



REGRAS DE VERIFICAÇÃO DE MODELOS BIM PARA PROJETOS DE SISTEMAS PREDIAIS DE ESGOTO SANITÁRIO¹

TAKAGAKI, Carolina Yumi Kubo (1); OLIVEIRA, Lúcia Helena de (2); CORRÊA, Fabiano Rogério (3)

(1) PCC/EP/USP, e-mail: carolina.takagaki@usp.br; (2) PCC/EP/USP, e-mail: lucia.helena@usp.br; (3) PCC/EP/USP, e-mail: fabiano.correa@usp.br

RESUMO

O processo de projeto proposto pela Modelagem da Informação da Construção (BIM) possibilita, dentre outros benefícios, uma melhor visualização da interação dos subsistemas do edifício. No entanto, a análise destes subsistemas no BIM é limitada. O objetivo deste trabalho é apresentar uma solução para a verificação do projeto de sistemas prediais de esgoto sanitário, por meio da criação e implementação de regras de verificação de modelos BIM, com base na norma técnica brasileira. Uma forma de implementação proposta utiliza o programa Solibri Model Checker (SMC). Em casos nos quais a verificação não foi possível de ser implementada no SMC, criou-se uma rotina automatizada para analisar o modelo. Os resultados mostram que regras simples e relacionadas a propriedades de elemento ou componente do modelo podem ser parametrizadas no SMC, permitindo uma correção mais rápida e dinâmica por parte dos projetistas e coordenadores de projeto. Para regras mais complexas, o usuário convencional não tem como contornar as limitações do SMC, já que este não possui uma interface aberta de acesso às suas funcionalidades. Conclui-se que a verificação de projetos de sistemas prediais de esgoto sanitário ainda carece de ferramentas e regras de verificação adequados para extrair todo o potencial dos processos BIM.

Palavras-chave: Building Information Modeling (BIM). Solibri Model Checker (SMC). Industry Foundation Classes (IFC). Regras de verificação. Sistemas prediais de esgoto sanitário.

ABSTRACT

The design process proposed by the Building Information Modeling (BIM) enables, among other benefits, a better visualization of the interaction of the building subsystems. However, the analysis of these subsystems in the BIM is limited. The aim of this work is to present a solution for the building sewage systems project verification, through the creation and implementation of verification rules of BIM models, based on the Brazilian standard. One way of implementing proposal uses Solibri Model Checker program (SMC). In cases in which checking could not be implemented in the SMC, it was created an automated routine to analyze the model. The results show that simple rules and the related properties of element or component of the model can be parameterized in the SMC, allowing a more rapid and dynamic correction by designers and project coordinators. For complex rules, the conventional user has no way to overcome the limitations of the SMC, since this does not have an open interface to access its features. Therefore, it is concluded that the verification

¹ TAKAGAKI, Carolina; OLIVEIRA, Lúcia; CORRÊA, Fabiano. Regras de verificação de modelos BIM para projetos de sistemas prediais de esgoto sanitário. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

of sewage systems designs still lacks adequate verification rules and tools to extract the full potential of the BIM processes.

Keywords: Building Information Modeling (BIM). Solibri Model Checker (SMC). Industry Foundation Classes (IFC). Verification rules. Sewage building systems.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos os sistemas prediais tiveram diversos avanços tecnológicos que merecem destaque, principalmente quanto a novos materiais, componentes, sistemas e processos de execução. Portanto, há a necessidade de avanço também no modo como os projetos são desenvolvidos.

Em geral, cada subsistema do edifício é projetado por um profissional de uma área de atuação específica e cabe ao coordenador de projetos a compatibilização das diversas disciplinas do projeto, uma vez que surgem inúmeros conflitos devido à falta de cooperação entre os envolvidos no processo. Isso ocorre em função de um fluxo contínuo de troca de informações e interdependência entre os envolvidos (RUSCHEL *et al.*, 2013).

Apesar de as tecnologias de informação já estarem sendo utilizadas no setor da construção, o desafio é explorá-las com foco na melhoria do processo como um todo. A baixa utilização de tecnologias de informação que automatizem os processos é apontada como um dos entraves do setor da construção com relação à automação e integração de seus processos.

Neste sentido, o emprego do processo de projeto segundo a Modelagem da Informação da Construção ou BIM (EASTMAN *et al.*, 2011) pode interligar os diversos subsistemas de uma edificação, uma vez que engloba todo o ciclo de vida da construção por meio de sua modelagem integrada.

Com relação à elaboração de um projeto, toda edificação deve ter seu projeto e execução em conformidade com as normas técnicas, leis e regulamentos. Para atender às normas técnicas, é necessário verificar inúmeros elementos, suas propriedades e a relação entre eles. Atualmente, esta verificação é realizada manualmente por projetistas e coordenadores de projetos.

Devido aos diferentes profissionais envolvidos no desenvolvimento de um projeto, as informações também estão em formatos distintos. Por isso, é necessário garantir que haja fluidez dos fluxos de informações e interoperabilidade entre as diferentes disciplinas de projeto. Busca-se obter esta compatibilidade por meio do IFC (Industry Foundation Classes), que surgiu como o formato público e universal que representa uma das maneiras mais eficientes e conhecidas de interoperabilidade no BIM (buildingSMART, 2014).

Neste contexto, a criação de regras computacionais a partir de normas técnicas e de boas práticas de projeto pode simplificar e automatizar a verificação e a compatibilização de projetos de subsistemas do edifício. O BIM pode auxiliar neste processo. Apesar da existência de alguns softwares,

como o Solibri (SOLIBRI, 2014), para verificação automática de regras gerais, o Brasil ainda não dispõe de verificação automática para sistemas prediais hidráulicos e sanitários.

Assim, o objetivo deste trabalho é desenvolver regras de verificação e de validação de modelos BIM para projetos de sistemas prediais de esgoto sanitário com base na NBR8160 (ABNT, 1999) e em boas práticas de projeto, tendo em vista facilitar o trabalho de coordenadores de projetos.

2 VERIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DE MODELOS BIM

Dentro do processo de projeto em BIM, o coordenador de projeto usa uma ferramenta computacional para integrar os diversos subsistemas que compõe o edifício. Neste ambiente virtual de integração, é possível visualizar interferências geométricas entre os diferentes subsistemas e submeter o projeto a um conjunto de regras para verificar a sua adequação aos requisitos recomendados por normas técnicas, regulamentos ou por boas práticas no setor da construção. No entanto, não existe atualmente um conjunto de regras de verificação de sistemas prediais, que correspondam às recomendações das normas técnicas brasileiras, para que o projeto seja verificado automaticamente.

Algumas pesquisas utilizaram o BIM para a automatização de regras de verificação de projetos de subsistemas de uma edificação. Zhang *et al.* (2013), Inhan *et al.* (2013) e Dimyadi *et al.* (2008) desenvolveram pesquisas de verificações de regras para projetos de combate a incêndio, enquanto Wu *et al.* (2004) e Lee (2010) desenvolveram pesquisas referentes a verificação de acessibilidade e circulação. Todas estas pesquisas utilizaram o BIM para a automatização de regras.

No entanto, com relação a sistemas prediais hidráulicos e sanitários, segundo Costa *et al.* (2014), há poucas publicações sobre BIM disponíveis nas bases de dados nacionais e internacionais. Esta é a contribuição deste trabalho para o tema, tendo em vista os benefícios que o BIM proporciona no desenvolvimento de projetos.

2.1 Industry Foundation Classes - IFC

No setor da construção a informação tende a se tornar cada vez mais complexa e abundante, uma vez que cada profissional usa um software diferente e é responsável por um sistema específico. Assim, é necessário um modelo de dados não-proprietário que viabilize a troca de informação entre ferramentas distintas. Para contornar tal problema, foi criado o IFC (MARTINS, 2009).

O IFC tem como escopo todo o ciclo de vida da edificação, representando os elementos reais da construção e do processo construtivo por meio de objetos digitais.

Os modelos proprietários de cada subsistema produzidos podem se transformar pelas diferentes ferramentas de autoria em modelos IFC e serem

criadas regras e rotinas que verifiquem estes modelos para obter uma verificação automatizada do projeto.

2.2 Solibri Model Checker - SMC

A principal proposta do SMC é indicar potenciais problemas e conflitos na modelagem do projeto de uma edificação, melhorando a qualidade do modelo BIM e das informações nele contidas.

O SMC utiliza modelos BIM salvos em formato IFC e não aceita outros formatos de arquivos nativos de softwares BIM como Revit, ArchiCAD, VectorWorks e etc.

Além das verificações de interferência entre subsistemas, o SMC tem diversas outras funcionalidades, tais como (KHEMLANI, 2009):

- juntar diversos modelos e salvar em um único arquivo compactado;
- detectar conflitos com base em regras e, não somente, em geometria como o NavisWorks executa;
- possibilitar a visualização de modelos e “caminhar” pelo modelo;
- comparar duas versões de um modelo e ver as diferenças;
- gerar quantitativos; e
- elaborar relatórios e compartilhar resultados do modelo de verificação com outros programas.

2.2.1 Funcionamento do SMC

Apresenta-se a seguir a ferramenta “Gerenciador de regras”, que é responsável pelo desenvolvimento de regras no SMC; o modo para elaborar as regras de verificação; e o conceito de filtros de seleção, necessário para desenvolver filtros nas regras.

2.2.1.1 Gerenciador de regras

No gerenciador do conjunto de regras há diversas regras classificadas por disciplina, tais como: arquitetura, mecânica, elétrica e hidráulica. Pode-se, também, alterar parâmetros de regras, adicionar, remover, renomear, modificar descrições de regras e de conjunto de regras.

Para criar as regras de sistemas prediais hidráulicos e sanitários é necessária a utilização de regras genéricas. Em sua maioria, as regras existentes referem-se à geometria dos objetos e à verificação de suas propriedades, ou seja, interseção de componentes, distância entre componentes, existência de certa propriedade, componente em contato com outro componente etc. A existência destas regras genéricas e parametrizáveis permite a criação das regras propostas neste trabalho.

2.2.1.2 Desenvolvimento de regras

O SMC contém uma biblioteca de regras prontas, porém a maioria dessas regras gerais do SMC referem-se à verificação de acessibilidade e de sistemas de combate à incêndios. Ressalta-se que muitas regras não podem ser adaptadas para outras disciplinas de projeto.

É possível criar uma regra customizada utilizando as regras padrões e criar todas as suas interações necessárias adicionando, removendo ou modificando parâmetros de uma regra pré-existente.

2.2.1.3 Filtros de seleção

Os filtros são importantes na criação de novas regras no SMC. Eles selecionam somente os componentes específicos com base em uma condição de sub-regras para aprofundar a verificação (LIPP, 2015).

Os modelos utilizados para as análises deste trabalho utilizam a geometria sólida extrudada. Esta é a representação usual utilizada na compatibilização de arquivos gerados por softwares como Autodesk Revit e DDS-CAD para o formato IFC. Algumas verificações podem necessitar de ajustes, caso a representação geométrica tenha outra representação.

2.3 Classificação e elaboração das regras de verificação

As regras de verificação podem ser classificadas de diversas formas. Solihin e Eastman (2015), com base na complexidade das mesmas, propõem a classificação descrita a seguir.

2.3.1 Classe 1 - Regras que requerem um ou alguns dados específicos

Estas regras são informações que estão contidas nos parâmetros do projeto. São regras de pouca complexidade e de simples verificação. São, em geral, regras para a verificação de medidas de comprimentos e diâmetros, posicionamento de um elemento, de elementos em contato e de existência de componentes.

2.3.2 Classe 2 - Regras que requerem um valor derivado simples

As regras desta classe necessitam de valores derivados de informações de entidades contidas no projeto. Exemplos típicos desta classe são regras que necessitam de dados derivados, como distância entre dois componentes. Neste caso, a distância não está explícita nos dados do projeto, porém ela pode ser calculada de forma simplificada com dados disponíveis no projeto. São, em geral, regras de verificação de distância entre elementos, de localização de elementos e de cotas de elementos.

2.3.3 Classe 3 – Regras que requerem uma estrutura de dados complexa

Estas regras requerem uma estrutura maior de dados com semântica complexa, ou seja, estes dados não são simples de serem obtidos e é necessário explorar as relações entre os elementos.

Estas regras somente podem ser desenvolvidas com o auxílio de ferramenta externa ao SMC ou com a associação de ambas, pois o SMC não extrai as informações necessárias para as verificações propostas.

As ferramentas externas ao SMC são os programas computacionais de verificação que utilizam as informações contidas no modelo IFC para que exerçam funções não disponíveis no SMC. A elaboração das regras da classe 3 possibilita a verificação de declividade de elementos, do parâmetro diâmetro e de elementos conectados um ao outro, de distância e comprimento de componentes, da distância entre elementos, da existência de elementos no sistema e da verificação referente à localização de elementos.

2.3.4 Classe 4 - Regras que requerem uma “prova de solução”

As regras da classe 4 são regras mais complexas que requerem uma “prova de solução”, ou seja, as verificações destas regras podem resultar em uma sugestão para a solução de possíveis problemas do projeto.

3 METODOLOGIA

Para a obtenção dos resultados, o trabalho foi desenvolvido por meio das seguintes etapas:

- levantamento de critérios de projeto, recomendados pela norma de sistemas prediais de esgoto sanitário NBR 8160 (ABNT, 1999);
- desenvolvimento das regras de verificação por meio do SMC; as informações necessárias para a execução das regras são extraídas do modelo BIM, que está no formato IFC; e
- validação das regras: o software executa cada uma das regras pertinentes ao conteúdo do projeto e tem como resultado a conformidade ou não dos diversos elementos do projeto com relação à norma de sistemas prediais de esgoto sanitário – NBR 8160 (ABNT, 1999).

Com os critérios de projeto, recomendados pela NBR 8160 (ABNT, 1999), foram identificados os que podem ser verificados no software SMC.

Os dados referentes aos sistemas prediais de esgoto sanitário foram obtidos por meio do projeto em formato IFC. Para analisar a aplicabilidade das verificações, foram feitos testes com modelos em IFC.

As regras foram criadas com a utilização do software SMC, com o objetivo de identificar o limite de sua trabalhabilidade.

O desenvolvimento das regras de verificação de projetos, tendo como base

a NBR 8160 (ABNT, 1999) e informações de projetistas, possibilita avaliar a sua adaptabilidade com relação à parametrização na criação de regras e verificar as suas limitações na elaboração das mesmas. Além disso, propõe-se o que pode ser desenvolvido com ferramentas que não o SMC, para auxiliar a verificação automática das regras propostas.

4 RECOMENDAÇÕES NORMATIVAS

São apresentadas quinze recomendações relativas ao sistema predial de esgoto sanitário e elaboradas com base na NBR 8160 (ABNT, 1999), que podem ser empregadas para automatizar a avaliação de projetos por meio do BIM. Muitas das recomendações normativas são amplas, vagas e abstratas, que podem gerar diferentes interpretações e não são possíveis de serem analisadas por um computador, pois dependem muito mais da percepção e análise do profissional. Assim, foi possível desenvolver, nesta etapa da pesquisa, as quinze verificações apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Resumo das verificações dos sistemas prediais de esgoto sanitário

Verificações		
Sistema Predial de Esgoto Sanitário		
	Dados de entrada	Fórmula de verificação
1	Cotas montante e jusante, trecho de tubulação e distância entre estes pontos	Declividade $\geq 1\%$; sendo Declividade = $((Cota1) - (Cota2))/(Distância \times 100)$
2	Cotas montante e jusante de tubo e distância entre estes pontos no eixo das abcissas (x)	Declividade $\leq 5\%$; sendo Declividade = $((Cota1) - (Cota2))/(Distância \times 100)$
3	Diâmetro da tubulação de ventilação, ramal de esgoto e ramal de descarga	Diâm.tub.ventilação \leq Diâm.ramal esgoto ou ramal descarga
4	Existência do prolongamento do tubo de ventilação e sua altura e localização da extremidade aberta	Extrem. aberta distância $\geq 4m$ de janelas, portas ou vãos; e altura prolong. $> 2m$ acima da cobertura ou prolong. $> 0,3m$.
5	Diâmetro tubo a montante e diâmetro do tubo a jusante	Diâm. montante \leq Diâm. jusante
6	Distância mínima entre caixa de inspeção e tubo de queda	Distância entre caixa de inspeção e tubo de queda $\geq 2m$
7	Diâmetro da coluna de ventilação, ligações à coluna e localização da extremidade superior	Diâmetro uniforme; ligada a subcoletor ou tubo de queda
8	Comprimento coletor predial	Comprimento $< 15m$
9	Diâmetro coletor predial	Diâmetro $> 100mm$
10	Distância entre desconector e o tubo ventilador	Diâmetro conforme tabela 5.1 da NBR 8160 (ABNT,1999)
11	Distância entre dois dispositivos de inspeção	Distância entre dispositivos < 25 metros
12	Comprimento do trecho entre um ramal de descarga e um ponto de inspeção	Comprimento do trecho < 10 metros.

13	Distância entre ligação do coletor predial e dispositivo de inspeção mais próximo	Distância < 15 metros
14	Ligações do ramal de esgoto do piso térreo	Ramal de esgoto ligado tubo independente direto à caixa de inspeção e não a tubo de queda
15	Diâmetro ramal de descarga	Diâmetro conforme tabela 5.2

Fonte: Os autores (2016)

5 REGRAS DE VERIFICAÇÃO

As regras de verificação, apresentadas neste item, têm como base as recomendações normativas do item 4.

As regras são inicialmente desenvolvidas e implementadas no SMC. Quando não foi possível fazer tal implementação, devido à interface limitada de construção de regras no SMC, implementou-se as mesmas numa rotina automática externa, ou seja, foram criados programas computacionais de verificação empregando conceitos de armazenamento de dados do IFC para a obter as informações necessárias destas verificações.

O Quadro 2 apresenta as regras de verificação das recomendações da classe 1, propostas para sistemas prediais de esgoto sanitário.

Quadro 2 – Regras de verificação da classe 1 para sistemas prediais de esgoto sanitário

Classe 1	
Verificação do parâmetro comprimento	Verificação do parâmetro diâmetro
Recomendação 8: Comprimento do coletor predial	Recomendação 9: Diâmetro mínimo do coletor predial
	Recomendação 15: Diâmetro mínimo do ramal de descarga

Fonte: Os autores (2016)

O Quadro 3 apresenta as regras de verificação das recomendações da classe 2, propostas para sistemas prediais de esgoto sanitário.

Quadro 3 – Regras de verificação da classe 2 para sistemas prediais de esgoto sanitário.

Classe 2	
Verificação de distância entre elementos	Verificação da localização de elementos
Recomendação 10: Distância máxima de desconector ao tubo ventilador	Recomendação 14: Ramal de esgoto do pavimento térreo

Fonte: Os autores (2016)

O Quadro 4 apresenta as regras de verificação das recomendações da classe 3, propostas para sistemas prediais de esgoto sanitário.

Quadro 4 – Regras de verificação da classe 3 para sistemas prediais de esgoto sanitário (continua)

Classe 3		
Verificação de declividade de elementos	Verificação do parâmetro diâmetro e de elementos conectados um ao outro	Verificação de distância e comprimento de componentes
Recomendação 1: Declividade mínima	Recomendação 3: Diâmetro do ramal de ventilação de esgoto menor ou igual ao do ramal de esgoto ou de descarga	Recomendação 4: Prolongamento do tubo de ventilação
Recomendação 2: Declividade máxima de 5%	Recomendação 5: Diâmetro a montante menor ou igual a jusante nas tubulações	Recomendação 6: Distância mínima entre caixa de inspeção e tubo de queda

Fonte: Os autores (2016)

Quadro 4 – Regras de verificação da classe 3 para sistemas prediais de esgoto sanitário (conclusão)

Classe 3		
Verificação de declividade de elementos	Verificação do parâmetro diâmetro e de elementos conectados um ao outro	Verificação de distância e comprimento de componentes
	Recomendação 7: Coluna de ventilação	Recomendação 11: Caixas e componentes de inspeção
		Recomendação 12: Distância entre ramal de descarga e de esgoto e dispositivos de inspeção
		Recomendação 13: Distância entre ligação do coletor predial e dispositivo de inspeção mais próximo

Fonte: Os autores (2016)

Neste trabalho não são propostas regras de verificação da classe 4, pois elas requerem maior complexidade na verificação de regras e o SMC não é capaz de verificar tais regras por meio de suas ferramentas atuais.

6 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Ao analisar projetos de diversos profissionais, notam-se diferentes informações. Alguns projetos são detalhados e organizados, enquanto outros apresentam diversas inconsistências. Isto dificultou a verificação de regras, pois não há um padrão nos projetos e, inicialmente, foi necessário alterar os projetos para depois realizar as verificações. Para analisar a verificação das

recomendações normativas, padronizaram-se todas as informações contidas no projeto de modo a facilitar a utilização dos mesmos nas verificações.

Ressalta-se a importância, portanto, da existência de diretrizes de modelagem dentro dos processos BIM e a necessidade de projetos com informações claras, concisas e padronizadas.

Com relação à análise do SMC, como ferramenta para a elaboração de regras de verificação de sistemas prediais de esgoto sanitário, ele se mostrou restrito, principalmente, com as regras de verificação das classes 3 e 4, que exigem uma estrutura de dados mais complexa. As regras de verificação das classes 1 e 2, que são regras em que os parâmetros estão contidos no projeto ou são facilmente calculadas, foram possíveis de serem elaboradas no SMC.

As verificações de sistemas prediais de esgoto sanitário são limitadas à adaptação de regras gerais do SMC, o que restringe o desenvolvimento destas regras de verificação propostas neste trabalho.

As regras simples de comparação e de propriedades podem ser parametrizadas no SMC e apresentam resultados de fácil visualização, o que permite agilizar a correção de projetos por parte de projetistas e de coordenadores de projeto.

Enfim, o SMC possui ferramentas e propriedades para a verificação de regras mais simplificadas, enquanto que regras mais complexas exigem o processamento do arquivo IFC com rotinas computacionais externas, como opção viável quanto à automatização de verificação de regras.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho tem como foco a verificação de projetos de sistemas prediais de esgoto sanitário, de acordo com NBR 8160 (ABNT, 1999) e o software BIM escolhido para isto foi o SMC. Pode-se afirmar que:

- é possível desenvolver regras de verificação de projetos de sistemas prediais de esgoto sanitário no SMC, porém elas são limitadas a regras de comparações e análises simples de parâmetros;
- o SMC mostrou-se, em geral, um software limitado na verificação de regras em sistemas prediais de esgoto sanitário;
- com relação ao BIM, observa-se que não há uma padronização dos modelos. Há uma grande diferença entre o nível de informação e a forma como elas são armazenadas em cada modelo. O modelo deve vir com as propriedades corretas para que seja possível fazer certas verificações, ou seja, a informação já deve estar no parâmetro correto, desde a sua modelagem.

REFERÊNCIAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8160**: Sistemas Prediais de Esgoto Sanitário - Projeto e Execução. Rio de Janeiro, 1999.

buildingSMART. 2014. Internacional home of open BIM. Disponível em: <<http://www.buildingsmart-tech.org/>>. Acesso em: 01 de setembro de 2014.

COSTA, C.H.A; STAUT, S.L.S.; ILHA, M.S.O. Projeto de sistemas prediais hidráulicos sanitários com BIM: Mapeamento da literatura. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2014, Maceió. **Anais...** Maceió, 2014, p.2760-2769.

DIMYADI, J.; AMOR, R.; SPEARPOINT, M. Sharing Building Information using the IFC Data Model for FDS Fire Simulation. In: 9TH IAFSS SYMPOSIUM ON FIRE SAFETY SCIENCE. **Proceedings...**Alemanha, 2008.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. BIM Handbook – A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. 2a. ed. New Jersey, 2011.

INHAN, K.; JUNGSIK, C.; GEUNHA, C. Development of Rule-based Checking Modules for the Evacuation Regulations of Super-tall Buildings in Open BIM Environments. **Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers**, v. 18, n. 2, p. 83-92, 2013.

KHEMLANI, L. **Solibri Model Checker**: AECbytes Product Review. AECbytes. 2009. Disponível em: <<http://www.aecbytes.com/review/2009/SolibriModelChecker.html>>. Acesso em: 02 de agosto de 2013.

LEE, J. **Automated checking of building requirements on circulation over a range over a range of design phases**. Dissertation. Georgia Institute of Technology, 2010.

LIPP, J. Self-configuring rulesets. 2015. Disponível em: <<https://solibri.wordpress.com/tag/self-configuring-rulesets/>>. Acesso em: 26 out. 2015.

MARTINS, J.P. Modelação do Fluxo de Informação no Processo de Construção - Aplicação ao Licenciamento Automático de Projectos. 2009. 437 f. Tese de Doutorado - Universidade do Porto, Portugal. 2009.

RUSCHEL, R.; VALENTE, C.; CACERE, E.; QUEIROZ, S. O papel das ferramentas BIM de integração e compartilhamento no processo de projeto na indústria da construção civil. **REEC Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, Goiânia, v. 7, n. 3, p. 36-54, 2013. Disponível em: <<http://revistas.ufg.emnuvens.com.br/reec/article/view/27487>>. Acesso em: 03 dez. 2014.

SOLIBRI. Solibri Model Checker, v9, 2014. Disponível em: <<http://www.solibri.com/products/solibri-model-checker/>>. Acesso em: 03 dez. 2014.

SOLIHIN, W.; EASTMAN, C. Classification of rules for automated BIM rule checking development. **Automation in Construction**, Elsevier, v. 53, p. 69–82, 2015.

WU S.; LEE W.; KOH, G.; AOUAD, G.; FU, C. An IFC-based space analysis for building accessibility layout for all users. **Construction Innovation**, v.4, n.3, p. 129-141, 2004.

ZHANG, S., TEIZER, J., LEE, J., EASTMAN, C.; VENUGOPAL, M., 2012, Building Information Modeling (BIM) and Safety: Automatic Safety Checking of Construction Models and Schedules. **Automation in Construction**, Elsevier, v.29, p.183-195, 2013.