VIRTUALIZAÇÃO INTELIGENTE
NO PROJETO E NA CONSTRUÇÃO
2º Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção
UNICAMP | 19 a 21 de agosto

BIM NA VERIFICAÇÃO DE REQUISITOS DO PROCEL EDIFICA

BIM to verify PROCEL EDIFICA requirements

Eduardo Ribeiro dos Santos
Universidade Federal do Rio de Janeiro | Rio de Janeiro, RJ | eduardo@d5cursos.com.br

Mônica Santos Salgado
Universidade Federal do Rio de Janeiro | Rio de Janeiro, RJ | monicassalgado@ufrj.br

RESUMO

O processo de projetos de edifícios tornou-se mais complexo ao longo dos anos, considerando o crescente número de disciplinas necessárias para a construção do ambiente construído. Além disso, há muitos desafios relacionados à realização de requisitos sustentáveis. No Brasil, o Governo Federal lançou em 2003 um programa específico dedicado a promover a eficiência energética em edifícios: PROCEL EDIFICA. Este selo apresenta uma gama de exigências que devem ser consideradas pelos arquitetos, a fim de garantir o desempenho energético adequado das edificações. No entanto, os procedimentos para verificar se esses parâmetros foram adequadamente incorporados ao projeto não são simples. Nesse sentido, é relevante considerar o processo de verificação automatizada usando a plataforma BIM (Building Information Modeling). Este artigo apresenta os resultados de uma pesquisa que visa demonstrar as possibilidades oferecidas pela plataforma BIM na verificação dos requisitos propostos pelo selo Procel Edifica. Resultados apontam para uma metodologia de gestão e construção de arquitetura que considera a verificação automatizada, a fim de facilitar o processo de projeto de arquitetos e engenheiros

Palavras-chave: BIM, Processo de Projeto, Sustentabilidade, Procel Edifica

ABSTRACT

Building design process has become more complex over the years, considering the increasing number of disciplines necessary for the construction of built environment. In addition, there are many challenges related to the accomplishment of sustainable requirements. In Brazil, the Federal Government has launched on 2003 a specific program dedicated to promote efficiency energy in buildings: PROCEL EDIFICA. This seal presents a range of exigencies that must be considered by architects in order to guarantee proper energy performance of buildings. However, the procedures to verify if those parameters have been properly incorporated to the building design are not simple. In this sense, it is relevant to consider the automated verification process using BIM (Building Information Modeling) Platform. This paper presents the results of a research that aims to demonstrate the possibilities offered by the BIM platform in the verification of the requirements proposed by the seal Procel Edifica. Results points to a methodology for architecture management and construction that considers the automated verification, in order to ease architects and engineers design process

Keywords: BIM, Design Process, Sustainability, Procel Edifica

1 INTRODUÇÃO

As discussões sobre os avanços nas Tecnologias de Informação e Comunicação revelam mudanças no setor da construção, que se estendem desde a definição de novas estratégias de trabalho, até a produção de energia verde e gestão da construção. No que se refere às metodologias voltadas ao auxílio à elaboração de projetos com qualidade ambiental, cabe destacar o potencial da modelagem digital como forma de antecipar o desempenho da edificação e permitir ajustes antes do início da obra, com a possibilidade de realizar simulações de desempenho, ainda na fase de concepção.

As aplicações oferecidas por BIM podem contribuir enormemente nesse processo, dentre as funcionalidades está o Code Checking (SUCCAR et al., 2016), onde as regras computacionais podem ser utilizadas para análise de projetos com mínima intervenção do usuário, proporcionando um valor significativo para a indústria da construção (SOLIHIN e EASTMAN, 2016).

No Brasil, o Governo do Estado de Santa Catarina, desde 2014, vem promovendo ações para a implementação de tecnologias BIM. Entre as ações está o uso de verificação de regras para submissão e aprovação do projeto de acordo com as normas de construção do Corpo de Bombeiros e Vigilância Sanitária (CAMPOS, 2016).

SANTOS, E. R.; SALGADO, M. S. BIM NA VERIFICAÇÃO DE REQUISITOS DO PROCEL EDIFICA. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 2, 2019, Campinas. **Anais [...].** Porto Alegre: ANTAC, 2019. Disponível em: https://antaceventos.net.br/index.php/sbtic/sbtic2019/paper/view/149

Em relação à qualidade ambiental das edificações, o interesse pelos sistemas de classificação deu origem a metodologias diferentes. Em 2003 o Governo Federal lançou o Selo PROCEL Edifica, um instrumento de adesão voluntária que tem por objetivo principal identificar as edificações que apresentem as melhores classificações de eficiência energética em uma dada categoria. As certificações estrangeiras LEED e HQE também foram adotadas pelos empresários brasileiros. O HQE (francês) foi traduzido para a certificação AQUA (Alta Qualidade Ambiental).

Entende-se a contribuição que o uso do modelo BIM pode trazer ao processo de projeto na verificação dos parâmetros qualitativos de desempenho ambiental. Com o objetivo de testar essa hipótese, o presente artigo apresenta os resultados de um experimento onde o modelo BIM de uma edificação foi avaliado conforme os requisitos definidos pelo Selo PROCEL Edifica. Nesse sentido, cabe destacar o potencial da Plataforma BIM que pode auxiliar os arquitetos na adoção da certificação e verificação dos parâmetros ao longo do processo de projeto.

2 BIM - BUILDING INFORMATION MODELING

Inicialmente chamado de Building Description System (EASTMAN, 1975), que consistia simplesmente em um sistema para descrever o grande número de elementos e suas combinações que poderiam aproximar a representação ideal da construção, o BIM evoluiu para uma técnica de modelagem paramétrica orientada a objeto através da informações (AZHAR et al., 2012), onde as informações inseridas no objeto ou elemento estão ligadas ao seu desenvolvimento.

Para medir o real uso do modelo BIM ao longo do ciclo de vida do projeto, é necessário apurar a capacidade de usar o potencial oferecido pela plataforma BIM no desenvolvimento dos projetos, onde o sucesso de sua implementação e de seu uso efetivo depende não apenas das ferramentas e tecnologias utilizadas, mas também dos usuários, equipes e organização (LIN et al., 2015).

De acordo com SUCCAR (2010), existem três estágios de capacidade BIM. Primeiramente, é necessário que o produto final seja uma modelagem baseada em objetos desenvolvida por ferramentas BIM. A segunda está relacionada à colaboração baseada em modelos. A terceira, a integração baseada em rede. Há também dois outros estágios, um que precede, chamado Pré-BIM, que representa o status antes da implementação de BIM; e Pós-BIM, que é a representação final e o objetivo em constante evolução para empregar ferramentas e conceitos que são virtualmente integrados com design, construção e operação.

Para dimensionamento do processo de projeto, não se pode apenas considerar a capacidade de entregar um modelo ou a forma de desenvolvê-lo, mas também o nível de maturidade relacionada com a qualidade e o estado de melhoria de um produto BIM. O nível de maturidade inicia-se usando arquivos CAD 2D para a documentação, que não possui informações associadas aos objetos, sendo considerado como nível 0. No nível 1, modelos constituídos de objetos são usados com associação semântica para visualização 3D, geração de representação gráfica 2D automatizada e uma colaboração de arquivos, mas sem integração dos dados de projeto. No nível 2, as disciplinas são gerenciadas separadamente, e o ambiente 3D é usado para análise cruzada e colaboração, onde são feitas por meio de conexões proprietárias ou extensões abertas. No último nível, 3, integração de processos e dados estão completamente abertos, habilitados por "serviços Web" compatíveis com os padrões IFC, gerenciados por um servidor de modelo colaborativo empregando processos de engenharia simultâneos. (GCCG, 2011)

Santos (2018) apresenta na tabela 1 os requisitos para a obtenção da capacidade e maturidade de acordo com seus níveis de evolução, pois para atingir o objetivo esperado definido pelo uso do modelo BIM, ambos os critérios devem ser trabalhados em conjunto.

Tabela 1. Níveis de capacidade e maturidade em BIM

	Capacidade	Maturidade	Considerações
PRÉ-BIM (N0)	Utilização de ferramentas CAD.	A documentação não tem informações associadas a objetos.	
N1	Modelagem baseada em objeto desenvolvida por ferramentas como ARCHICAD, Revit e Vectorworks	Visualização em 3D; Representação gráfica 2D automatizada.	Nenhuma integração de dados de projeto.
N2	Projeto de colaboração multidisciplinar baseado em modelo	Ambiente 3D para análise cruzada e colaboração; Utilização de recursos 4D e 5D; Análise de projeto por meio de recursos de parametrização.	Necessidade de gerenciar informações entre diferentes disciplinas.
N3	Integração baseada em rede.	A integração de processos e dados está completamente aberta, habilitada por "serviços Web" compatíveis com os padrões IFC.	
PÓS - BIM	Constante evolução para empregar ferramentas e conceitos que são virtualmente integrados com design, construção e operação		

Fonte: SANTOS, 2018.

3 SELO PROCEL

Em 2003 o Governo Federal lançou o selo PROCEL Edifica - um método desenvolvido para promover a concepção e construção de edifícios de baixa energia. Em edifícios comerciais, de serviços e públicos, são avaliados três sistemas: fachadas, iluminação e ar condicionado. O Selo Procel tem como principal objetivo identificar os prédios que apresentam as melhores classificações de eficiência energética em uma determinada categoria.

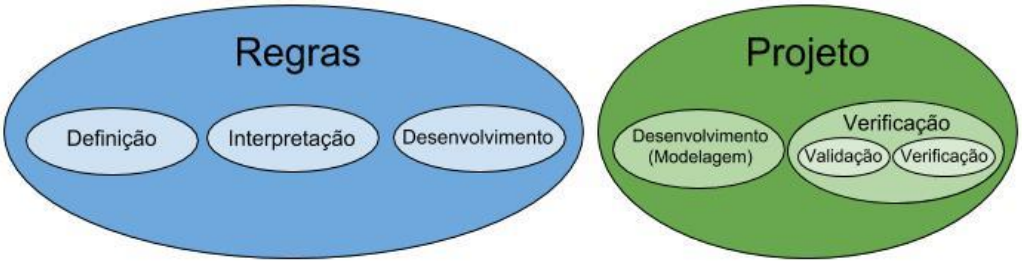
Desde 2014, o selo PROCEL Edifica passou a ser obrigatório para novos edifícios públicos e de adesão voluntária aos edifícios privados. Entretanto, embora o selo exista desde 2003, até dezembro de 2018 apenas 16 edifícios foram certificados em fase de projeto, e 29 edifícios construídos em todo o país. Esse número contrasta com as certificações estrangerias emitidas no mesmo período – 525 empreendimentos com certificado LEED e 286 com certificado AQUA-HQE. Acredita-se que a impossibilidade de avaliar automaticamente os parâmetros seja um entrave à ampla adoção do selo PROCEL Edifica.

O processo de classificação da eficiência energética é determinado pelos requisitos técnicos de qualidade para o nível de eficiência energética dos serviços comerciais, e edifícios públicos (RTQ-C) e o regulamento técnico de qualidade para o nível de eficiência energética dos edifícios residenciais (RTQ-R), além dos requisitos para a avaliação da conformidade do nível de eficiência energética dos edifícios (RAC). Quando o RTQ-C e o RTQ-R contêm os requisitos necessários para a classificação do nível de eficiência energética dos edifícios, e o RAC apresenta os procedimentos de apresentação para avaliação. Para este experimento, os parâmetros estabelecidos no RTQ-R (para edifícios residenciais) foram considerados na avaliação da ventilação natural e da ventilação cruzada.

4 VERIFICAÇÃO DE REQUISITOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Para a verificação dos requisitos, duas fases foram determinadas. A primeira é dedicada às REGRAS e o segundo para o PROJETO. A primeira é dividida em três estágios: DEFINIÇÃO de requisitos a serem verificados; INTERPRETAÇÃO dos requisitos; e DESENVOLVIMENTO das regras. A segunda consiste no DESENVOLVIMENTO do projeto e VERIFICAÇÃO dos requisitos, que possui duas etapas: VALIDAÇÃO e VERIFICAÇÃO. Este esquema é representado na imagem 1.

Imagem 1 – Fases do processo de verificação de requisitos de sustentabilidade.



Fonte: autores.

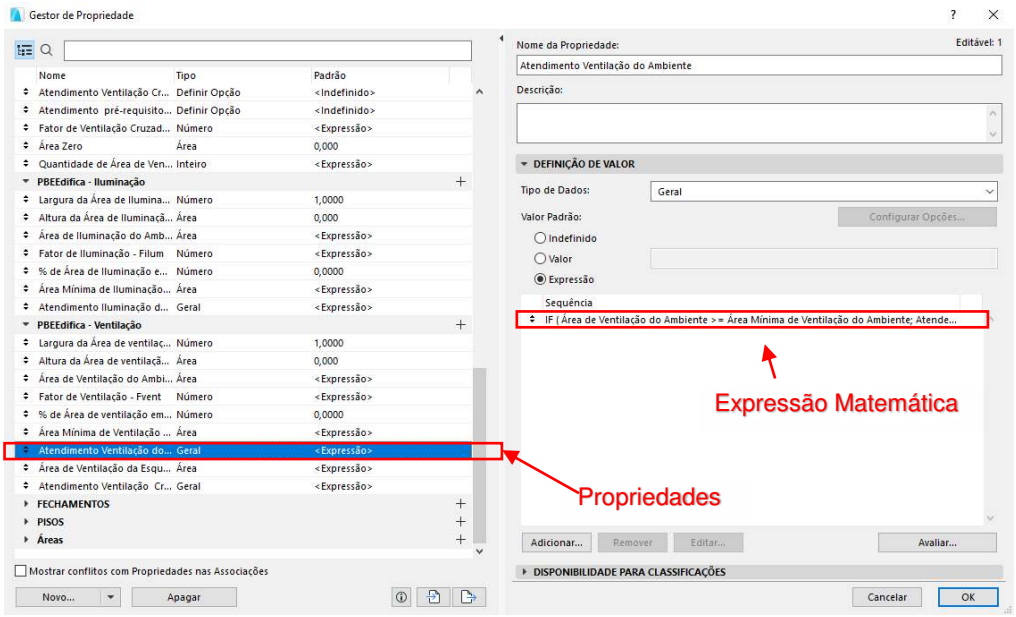
4.1 Fase de regras

Para a etapa de **DEFINIÇÃO**, os requisitos a serem verificados são a ventilação natural e a ventilação cruzada. A interpretação das regras é importante pois segundo Solihin e Eastman (2016), este "passo pode levar até 30% do tempo total para implementar uma regra", "porque a interpretação completa da regra envolve o conhecimento de especialistas humanos" e no processo de implementação das regras, esse conhecimento deve ser incorporado.

Em relação ao Procel, a informação importante a ser extraída do projeto é a área de abertura, calculada pelo fator de ventilação da abertura (Fvent), cujo resultado é a área de abertura das janelas descontando os vãos. Para a conformidade da ventilação natural, a soma das áreas de aberturas em cada ambiente deve ser maior ou igual a 8% da área útil do ambiente, para edifícios em zona bioclimática 3. Para a ventilação cruzada, deve-se encontrar a seguinte relação: A2/A1 ≥ 0,25, onde A1 é a soma da área de ventilação nas fachadas da orientação com a maior área de abertura e A2 é a soma da área de ventilação nas fachadas das demais orientações.

O desenvolvimento das regras deve ser realizado em um software que ofereça suporte a esse tipo de funcionalidade. Para este trabalho, utilizou-se o ARCHICAD na versão 22, pois este possibilita a criação propriedades com expressões matemáticas para a verificação dos requisitos, como mostra a imagem 2.

Imagem 2 – Propriedades com expressão matemática

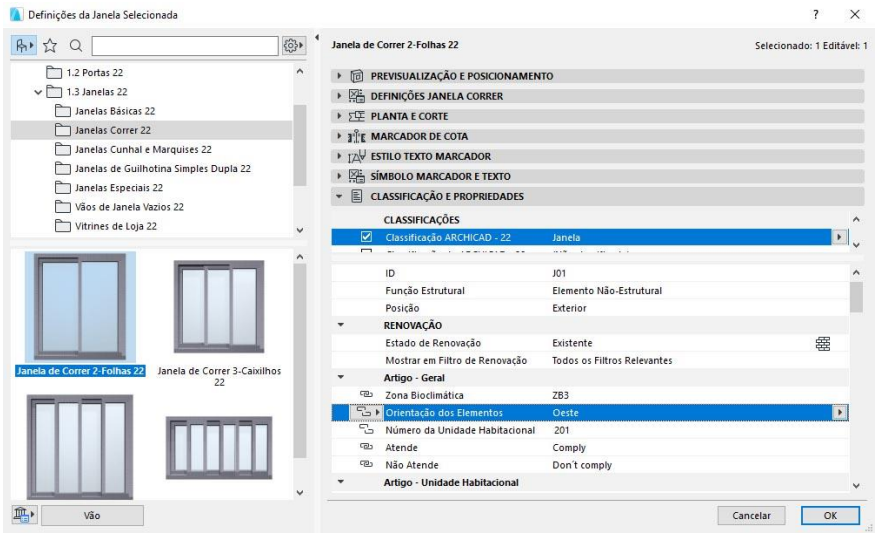


Fonte: autores.

4.2 Fase do projeto

Na primeira etapa, o projeto, desenvolvido em BIM, deverá conter informações mínimas necessárias para a verificação dos requisitos de sustentabilidade. Essas informações devem ser alocadas nos elementos de acordo com as regras criadas, como a orientação de uma janela: se Norte, Sul, Leste ou Oeste, como mostrado na imagem 3.

Imagem 3 – Janela de Definições de um elemento.



Fonte: autores.

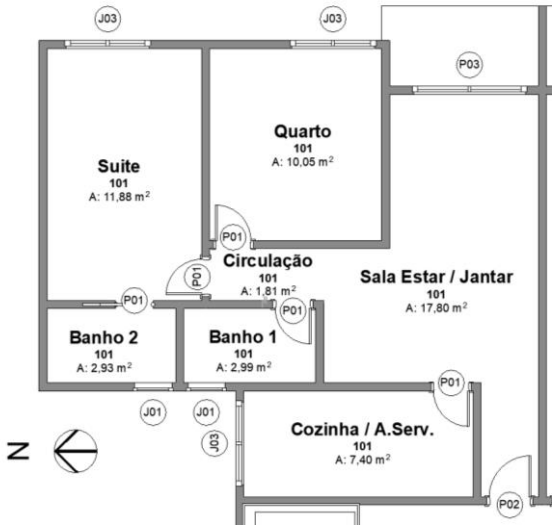
O projeto utilizado neste trabalho foi modelado no ARCHICAD, versão 22, no mesmo arquivo onde as regras de verificação foram criadas. É um edifício residencial multifamiliar, mostrado na imagem 4. As áreas úteis das unidades habitacionais ilustradas na imagem 5.

Imagem 4 – Edifício Residencial Multifamiliar



Fonte: autores.

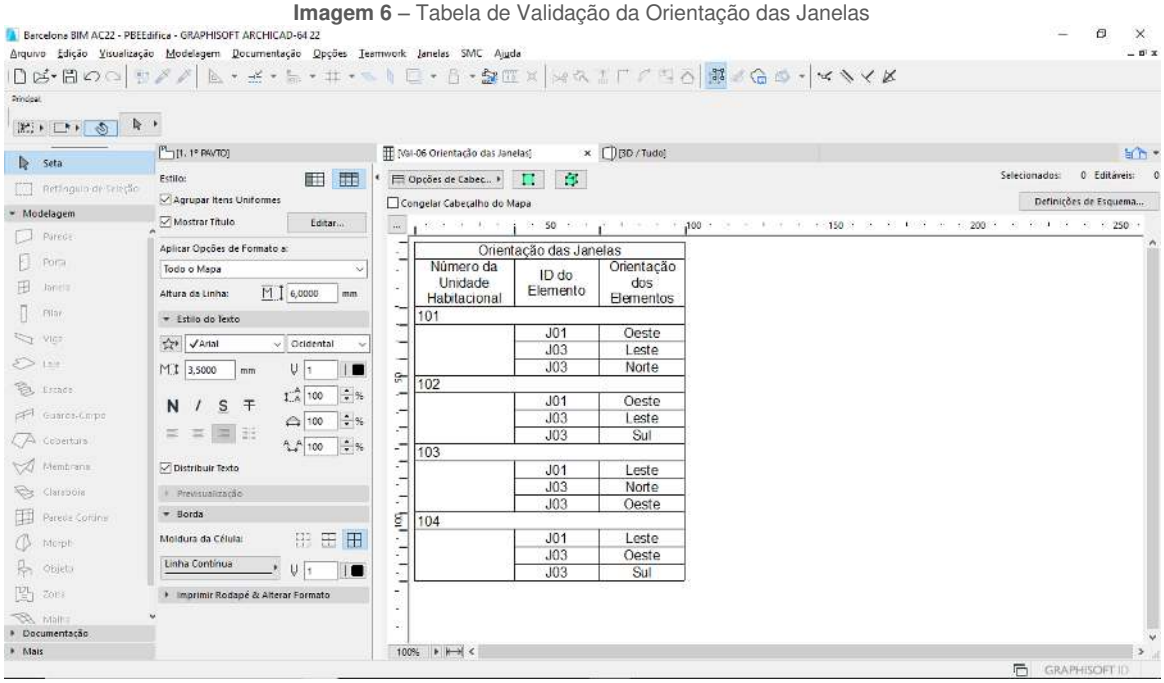
Imagem 5 – Unidade Habitacional



Fonte: autores.

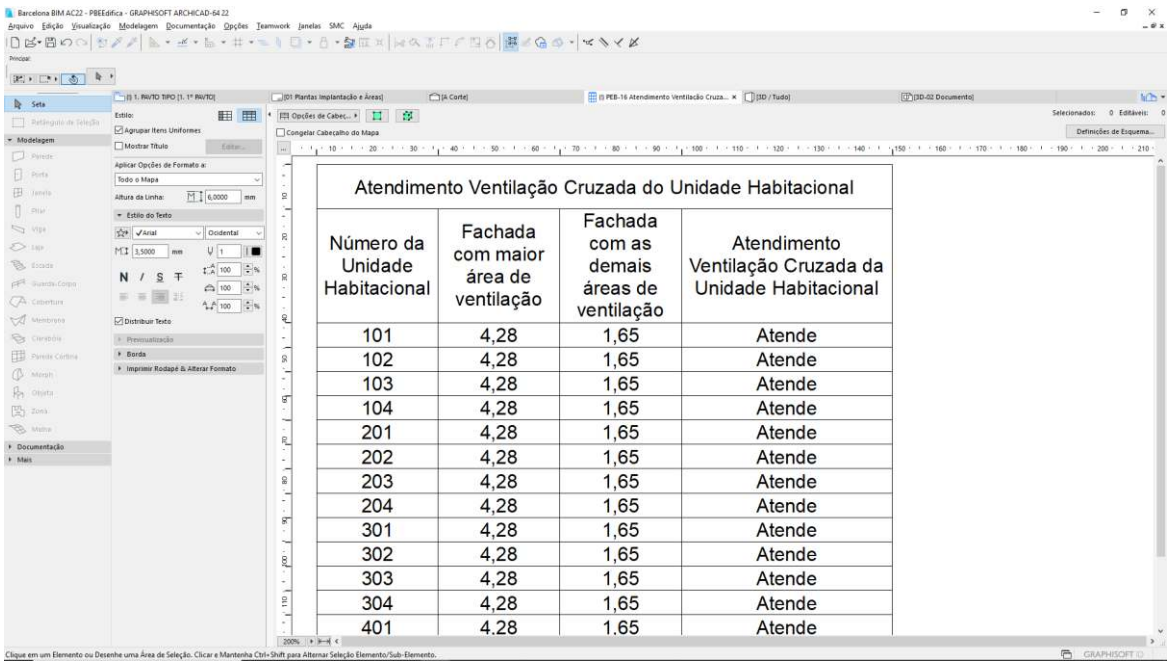
A etapa de verificação aconteceu em dois momentos: Primeiro, a validação das informações existentes no projeto, segundo Santos e Silvoso (2017) é através da validação de informação que é garantido se o modelo possui informações necessárias para a verificação dos requisitos. Os resultados são apresentados como mostrado na imagem 6, onde é verificado se as janelas possuem as informações de orientação. A segunda, de verificação, os resultados também são apresentados em formas de tabelas, como ilustra a imagem 7 e 8.

Imagem 6 – Tabela de Validação da Orientação das Janelas



Fonte: autores

Imagem 7 – Tabela de Verificação de Ventilação Cruzada

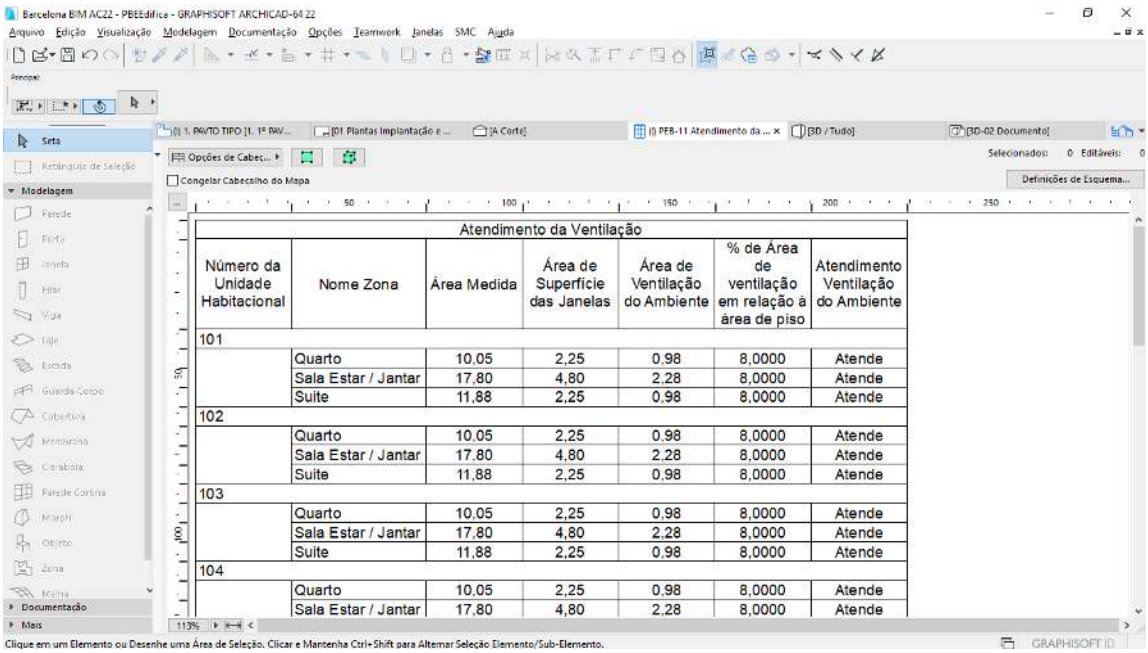


Atendimento Ventilação Cruzada do Unidade Habitacional

Número da Unidade Habitacional	Fachada com maior área de ventilação	Fachada com as demais áreas de ventilação	Atendimento Ventilação Cruzada da Unidade Habitacional
101	4,28	1,65	Atende
102	4,28	1,65	Atende
103	4,28	1,65	Atende
104	4,28	1,65	Atende
201	4,28	1,65	Atende
202	4,28	1,65	Atende
203	4,28	1,65	Atende
204	4,28	1,65	Atende
301	4,28	1,65	Atende
302	4,28	1,65	Atende
303	4,28	1,65	Atende
304	4,28	1,65	Atende
401	4,28	1,65	Atende

Fonte: autores

Imagem 8 – Tabela de Verificação de Ventilação Natural



Atendimento da Ventilação

Número da Unidade Habitacional	Nome Zona	Área Medida	Área de Superfície das Janelas	Área de Ventilação do Ambiente	% de Área de ventilação em relação à área de piso	Atendimento Ventilação do Ambiente
101						
	Quarto	10,05	2,25	0,98	8,0000	Atende
	Sala Estar / Jantar	17,80	4,80	2,28	8,0000	Atende
	Suíte	11,88	2,25	0,98	8,0000	Atende
102						
	Quarto	10,05	2,25	0,98	8,0000	Atende
	Sala Estar / Jantar	17,80	4,80	2,28	8,0000	Atende
	Suíte	11,88	2,25	0,98	8,0000	Atende
103						
	Quarto	10,05	2,25	0,98	8,0000	Atende
	Sala Estar / Jantar	17,80	4,80	2,28	8,0000	Atende
	Suíte	11,88	2,25	0,98	8,0000	Atende
104						
	Quarto	10,05	2,25	0,98	8,0000	Atende
	Sala Estar / Jantar	17,80	4,80	2,28	8,0000	Atende

Fonte: autores

5 CONCLUSÃO

A realização do experimento permitiu comprovar, o potencial da adoção da plataforma BIM ao lidar com a verificação dos requisitos do selo PROCEL EDIFICA por meio de regras automatizadas, principalmente em relação ao tempo de análise.

Ao utilizar o mesmo software para as duas fases definidas no processo, REGRAS e PROJETO, verificou-se que um dos benefícios é que a análise dos parâmetros acontece simultaneamente com o desenvolvimento do projeto, pois ao inserir uma janela em uma sala, por exemplo, é possível verificar se a área de ventilação natural está de acordo com o requisito a ser atendido. Como os resultados de conformidade de requisitos são apresentados em conjunto com a evolução do projeto, o profissional responsável pelo seu desenvolvimento pode tomar decisões com maior nível de precisão do que o processo de verificação tradicional que acontece manualmente, demonstrando que a plataforma BIM pode servir com um instrumento para apoiar a tomada de decisão projetual.

Mas, para que a verificação da regra ocorra de forma eficaz, é necessário que os profissionais envolvidos no processo estejam em nível de capacidade classificado como N1 e maturidade como N2.

REFERÊNCIAS

AZHAR, Salman; KHALFAN, Malik; MAQSOOD, Tayyab. BUILDING INFORMATION MODELING (BIM): NOW AND BEYOND. **Construction Economics and Building**, v. 12, n. 4, p. 15-28, 2012.

CAMPOS, Bruna Pacheco de. ANÁLISE DE PROJETOS AUTOMATIZADA. BIM - 2º Seminário Regional Sul, Florianópolis, 2016, disponível em: <http://www.spg.sc.gov.br/visualizar-biblioteca/acoes/comite-de-obras-publicas/seminario-bim/726--80/file>, acesso em 09 abr 2017

EASTMAN, Charles. THE USE OF COMPUTERS INSTEAD OF DRAWINGS IN BUILDING DESIGN. **Journal of the American Institute of Architects,** v. 3, p. 46-50, 1975.

GCCG, Government Construction Client Group**. A REPORT FOR THE BUILDING INFORMATION MODELLING (BIM) WORKING PARTY STRATEGY PAPER**. 2011. Disponível em: <http://www.bimtaskgroup.org/wp-content/uploads/2012/03/BIS-BIM-strategy-Report.pdf>, acesso em 8 abr 2017

LIN, Eve S.; ROITHMAYR, Robert; CHIU, S. K. A REVIEW OF BIM MATURITY FOR TENSILE MEMBRANE ARCHITECTURE. In: IASS 2015: Future Vision. **Proceedings of the International Association for Shell and Spatial Structures** (IASS) Symposium 2015. 2015.

SANTOS, Eduardo Ribeiro; SILVOSO, Marcos Martinez. A UTILIZAÇÃO DO BIM NA VERIFICAÇÃO DA NBR 15575 EM HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL. 17a Conferência Internacional Lares, São Paulo, 2017. Disponível em: <http://www.lares.org.br/lares2017/anais/LARES_2017_Paper_49.pdf>, Acesso em: 28 nov 2017

SANTOS, Eduardo Ribeiro dos. **ADOÇÃO DA PLATAFORMA BIM NO PROCESSO DE APROVAÇÃO DE PROJETOS DE EDIFICAÇÕES: DESAFIOS E POSSIBILIDADES**. Rio de Janeiro, 2018. 127 f. Dissertação de mestrado - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, 2018

SOLIHIN, Wawan; EASTMAN, Charles. A KNOWLEDGE REPRESENTATION APPROACH IN BIM RULE REQUIREMENT ANALYSIS USING THE CONCEPTUAL GRAPH. **Journal of Information Technology in Construction** - ISSN 1874-4753. 2016

SUCCAR, B., SALEEB, N., SHER, W.. MODEL USES: FOUNDATIONS FOR A MODULAR REQUIREMENTS CLARIFICATION LANGUAGE. **Australasian Universities Building Education** (AUBEA2016), Cairns, Australia, July 6-8, 2016.

SUCCAR, Bilal. THE FIVE COMPONENTS OF BIM PERFORMANCE MEASUREMENT. In: **CIB World Congress**. 2010. Disponível em: <http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/31438749/The_Five_Components_of_BIM_Performance_Measurement.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1491675327&Signature=7u5HxPSkDO9syqbz0XF88ACadf4%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DThe_Five_Components_of_BIM_Performance_M.pdf> acesso em: 08 abr 2017