquivo gbXML (Moon et al., 2011);</li> <li>– Conjunto integrado de programas para construção aplicados na análise de energia, possui modelagem própria e funções de análise de perda e ganho de calor, luz solar natural e climatização, importa arquivos gbXML (Kim et al. 2012).</li> </ul>
Design Builder	EnergyPlus	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ferramenta para avaliação de opções de fachadas, análise de iluminação natural, visualização de layouts de sites e proteção solar, simulação térmica da ventilação natural, e dimensionamento de equipamentos e sistemas HVAC. É desenvolvida para ser usada em apoio de todas as fases do processo de projeto, também suporta importação de "dados de pesquisa" recolhidos de edifícios existentes. Suporta somente definições de sistema de climatização compacto (Maile et al., 2007).</li> </ul>
RIUSKA	DOE-2	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Pode importar a geometria do edifício no formato de todas as versões principais do IFC, junto com seis parâmetros térmicos característicos para cada espaço (projeto condicionamento térmico por conjunto de pontos, o ganho e a perda de calor, taxas de fluxo de ar) que podem ser descritos para o arquivo IFC (Maile et al., 2007).</li> </ul>
Green Building Studio	DOE-2	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ferramenta de análise de energia baseada na Web, permite carregamento de arquivo gbXML (Green Building Extensible Markup Language) para análises de simulação de energia, gráficos com os resultados da análise podem ser gerados (Garcia &amp; Zhu, 2015).</li> </ul>
AECOSim Energy Simulator and Hevacomp	EnergyPlus	<ul style="list-style-type: none"> <li>– As ferramentas foram desenvolvidos com base no mecanismo de simulação EnergyPlus. Permitem, através de trocas mútuas, os arquitetos avaliarem rapidamente os projetos de nova edificação e retro-fit (Garcia &amp; Zhu, 2015).</li> </ul>

### 5.3 Interoperabilidade CAD, BIM e Programa de Eficiência Energética

A interoperabilidade precisa ser uma troca de dados sem costura entre as ferramentas CAD/BIM e BEM para não gerar dados duplicados. Deve permitir a atualização bidirecional de informações do modelo de forma que as mudanças realizadas em um programa devem ser capazes de fluir entre as ferramentas (Kumar, 2008). Desta forma, a transferência de dados entre CAD/BIM e BEM desempenham um papel fundamental, a fim de reduzir o retrabalho e criar de forma simples os modelos de eficiência energética (Bazjanac, 2008). Clarke & Hensen (2015) afirmam que a questão central para a integração de processos de projeto é como transferir informações entre as ferramentas sem a necessidade de acessar

diferentes modelos BIM. Segundo Gourlis & Kovacic (2016) a troca de informações entre BIM e BEM deve ser, preferencialmente, através dos padrões de referências IFC e gbXML. Em relação ao CAD e BEM os padrões DWG e DXF permitem a troca de informações.

A Tabela 4 apresenta os autores que têm pesquisados os programas de desempenhos energéticos e a interoperabilidade com os sistemas CAD e BIM, mostrando quais os padrões de referência utilizam para o compartilhamento das informações.

Tabela 4: Autores que pesquisaram os padrões de referência utilizados pelos programas de simulação para interoperabilidade

Programa	Interoperabilidade (padrões referências)				Autores
	IFC	gbXML	DXF	DWG	
EnergyPlus	X	X	X		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Moon, H. J., Choi, M. S., Kim, S. K. &amp; Ryu, S. H. (2011);</li> <li>- Hernández, A. V. P., Quintero, J. S. R., Borda, J. A. V. &amp; Tienda, J. L. P. (2015);</li> <li>- Maile, T., Fischer, M. &amp; Bazjanac, V., (2007);</li> <li>- Garcia, E. G. &amp; Zhu, Z. (2015);</li> <li>- Kim, I., Kim, J. &amp; Seo, J. (2012).</li> </ul>
eQUEST		X		X	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Moon, H. J., Choi, M. S., Kim, S. K. &amp; Ryu, S. H. (2011);</li> <li>- Hernández, A. V. P., Quintero, J. S. R., Borda, J. A. V. &amp; Tienda, J. L. P. (2015);</li> <li>- Maile, T., Fischer, M. &amp; Bazjanac, V., (2007);</li> <li>- Garcia, E. G. &amp; Zhu, Z. (2015).</li> </ul>
IES Virtual Environment	X	X	X		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Moon, H. J., Choi, M. S., Kim, S. K. &amp; Ryu, S. H. (2011);</li> <li>- Hernández, A. V. P., Quintero, J. S. R., Borda, J. A. V. &amp; Tienda, J. L. P. (2015);</li> <li>- Kim, I., Kim, J. &amp; Seo, J. (2012).</li> </ul>
Design Builder		X	X		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hernández, A. V. P., Quintero, J. S. R., Borda, J. A. V. &amp; Tienda, J. L. P. (2015);</li> <li>- Maile, T., Fischer, M. &amp; Bazjanac, V., (2007).</li> </ul>
RIUSKA	X				<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kim, I., Kim, J. &amp; Seo, J. (2012);</li> <li>- Maile, T., Fischer, M. &amp; Bazjanac, V., (2007).</li> </ul>
Green Building Studio		X	X	X	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hernández, A. V. P., Quintero, J. S. R., Borda, J. A. V. &amp; Tienda, J. L. P. (2015);</li> <li>- Maile, T., Fischer, M. &amp; Bazjanac, V., (2007);</li> <li>- Garcia, E. G. &amp; Zhu, Z. (2015);</li> <li>- Kim, I., Kim, J. &amp; Seo, J. (2012).</li> </ul>
AECOSim Energy Simulator e Hevacomp		X	X	X	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Garcia, E. G. &amp; Zhu, Z. (2015);</li> </ul>

## 6 CONCLUSÃO

O sistema BIM em relação ao CAD permitiu à indústria da AEC expandir o controle em todas as etapas de uma edificação, devido principalmente pela parametrização, a inserção de informações técnicas dos objetos e componentes do modelo, e o compartilhamento destes dados, os quais o CAD e seus formatos de compartilhamento não permitem. A ampla utilização do CAD ainda na atualidade demonstra a força e importância que o sistema possui. No campo da avaliação da eficiência energética, os dois principais motores de modelagem de desempenhos apresentados neste trabalho iniciaram e mantêm a



interoperabilidade com as ferramentas CAD, assim como os programas que utilizam estes motores, mesmo os mais atuais.

Os dois formatos apresentados adotados pelo BIM, o IFC e o gbXML, permitem o compartilhamento de informações e característica das edificações, porém, não são suportados por todas as ferramentas e possuem atributos e funções distintas, dificultando e limitando a interoperabilidade BIM e BEM. O avanço e a evolução da tecnologia BIM e dos formatos são cada vez maiores e com períodos mais curtos, demonstrando a busca pela ampliação do uso do sistema e o compartilhamento completo das informações, contudo, os desenvolvedores das ferramentas BEM demonstram através de novos produtos e interfaces mais amigáveis, que o CAD ainda é um sistema muito presente.

Desta forma, questões ainda estão em aberto, necessitando de mais aprofundamento e tempo, dentre as quais pode-se destacar: a) se o sistema CAD será totalmente substituído pelo BIM; b) se a interoperabilidade BIM e BEM será completa e universal; c) se as ferramentas BEM continuarão contemplando o CAD nas suas atualizações; e d) se os programas CAD evoluirão na interoperabilidade com os programas BEM.

## 7 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPES – Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do ES.

## REFERÊNCIAS

- Augenbroe G., de Wilde P., Moon H.J. & Malkawi A. 2003. The design analysis integration (DAI) initiative, *Proceedings of the 8th IBPSA Conference, Netherlands* – 79-86.
- Azevedo, O. J. M., 2009. Metodologia BIM - Building Information Modeling na Direção Técnica de Obras. 114 f. *Dissertação (Mestrado). Universidade do Minho*. Braga – PT.
- Bazjanac, V. 2008. *IFC BIM-based methodology for semi-automated building energy performance simulation*. Lawrence Berkeley National Laboratory.
- Cemesova, A., Hopfe, C. J. & Mcleod R. S. 2015. *PassivBIM: Enhancing interoperability between BIM and low energy design software, Automation in Construction* 57: 17–32
- Checucci, E. S., 2014. Ensino-aprendizagem de BIM nos cursos de graduação em Engenharia Civil e o papel da Expressão Gráfica neste contexto. 235 f. *Tese (Doutorado). Universidade Federal da Bahia, Salvador/BA*
- Chen, D. & Doumeings, D. 2003. European Initiatives to develop interoperability of enterprise applications – basic concepts, framework and roadmap, *Journal of Annual reviews in Control* 27 (3): 151–160.
- Chen, D., Doumeings, G. & Vernadat, F. 2008. *Architectures for enterprise integration and interoperability: Past, present and future, Computers in Industry* 59: 647–659
- Clarke, J. A. & Hensen, J. L. M., 2015. *Integrated building performance simulation: progress, prospects and requirements*. Build Environ 91: 294–306.
- Crawley D.B., Hand J.W., Kummert M. & Griffith B.T. 2005. *Contrasting the capability of building energy performance simulation programs*, United States Department of Energy and University of Strathclyde and University of Wisconsin.
- Dong B., Lam K. P., Huang Y. C., & Dobbs G. M. 2007. A comparative study of the IFC and gbXML informational infrastructures for data exchange in computational design support environments, *Building Simulation*, p.1530-1537.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. & Liston, K., 2011. *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*, 2nd Edition. John Wiley & Sons, New Jersey.
- Garcia, E. G. & Zhu, Z. 2015. Interoperability from building design to building energy modeling, *Journal of Building Engineering* 1: 33–41

- Gourlis, G. & Kovacic, I. 2016. *Building Information Modelling for analysis of energy efficient industrial buildings – A case study*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, article in press.
- Hernández, A. V. P., Quintero, J. S. R., Borda, J. A. V. & Tienda, J. L. P. 2015. *Interoperability of building energy modeling (BEM) with building information modeling (BIM)*, SIBRAGEC – ELAGEC: 519-526, São Carlos/SP.
- Howell, I. & Batcheler, B. 2005. "Building Information Modeling Two Years Later - Huge Potential", Some Success and Several Limitations, Laiserin Letter, Issue: 24. available at: [http://www.laiserin.com/features/bim/newforma\\_bim.pdf](http://www.laiserin.com/features/bim/newforma_bim.pdf)
- Isikdag, U., Aouad, G., Underwood, J. & Wu, S. 2007. Building information models: a review on storage and exchange mechanisms, Proceedings of the CIB W78's 24th *International Conference on IT in Construction* – 135-143.
- Kim, H., Shen, Z., Kim, I., Kim, K., Stumpf, A., Yu, J. 2016. BIM IFC information mapping to building energy analysis (BEA) model with manually extended material information, *Automation in Construction* – article in press
- Kim, I., Kim, J. & Seo, J. 2012 Development of an IFC-based IDF Converter for Supporting Energy Performance Assessment in the Early Design Phase, *Journal of Asian Architecture and Building Engineering* 11: 313-320
- Kumar, S. 2008. Interoperability between building information models (BIM) and energy analysis programs, *Dissertação mestrado, university of southern California*, p. 148.
- Maile, T., Fischer, M. & Bazjanac, V., 2007. *Building Energy Performance Simulation Tools - a Life-Cycle and Interoperable Perspective*, CIFE – Center for Integrated Facility Engineering, Stanford University, 1-50.
- Martins, P. C. F. 2011. A interoperabilidade entre sistemas BIM e simulação ambiental computacional: estudo de caso, *Dissertação Mestrado, Universidade de Brasília*, p. 229.
- McGraw Hill Construction, 2007. Interoperability in the Construction Industry, SmartMarket Report, 1-36.
- Moon, H. J., Choi, M. S., Kim, S. K. & Ryu, S. H. 2011. Case studies for the evaluation of interoperability between a BIM based architectural model and building performance analysis programs, Proceedings of Building Simulation: *12th Conference of International Building Performance Simulation Association*, Sydney – 1521-1526
- Lee, J., Oh, M., Hong, S. W. & Jeong, Y. 2015. Integrated system for BIM-based collaborative design, *Automation in Construction* 58: 196-206
- Penttilä, H. 2006. *Describing the changes in architectural information technology to understand design complexity and free-form architectural expression*, J. Inf. Technol. Constr. 11: 395-408.
- Petroski, H. 2000. *Time-sensitive material*. American Scientist 88(1):18-21.
- Sanguinetti, P., Eastman, C. & Augenbroe G. 2009. Courthouse energy evaluation: BIM and simulation model interoperability in concept design, *Eleventh International IBPSA Conference*, Glasgow, Scotland – 1922-1929
- Shen, W., Hao, Q., Mak, H., Neelamkavil, J., Xie, H., Dickinson, J., Thomas, R., Pardasani, A. & Xue H., 2010. *Systems integration and collaboration in architecture, engineering, construction, and facilities management: A review*, Advanced Engineering Informatics 24: 196-207
- Vanlande, R., Nicolle, C. & Cruz, C. 2008. IFC and building lifecycle management, *Automation in Construction* 18: 70-78
- Wong, J.K.W., Lia, H., Wangb, S.W. 2005. Intelligent building research: a review, *Automation in Construction* 14: 143-159.