PROTÓTIPO PARA VERIFICAÇÃO AUTOMATIZADA DE REQUISITOS NORMATIVOS DE VENTILAÇÃO NATURAL EM BIM

Joubert Emanuel Gomes de Sousa, Maria Vitoria de Lara Borba, Alberto Lohmann, Pedro Oscar Pizzetti Mariano, Patricia Turazzi Luciano, Rafael Zanelato Ledo

INTRODUÇÃO

A verificação da conformidade normativa de projetos constitui um processo predominantemente manual e iterativo, que exige a interpretação dos requisitos e a conferência das informações do projeto, podendo tornar o procedimento demorado e suscetível a erros (Preidel; Borrmann, 2018). Nesse cenário, a Automated Code Compliance Checking – ACCC, busca representar requisitos estabelecidos em normas e regulamentos em formatos computáveis, possibilitando sua verificação automatizada (Nawari, 2012; Aydın, 2022). A Modelagem da Informação da Construção (BIM) contribui para esse processo ao integrar informações geométricas e semânticas aos elementos do modelo digital. Associada à programação visual, essa abordagem possibilita acessar e processar essas informações para automatizar operações e desenvolver procedimentos de análise e verificação (Collao et al., 2021).

Entre os requisitos passíveis de verificação está o dimensionamento das aberturas destinadas à ventilação natural, uma vez que suas dimensões influenciam o desempenho da ventilação nos ambientes internos (Sacht; Lukiantchuki, 2017). A partir da possibilidade de converter esses requisitos em regras computacionais, este trabalho tem como objetivo desenvolver e testar um protótipo de um método paramétrico, utilizando Autodesk Revit e Dynamo, para automatizar a verificação dos requisitos de ventilação natural estabelecidos pelo Código de Obras de Laguna/SC.

DESENVOLVIMENTO

A pesquisa foi desenvolvida por meio da combinação de revisão bibliográfica, análise normativa e experimentação computacional em ambiente BIM. Inicialmente, buscou-se fundamentar a relação entre BIM, desempenho ambiental, verificação automatizada e o uso da programação visual no processo de projeto. Juntamente à revisão, foram analisados os critérios de ventilação natural estabelecidos pelo Código de Obras de Laguna/SC, com o objetivo de identificar requisitos que pudessem ser convertidos em regras verificáveis computacionalmente. Para o desenvolvimento da rotina, os compartimentos dos grupos A e B foram reunidos na categoria operacional AB, por apresentarem a mesma exigência mínima de abertura, correspondente a 1/8 da área do ambiente, enquanto os compartimentos pertencentes ao grupo C foram mantidos separadamente, com exigência de 1/15 (Laguna, 2013). Os compartimentos considerados e suas respectivas classificações normativas são apresentados na Tabela 1.

A partir dos critérios identificados, foi desenvolvida uma rotina de programação visual no Dynamo integrada ao Autodesk Revit. Os ambientes presentes no modelo BIM receberam sua classificação normativa manualmente, e a rotina associa automaticamente as esquadrias aos respectivos compartimentos, utilizando a classificação registrada no próprio ambiente para definir o critério a ser aplicado.

Para determinar a área das aberturas, optou-se por não utilizar diretamente parâmetros específicos de área das famílias de esquadrias, uma vez que suas nomenclaturas podem variar entre diferentes modelos. Dessa forma, a rotina extrai os parâmetros de largura e altura das esquadrias, sendo posteriormente processados por um nó Python responsável pela multiplicação desses valores e pelo cálculo da área de cada abertura. Nos ambientes que apresentam mais de uma esquadria, as áreas são calculadas individualmente e posteriormente somadas. A partir dessas informações, a rotina

compara a área da abertura com a área do respectivo compartimento e verifica o atendimento ao requisito correspondente à sua classificação normativa.

O desenvolvimento ocorreu iterativamente, por meio de testes e refinamentos sucessivos da programação em modelos arquitetônicos com diferentes níveis de complexidade e configurações de ambientes e esquadrias. Esse processo permitiu verificar o funcionamento da rotina diante de distintas condições de modelagem e aperfeiçoar a automatização das relações entre os elementos BIM e os critérios normativos. Ao final do processamento, os resultados são representados graficamente, permitindo a identificação visual da classificação dos ambientes e de sua condição de atendimento aos requisitos analisados.

RESULTADOS

Os testes realizados em modelos arquitetônicos com diferentes níveis de complexidade demonstraram o funcionamento integrado da rotina na verificação dos requisitos de ventilação natural. A programação identificou a classificação normativa dos ambientes, associou automaticamente as respectivas esquadrias e aplicou os critérios correspondentes aos grupos AB e C. Nos compartimentos com mais de uma abertura, as áreas das esquadrias foram calculadas individualmente e posteriormente somadas para comparação com o valor mínimo exigido.

A utilização dos parâmetros de largura e altura também permitiu calcular a área das aberturas sem depender da existência ou da nomenclatura de um parâmetro específico de área nas famílias de esquadrias. Dessa forma, propriedades presentes nos próprios elementos do modelo são utilizadas como dados de entrada para os cálculos necessários à verificação. Procedimento semelhante é observado por Natephra et al. (2018), que utilizam propriedades extraídas do modelo BIM como dados de entrada para cálculos voltados à avaliação do desempenho térmico da edificação.

Os resultados da verificação são apresentados graficamente: os ambientes conformes foram destacados em verde (categoria AB) e azul (categoria C), enquanto os não conformes foram representados em vermelho e aqueles sem esquadrias associadas em laranja. A Figura 1 apresenta os resultados obtidos nos modelos utilizados para os testes. Essa forma de apresentação permite que as informações resultantes do processamento sejam visualizadas e utilizadas durante o desenvolvimento do projeto, de maneira semelhante à integração entre Revit e Dynamo apresentada por Oliveira, Bittencourt e Dória (2020) para a coleta, o processamento e a apresentação de informações de desempenho.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados do protótipo demonstram a viabilidade da utilização integrada do BIM e da programação visual para automatizar a verificação de requisitos de ventilação natural em projetos arquitetônicos. A rotina desenvolvida possibilitou relacionar dados geométricos e classificações dos ambientes aos critérios estabelecidos pela legislação, reduzindo operações manuais e permitindo a identificação visual das condições de atendimento. Dessa forma, o método contribui para aproximar a verificação normativa do processo de desenvolvimento do projeto, favorecendo a identificação de inadequações ainda durante sua elaboração.

Sob a perspectiva da ACCC, o trabalho demonstra a possibilidade de traduzir requisitos de uma regulamentação municipal em regras computacionais e incorporá-las a um fluxo de verificação baseado em BIM. O aprimoramento da rotina, a inclusão de outros requisitos normativos e sua aplicação a diferentes contextos regulatórios representam possibilidades de continuidade.

Palavras-chave: modelagem da informação da construção (BIM); programação visual; Dynamo; verificação de conformidade normativa; ventilação natural.

ANEXOS

Tabela 1. *Classificação dos compartimentos e proporção mínima da área de abertura.*

Grupo	Função do compartimento	Proporção mínima da área abertura em relação a área do compartimento
A	Repouso, estar, refeição, estudo, trabalho, reunião e prática de atividades físicas ou esportivas	1/8
B	Cozinhas, copas, áreas de serviço, depósitos com área superior a 2,50 m² e salas de espera com área inferior a 7,50 m²	1/8
C	Depósitos de menor área, instalações sanitárias, vestiários, circulações, garagens e compartimentos que, pela natureza da atividade exercida, demandam ventilação ou iluminação por meios mecânicos e artificiais.	1/15

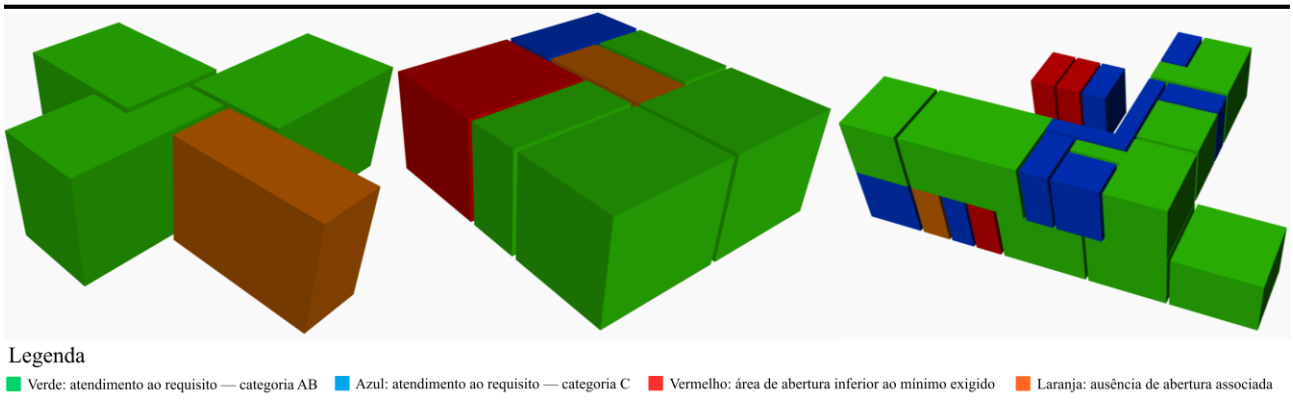


Figura 1. *Representação gráfica dos resultados da aplicação da rotina nos modelos analisados.*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AYDIN, M. A review of BIM-based automated code compliance checking: a meta-analysis research. In: DADIOS, E. P. (ed.). *Automation and Control: Theories and Applications*. London: IntechOpen, 2022. p. 39–58. DOI: 10.5772/intechopen.101690.

COLLAO, J.; LOZANO-GALANT, F.; LOZANO-GALANT, J. A.; TURMO, J. BIM visual programming tools applications in infrastructure projects: a state-of-the-art review. *Applied Sciences*, v. 11, n. 18, art. 8343, 2021. DOI: 10.3390/app11188343.

LAGUNA. Lei Complementar nº 269, de 12 de dezembro de 2013. Dispõe sobre o Código de Obras do Município de Laguna, regulamentando as normas edilícias no município, revoga as Leis nº 34/77, nº 42/78, nº 1.109/2005 e dá outras providências. Laguna, SC, 2013.

NATEPHRA, W.; YABUKI, N.; FUKUDA, T. Optimizing the evaluation of building envelope design for thermal performance using a BIM-based overall thermal transfer value calculation. *Building and Environment*, v. 136, p. 128–145, 2018. DOI: 10.1016/j.buildenv.2018.03.032.

NAWARI, N. O. Automating codes conformance. *Journal of Architectural Engineering*, v. 18, n. 4, p. 315–323, 2012. DOI: 10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000049.

OLIVEIRA, F. M.; BITTENCOURT, L. S.; DÓRIA, D. R. S. Uma ferramenta BIM para simulação de eficiência energética nas fases iniciais de projeto. *PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção*, Campinas, SP, v. 11, p. e020003, 2020. DOI: 10.20396/parc.v11i0.8653782.

PREIDEL, C.; BORRMANN, A. BIM-based code compliance checking. In: BORRMANN, A.; KÖNIG, M.; KOCH, C.; BEETZ, J. (ed.). *Building Information Modeling: Technology Foundations and Industry Practice*. Cham: Springer, 2018. p. 367–381. DOI: 10.1007/978-3-319-92862-3_22.

SACHT, H.; LUKIANTCHUKI, M. A. Windows size and the performance of natural ventilation. *Procedia Engineering*, v. 196, p. 972–979, 2017. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.08.038.