



Industrialização, Digitalização,
Desempenho

5º Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação
e Comunicação na Construção e 5º Workshop de
Tecnologia de Processos e Sistemas Construtivos

FLORIANÓPOLIS-SC | 20 a 22 de agosto

1º PROCESSO AUTOMATIZADO PARA O ENRIQUECIMENTO DE MODELOS IFC

Automated Process for IFC Models Enrichment

Liége Garlet

Universidade Federal de Santa Catarina | Florianópolis, SC | liege.garlet@posgrad.ufsc.br

Carlos Alexandre Dias

Fundação CERTI | Florianópolis, SC | c4rlos.dias@gmail.com

Ana Paula Melo

Universidade Federal de Santa Catarina | Florianópolis, SC | a.p.melo@ufsc.br

RESUMO

A interoperabilidade na Modelagem da Informação da Construção (BIM) depende do uso de padrões abertos e ricos em informação, como o *Industry Foundation Classes* (IFC). No entanto, o esquema IFC apresenta limitações, como a ausência de algumas informações em sua estrutura de dados. Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um *add-on* para Blender, plataforma de código aberto amplamente utilizada para edição e visualização de modelos BIM. O objetivo da ferramenta é enriquecer modelos IFC com informações adicionais. O *add-on* realiza a leitura de códigos de classificação da informação, baseados na ABNT NBR 15965, previamente atribuídos aos elementos do modelo IFC. Esses códigos são vinculados a propriedades disponíveis em um dicionário de dados hospedado no *buildingSMART Data Dictionary* (bSDD). Um estudo de caso foi conduzido para demonstrar a aplicabilidade da ferramenta no enriquecimento de modelos IFC com requisitos de ventilação natural aplicáveis à simulação de desempenho de edificações (BEM). A validação do processo foi realizada por meio da especificação *Information Delivery Specification* (IDS), assegurando a conformidade das informações inseridas. A ferramenta demonstrou potencial para padronizar e automatizar fluxos *OpenBIM*, podendo ser aplicada em outros domínios, desde que os dicionários sejam estruturados conforme a NBR 15965 e disponibilizados no bSDD.

Palavras-chave: IFC, enriquecimento, processo automatizado, BIM.

ABSTRACT

Interoperability in Building Information Modeling (BIM) depends on the use of open standards that support rich, structured data, such as the Industry Foundation Classes (IFC). However, the IFC schema presents limitations, including the absence of information data in its schema. This study presents the development of an add-on for Blender, an open-source 3D modeling platform widely used for BIM model visualization and editing. The purpose of the tool is to enrich IFC models with additional information. The add-on reads information classification codes, based on the Brazilian standard ABNT NBR 15965, previously assigned to IFC model elements. These codes are then linked to properties available in a data dictionary hosted on the buildingSMART Data Dictionary (bSDD). A case study was conducted to demonstrate the tool's applicability in enriching IFC models with information requirements related to natural ventilation, which is relevant to building energy performance simulations (BEM). The process was validated using the Information Delivery Specification (IDS), ensuring the compliance of the inserted data. The tool demonstrated potential to standardize and automate OpenBIM workflows, with the possibility of being applied to other domains, provided that the data dictionaries are structured according to the NBR 15965 standard and made available on the bSDD.

Keywords: IFC, enrichment, automated process, BIM.

1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda por edificações mais eficientes e sustentáveis tem impulsionado o uso de metodologias como a modelagem de informação da construção (*Building Information Modeling* - BIM), que permite a criação de modelos digitais ricos em informação, otimizando o planejamento, execução e operação de empreendimentos. Contudo, a efetividade desses modelos depende diretamente da estruturação e padronização das informações inseridas, principalmente quando se busca a interoperabilidade entre os diferentes projetos necessários para execução de edificações (ANDRIAMAMONJY, SAELENS e KLEIN, 2018). O padrão aberto *Industry Foundation Classes* - IFC (ISO, 2024) viabiliza a troca de dados entre diferentes plataformas BIM, mas apresenta limitações quanto à falta de informações em seu esquema de dados, como as exigidas em simulações de ventilação natural, por exemplo. A ausência de propriedades nativas no esquema IFC para esse tipo de análise compromete a integração com softwares de simulação,

¹GARLET, L.; DIAS, C. A.; MELO, A. P. Processo automatizado de enriquecimento de modelos IFC. In: 5º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 4., 2025, Florianópolis. *Anais [...]*. Porto Alegre: ANTAC, 2025.

exigindo a criação de parâmetros personalizados, frequentemente não reconhecidos por outras ferramentas.

Nesse contexto, a adoção de sistemas de classificação e bibliotecas com informações específicas de um domínio torna-se fundamental para garantir a consistência, clareza e reutilização da informação. No Brasil, a norma ABNT NBR 15965 (ABNT, 2011) propõe uma estrutura hierárquica para a classificação de elementos da construção civil, promovendo uma padronização essencial para o ambiente digital. A ABNT NBR 15965-1 (ABNT, 2011) estabelece o vocabulário, os princípios e os grupos de classificação para planejamento, projeto, gerenciamento, construção, operação e manutenção da construção. Ela propõe um sistema de classificação de informações da construção usando tabelas alinhadas a um padrão de referência para organização de classes e princípios de especialização. A estrutura da norma é baseada em um sistema de classificação hierárquico, no qual os elementos são organizados em diferentes níveis de detalhamento, desde categorias mais amplas até especificações mais detalhadas. Essa hierarquia possibilita uma padronização da nomenclatura e do uso de informações, reduzindo ambiguidades na representação dos elementos nos modelos BIM. A interrelação entre as classes e o princípio de especialização é estabelecida, começando com uma estrutura de código para itemizar os grupos, componentes, estágios, funções, tipos e subtipos do sistema proposto.

Complementarmente, o *buildingSMART Data Dictionary- bSDD* (BUILDINGSMART, 2024), que segue a estrutura das normas ISO 12006-3 (ISO, 2022) e ISO 23386 (ISO 2020), oferece um repositório global de propriedades e definições semânticas, promovendo a interoperabilidade entre sistemas BIM e permitindo o enriquecimento dos modelos IFC com informação. O bSDD é uma coleção de dicionários de dados interconectados abertos e transparentes publicados por organizações independentes, abrangendo classificações internacionais, padrões nacionais ou regulamentos específicos de instituições. Um dicionário de dados é um banco de dados padronizado que pode ser atribuído para enriquecer e organizar informações necessárias para um determinado domínio da construção civil (BUILDINGSMART, 2024). O bSDD segue uma estrutura de dados que está alinhada com a estrutura do IFC, evitando a perda de informações no enriquecimento dos modelos e garantindo a padronização da informação (BUILDINGSMART, 2024).

A integração entre a NBR 15965 e o bSDD representa uma estratégia promissora para padronizar e estruturar dados relevantes em diferentes domínios. No entanto, a execução desse processo de enriquecimento ainda é um desafio técnico, exigindo o desenvolvimento de ferramentas que automatizem a incorporação dessas informações aos modelos IFC. O desenvolvimento da ferramenta é uma peça-chave para o fluxo de trabalho entre BIM e as simulações de desempenho energético para atender a necessidade de projetos mais eficientes em termos de redução do consumo de energia no uso das edificações.

O objetivo deste trabalho é apresentar o desenvolvimento de uma ferramenta de enriquecimento de modelos IFC, que adiciona as informações de um dicionário de dados, apoiada pela estrutura de classificação da informação fornecida pela ABNT NBR 15965 (ABNT, 2011). Para validar a ferramenta desenvolvida é conduzido um estudo de caso demonstrando a aplicação da ferramenta para enriquecer modelos IFC com propriedades de um dicionário de dados para ventilação natural. A ferramenta visa preencher informações ausentes no esquema IFC, possibilitando a incorporação de propriedades necessárias para simulação de desempenho de edifícios ventilados naturalmente, que utiliza o algoritmo *AirflowNetwork* do software EnergyPlus (DOE, 2024a) para conduzir as simulações. O dicionário de ventilação natural foi estruturado a partir da ABNT NBR15965 e vinculado ao bSDD.

2 METODOLOGIA

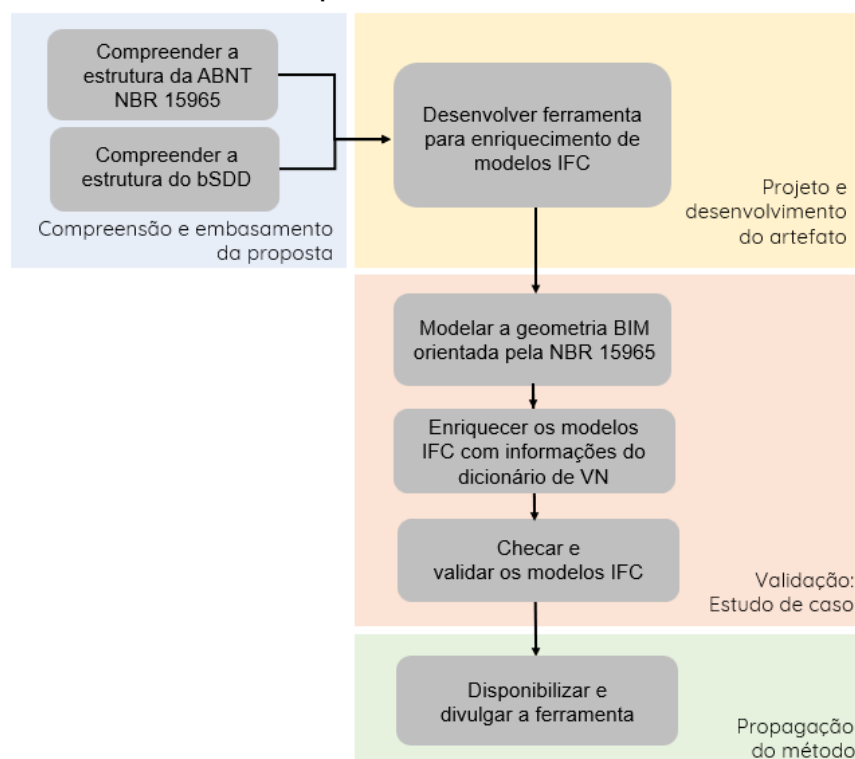
Uma ferramenta foi desenvolvida para permitir o enriquecimento de modelos IFC de forma estruturada, adicionando informações provenientes de dicionários de dados. Esta seção descreve os procedimentos metodológicos para o desenvolvimento da ferramenta e a aplicação em um estudo de caso para enriquecimento de modelos com propriedades de ventilação natural.

A metodologia deste trabalho segue a base metodológica do *Design Science Research*. O *Design Science Research* tem como objetivo gerar conhecimento que seja prático e aplicável na resolução de problemas, na melhoria de sistemas já existentes e na criação de novos artefatos ou soluções (VENABLE, PRIES-HEJE e BASKERVILLE, 2016). Assim, busca-se desenvolver uma solução para um problema prático e, por meio disso, contribuir para o desenvolvimento da teoria. Esse processo é definido em etapas, iniciando pela etapa de entendimento e motivação da pesquisa, seguida da identificação dos objetivos e possíveis soluções. Na sequência, ocorre a etapa de projeto e desenvolvimento de artefatos, que devem ser demonstrados em um

contexto específico e validados ou reavaliados para finalmente poder comunicar ou publicar os resultados aos interessados (GEERTS, 2011).

O delineamento metodológico é apresentado a partir de um fluxograma com as etapas que visam atender aos objetivos propostos no trabalho em concordância ao *Design Science Research* (Figura 1). A primeira fase compreende a etapa de entendimento e organização da proposta que são embasados pela literatura a partir da compreensão do conjunto de normas ABNT NBR 15965 (ABNT, 2011), que orienta o processo de modelagem BIM e desenvolvimento da ferramenta, assim como a criação de um dicionário de dados para ventilação natural. Além disso, a compreensão do esquema de dados do bSDD, o qual armazena as propriedades em dicionários é também abordado nesta etapa. A fase de projeto e desenvolvimento do artefato é a fase que apresenta o desenvolvimento da ferramenta de enriquecimento. A próxima fase corresponde a etapa de validação da ferramenta a partir de um estudo de caso e, por último, a disseminação da ferramenta desenvolvida.

Figura 1: Estrutura metodológica do *Design Science Research* aplicada ao processo de desenvolvimento da ferramenta de enriquecimento de modelos IFC.



Fonte: Os autores (2025).

2.1 Desenvolvimento da ferramenta

O *add-on* (extensão para Blender) desenvolvido com objetivo de enriquecimento de modelos IFC é desenvolvido em linguagem *Python*, utilizando como base a biblioteca *IfcOpenShell* (IFCOPENSHELL, 2023). A biblioteca *IfcOpenShell* possibilita a leitura, modificação e importação/exportação de modelos IFC, viabilizando o processamento automatizado de informações.

A estrutura do *add-on* foi projetada para reconhecer os elementos do modelo IFC por meio da leitura dos códigos de classificação da informação definidos pela norma NBR 15965 (ABNT, 2011). Essa identificação viabiliza o enriquecimento automático do modelo com informações provenientes de um dicionário de dados, elaborado em paralelo à ferramenta e estruturado conforme a mesma norma. Embora o objetivo geral do *add-on* seja enriquecer modelos IFC com dados organizados segundo a NBR 15965, sua motivação inicial partiu da necessidade de atribuir propriedades específicas à ventilação natural, com foco em simulações utilizando o algoritmo *AirflowNetwork* (DOE, 2024). Por isso, a ferramenta oferece ao usuário a opção de selecionar o tipo de ventilação desejado para cada ambiente — cruzada, unilateral ou por efeito chaminé. As propriedades associadas a cada tipo de ventilação foram previamente definidas no dicionário de dados, permitindo à

ferramenta reconhecer e aplicar automaticamente essas informações conforme a escolha do usuário durante o processo de enriquecimento do modelo.

Para a estruturação do dicionário de dados voltado à ventilação natural, foi utilizado o esquema do *buildingSMART Data Dictionary (bSDD)*, que define as classes representativas, suas classificações e as propriedades associadas. No desenvolvimento do dicionário, foram criados conjuntos de propriedades (*P-sets*) aplicáveis a espaços, zonas térmicas e elementos de abertura, como portas e janelas. Os elementos do modelo (zonas térmicas, espaços e elementos de abertura) foram associados a estrutura de códigos de classificação da NBR 15965, dentro do banco de dados do dicionário, garantindo a padronização das informações. A Figura 2 apresenta um fragmento da estrutura do dicionário de dados desenvolvido, destacando os códigos de classificação atribuídos aos elementos de abertura voltados à ventilação e suas respectivas entidades de classe conforme a estrutura do IFC.

Figura 2: Descrição dos elementos construtivos na estrutura do bSDD acrescido do Sistema de classificação da informação descrito pela NBR15965.

Code	Name	ClassType	ParentClassCode	RelatedIfcEntityNamesLi
3E.20.04.00.00.00.00	Elementos de aberturas para ventilação e iluminação natural	Class	3E.20.00.00.00.00.00	["IfcDoor", "IfcWindow"]
3E.20.04.02.00.00.00	Janelas	Class	3E.20.04.00.00.00.00	["IfcWindow"]
3E.20.04.02.02.00.00	Janela de correr	Class	3E.20.04.00.00.00.00	["IfcWindow"]
3E.20.04.02.04.00.00	Janela pivotante	Class	3E.20.04.00.00.00.00	["IfcWindow"]
3E.20.04.02.06.00.00	Janela basculante	Class	3E.20.04.00.00.00.00	["IfcWindow"]
3E.20.04.02.08.00.00	Janela projetante	Class	3E.20.04.00.00.00.00	["IfcWindow"]
3E.20.04.02.10.00.00	Janela guilhotina	Class	3E.20.04.00.00.00.00	["IfcWindow"]
3E.20.04.04.00.00.00	Dômus	Class	3E.20.04.00.00.00.00	["IfcWindow"]
3E.20.04.06.00.00.00	Cúpula	Class	3E.20.04.00.00.00.00	["IfcWindow"]
3E.20.04.08.00.00.00	Clarabóia	Class	3E.20.04.00.00.00.00	["IfcWindow"]
3E.20.04.10.00.00.00	Átrio para iluminação e ventilação	Class	3E.20.04.00.00.00.00	["IfcWindow"]
3E.20.04.12.00.00.00	Lanternin	Class	3E.20.04.00.00.00.00	["IfcWindow"]
3E.20.04.14.00.00.00	Shed	Class	3E.20.04.00.00.00.00	["IfcWindow"]

Fonte: Adaptado de bSDD (BUILDINGSMART 2024a).

O processamento do add-on foi desenvolvido para ocorrer dentro do ambiente do software *Blender v.4.4* (BLENDER, 2025), com o suporte do *Bonsai Plugin* (IFCOPENSHELL, 2024). Esse *plugin* oferece uma interface gráfica mais amigável e organizada, permitindo que usuários interajam com arquivos IFC de forma intuitiva, sem a necessidade de manipular diretamente o código-fonte do *IfcOpenShell*. A interface integrada do *Blender/Bonsai* possibilita a conexão direta com a base de dados do *buildingSMART Data Dictionary (bSDD)*, facilitando o acesso e a utilização de diversos dicionários de dados padronizados. O dicionário utilizado neste trabalho pode ser visualizado diretamente no site do bSDD e acessado via API (*Application Programming Interface*) do *Blender* por meio de seu identificador específico *Natural_Ventilation_AirflowNetwork*.

Todo o processo de enriquecimento foi concebido para operar em um fluxo de trabalho aberto (*OpenBIM*), utilizando exclusivamente ferramentas de acesso livre, promovendo interoperabilidade e transparência no uso dos dados.

2.2 Estudo de caso

O estudo de caso ilustra a aplicação da ferramenta de enriquecimento de modelos IFC com requisitos de ventilação natural, inseridos por meio de um dicionário de dados estruturado. Essa aplicação tem como objetivo viabilizar simulações de desempenho de edifícios ventilados naturalmente, que dependem da presença de informações específicas sobre o sistema de ventilação nos modelos.

O desenvolvimento do estudo de caso foi estruturado em três etapas principais:

1. Modelagem BIM da edificação: criação do modelo com informações geométricas e construtivas, seguida da aplicação do sistema de classificação da informação, conforme a norma ABNT NBR 15965 (ABNT, 2011), aos elementos construtivos;
2. Aplicação da ferramenta de enriquecimento: inserção automatizada das propriedades de ventilação natural, por meio da conexão com o dicionário de dados de ventilação natural (hospedado no bSDD);
3. Exportação e checagem do modelo enriquecido: verificação dos requisitos definidos com base em uma estrutura IDS.

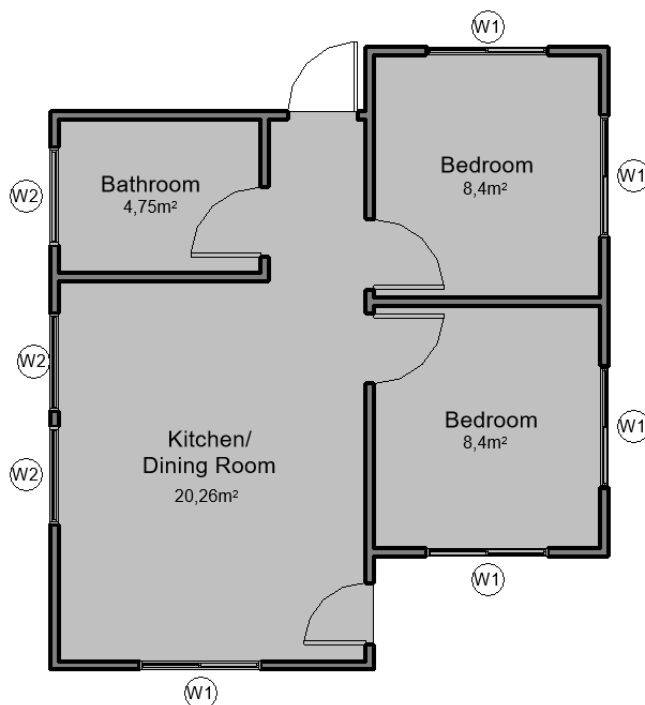
A modelagem BIM foi realizada seguindo diretrizes voltadas para modelos compatíveis com simulações de desempenho energético (BEPS), conforme proposto por Giannakis et al. (2019) e O'Donnell et al. (2013). O sistema de classificação da NBR 15965 (ABNT, 2011) foi incorporado aos parâmetros compartilhados e de projeto no software de modelagem Revit (AUTODESK, 2024), permitindo a atribuição de códigos padronizados aos elementos do modelo.

Para demonstrar a funcionalidade da ferramenta, foi modelada uma residência unifamiliar, com diferentes tipos de esquadrias: janelas de correr (W1) e janelas do tipo maxim-ar (W2) em ambientes de permanência prolongada (sala e dormitórios), e janelas do tipo maxim-ar (W2) em ambientes de permanência transitória (banheiro). A planta do pavimento térreo da edificação é apresentada na Figura 3.

O processo de enriquecimento teve início com a exportação do modelo IFC a partir do programa de modelagem e sua posterior importação no *Blender*. A conexão com o dicionário de dados foi realizada via API do *Bonsai*. A partir daí, a ferramenta leu o arquivo IFC, conectou-se ao dicionário selecionado e adicionou automaticamente as propriedades de ventilação natural aos elementos pertinentes do modelo.

Após o enriquecimento, foi realizada a checagem das informações com base em uma *Information Delivery Specification* – IDS (BUILDINGSMART 2024b), desenvolvida paralelamente ao dicionário de dados. A IDS utiliza a linguagem de marcação XML para definir requisitos de troca de informação entre modelos, consistindo em especificações. Uma especificação baseia-se em duas principais seções estruturais: aplicabilidade e requisitos. A parte de aplicabilidade define os critérios que determinam quais entidades a especificação se aplica, funcionando como um filtro para os elementos IFC. A parte de requisitos determina as propriedades que devem estar presentes ou serem verificadas em cada entidade selecionada (Kremer e Beetz 2023). A biblioteca *IfcOpenShell* (IFCOPENSHELL, 2023) suporta a estrutura IDS, possibilitando a verificação automatizada dos modelos e a geração de um relatório HTML, assegurando a conformidade com os requisitos definidos.

Figura 3: Planta do pavimento térreo da edificação residencial utilizada para o estudo de caso



Fonte: Os autores.

3 FERRAMENTA PARA ENRIQUECIMENTO DE MODELOS IFC

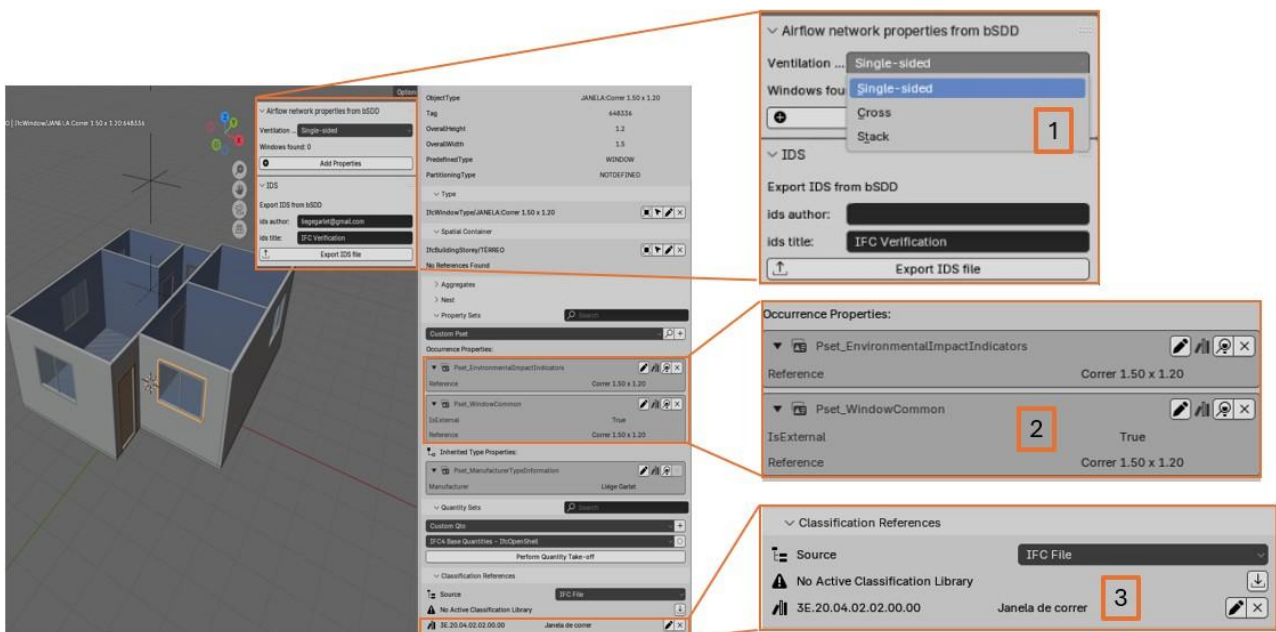
A ferramenta desenvolvida que consiste em um *add-on* implementado em *Python* está disponível pelo nome de 'Natural_Ventilation_AddOn', cujo acesso é viabilizado pelo Github do Laboratório de Eficiência Energética

em Edificações (LABEEE) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), com acesso na plataforma GitHub pelo nome 'labeee'.

O processo de enriquecimento do modelo IFC tem início a partir da leitura dos códigos de classificação da informação atribuídos previamente aos elementos do modelo BIM (como janelas, portas e espaços). O add-on reconhece esses códigos e, com base no mesmo sistema de classificação adotado no dicionário de dados, busca automaticamente as propriedades correspondentes e as incorpora ao modelo. Esse processo permite ao usuário configurar diferentes cenários de ventilação natural nos ambientes, selecionando o tipo de ventilação desejado conforme os requisitos da simulação.

A Figura 4 apresenta a interface do add-on integrada ao *Blender*, destacando sua organização e usabilidade. A navegação é intuitiva e o processo de enriquecimento pode ser acionado com poucos cliques, o que contribui para a agilidade do fluxo de trabalho e minimiza erros operacionais. A seleção dos espaços a serem enriquecidos pode ser realizada diretamente na visualização do modelo IFC importado. Na interface apresentada, o número 1 indica a área de seleção do tipo de ventilação a ser aplicado a um ambiente específico. O número 2 destaca os conjuntos de propriedades originalmente presentes no modelo IFC antes da aplicação do enriquecimento. Já o número 3 evidencia uma das janelas do modelo, identificada pelo código de classificação da informação conforme a NBR 15965 (ABNT, 2011), atribuído durante a modelagem BIM e mantido na exportação para IFC. Esse código é reconhecido pelo add-on e está visível na interface do Blender, garantindo o vínculo correto entre o elemento e as propriedades buscadas no dicionário de dados.

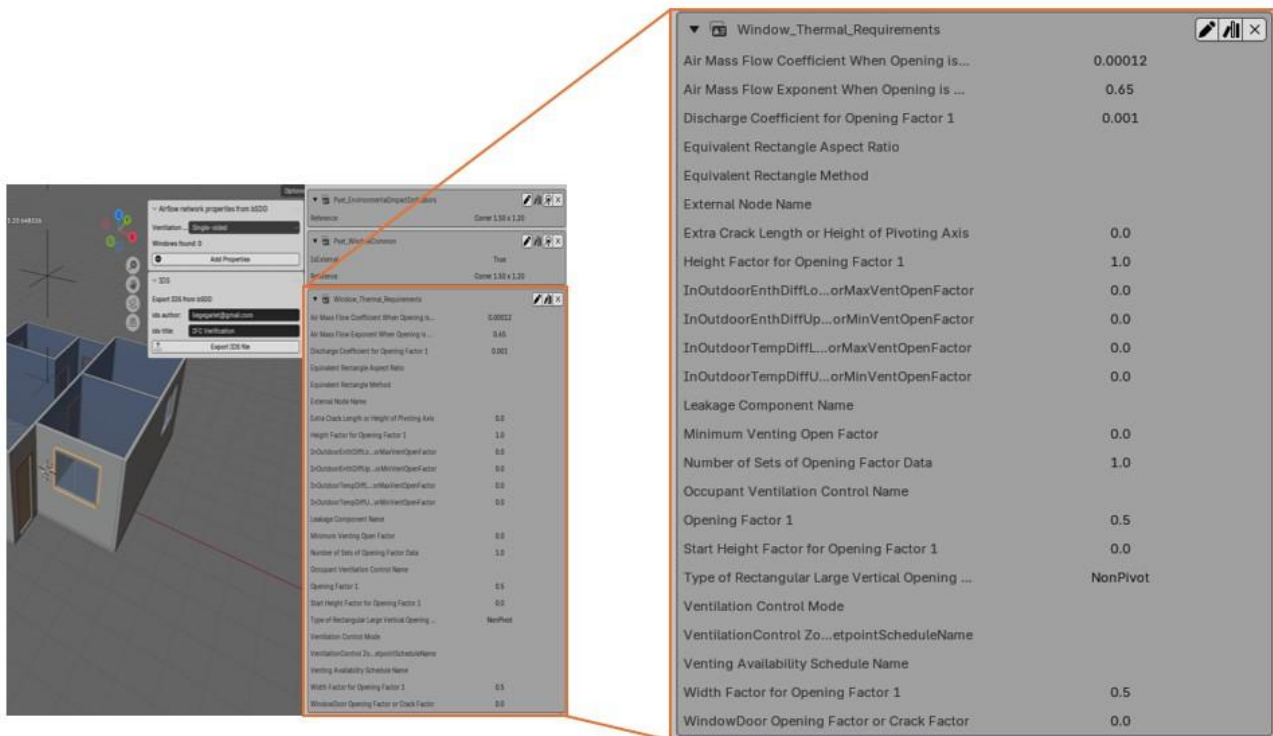
Figura 4: Interface do software Blender com visualização do add-on desenvolvido



Fonte: Os autores.

Após a seleção do tipo de ventilação apropriado para cada zona do modelo, o add-on identifica automaticamente, entre os elementos pertencentes a essa zona, aqueles que possuem os códigos conforme a estrutura de classificação da informação definida pela NBR 15965. O processo considera especificamente os elementos associados às classes *IfcSpace*, *IfcWindow* e *IfcDoor*, que são relevantes para a representação do sistema de ventilação natural. A Figura 5 ilustra um exemplo do resultado desse processo, mostrando as propriedades de ventilação natural incorporadas a uma janela (em destaque na geometria) do modelo IFC. Essas propriedades foram adicionadas pelo add-on com base na correspondência entre o código de classificação do elemento e os dados estruturados no dicionário selecionado.

Figura 5: Propriedades do sistema de ventilação natural adicionadas a uma na janela do modelo



Fonte: Os autores.

O *add-on Bonsai*, que atualmente já vem instalado no software *Blender*, permite durante as configurações do projeto, relacionar diretamente o modelo IFC a outras soluções da *BuildingSMART* como a seleção de um dicionário de dados específico que esteja na base de dados do bSDD ou ainda inserir uma especificação IDS para a checagem do modelo. Durante a construção da ferramenta de enriquecimento optou-se por gerar a especificação IDS a partir do próprio dicionário de dados selecionado. O IDS viabiliza a checagem de modelos IFC para verificar a existência das propriedades de ventilação natural enriquecidas pelo banco de dados do bSDD.

Embora seja possível visualizar diretamente no *Blender* os elementos do modelo enriquecidos pelo dicionário de dados, essa verificação manual pode se tornar demorada e suscetível a erros, especialmente em modelos de maior complexidade. Por isso, a validação do modelo enriquecido foi realizada por meio de um código de verificação IDS (*Information Delivery Specification*), também desenvolvido em conformidade com os requisitos do bSDD e disponibilizado no GitHub [labeee](#).

O código IDS permite a verificação automatizada das informações contidas no modelo IFC, sendo compatível com plataformas como o *Bonsai*, que reconhece o esquema de validação. Os resultados dessa verificação são gerados em formatos HTML, indicando se os requisitos de informação foram devidamente atendidos. Eventuais não conformidades são destacadas no relatório de validação, por exemplo, se uma janela não tiver recebido o código de classificação apropriado, o *add-on* não atribuirá propriedades a ela, e essa falha será registrada no relatório IDS. Esse mecanismo de verificação garante a consistência e a qualidade das informações enriquecidas no modelo IFC. A Figura 6 apresenta um recorte do relatório HTML gerado para a verificação do enriquecimento no estudo de caso.

Figura 6: Recorte do relatório de validação dos modelos gerado pelo IDS



Fonte: Os autores.

A validação com o estudo de caso demonstrou que a ferramenta desenvolvida foi eficaz no enriquecimento do modelo com dados provenientes do dicionário de ventilação natural, e que o add-on aplicou corretamente os requisitos específicos a cada tipo de ventilação atribuído aos espaços. Uma vez que as propriedades são corretamente inseridas e categorizadas, os softwares de simulação energética podem mapear e recuperar os valores necessários para os cálculos de desempenho térmico e energético, promovendo uma integração mais fluida entre os modelos BIM e as simulações de desempenho.

4 DISCUSSÕES

Os resultados apresentados demonstram o potencial da ferramenta desenvolvida em promover a interoperabilidade entre modelos BIM, especialmente para aqueles que demandam de enriquecimento por informações para usos específicos. Por meio da automação do processo de enriquecimento de modelos IFC com dados provenientes de dicionários estruturados, como o bSDD, a ferramenta contribui para fluxos de trabalho mais integrados e eficientes.

A integração com o Blender, uma plataforma de código aberto, reforça o caráter acessível e replicável da solução, o que a torna especialmente adequada para contextos acadêmicos e de pesquisa ou mesmo para uso aplicável ao mercado, onde ferramentas proprietárias podem representar uma barreira.

A principal contribuição da ferramenta reside na automatização do processo de atribuição de propriedades específicas, como as relativas à ventilação natural, com base em códigos de classificação previamente definidos segundo a NBR 15965. Essa abordagem contribui para a padronização da informação e reduz significativamente a probabilidade de erros humanos e de tempo investido durante o processamento manual, principalmente em projetos de maior complexidade. Além de reduzir a perda de informações utilizando uma estrutura de enriquecimento que tem um esquema de dados compartilhado com o IFC.

No entanto, observa-se que a NBR 15965, embora seja uma referência consolidada para classificação da informação na construção civil brasileira, apresenta limitações quando aplicada especificamente ao domínio de energia. Idealmente, seria desejável contar com um sistema de classificação mais especializado, voltado diretamente para esse tópico. Ainda assim, o código desenvolvido foi adaptado para seguir a estrutura da

norma, respeitando seus níveis hierárquicos e códigos, e funcionou corretamente, demonstrando que é possível sua aplicação, mesmo com essas restrições.

A utilização do mecanismo de validação por meio do IDS (*Information Delivery Specification*) também se mostrou eficaz ao garantir a conformidade dos modelos enriquecidos com os requisitos estabelecidos no dicionário de dados. A geração de relatórios em HTML permite não apenas a verificação automatizada das informações, mas também facilita a identificação e correção de eventuais não conformidades. Este processo, por sua vez, contribui para o aumento da confiabilidade e qualidade dos modelos BIM utilizados em simulações energéticas. Além disso, a compatibilidade com ferramentas como o *Bonsai*, que reconhecem e interpretam as especificações IDS, reforça a aderência da solução aos padrões abertos propostos pela *buildingSMART*. Isso amplia o potencial de aplicação da ferramenta em diferentes fluxos de trabalho que adotam o *OpenBIM* como diretriz.

O estudo de caso demonstrou que a seleção do tipo de ventilação por zona, vinculada ao sistema de classificação da informação, é interpretada corretamente pela ferramenta, resultando na adição precisa das propriedades relacionadas ao sistema *AirflowNetwork*. Essa capacidade é particularmente relevante no contexto de simulações de desempenho térmico e energético, pois garante que os dados necessários para os cálculos sejam atribuídos corretamente aos elementos do modelo.

Por fim, os resultados apontam para a viabilidade de ampliar o uso da ferramenta para outros domínios de desempenho além da ventilação natural, como iluminação natural ou características térmicas de materiais, desde que haja dicionários estruturados disponíveis para tais fins. A modularidade do *add-on* desenvolvido em *Python* e sua integração com o Blender o tornam adaptável a diferentes contextos e escalas de projeto.

5 CONCLUSÕES

O desenvolvimento da ferramenta apresentada neste trabalho demonstrou-se eficaz na automatização do processo de enriquecimento de modelos IFC com informações provenientes de dicionários de dados baseados no bSDD. A aplicação do *add-on*, aliado ao uso do dicionário de dados do bSDD e à geração de uma especificação IDS para validação, permitiu assegurar a qualidade e a consistência das informações adicionadas. A checagem automatizada dos modelos, reforça a robustez da abordagem adotada.

Os testes com estudo de caso evidenciaram que a ferramenta atende aos requisitos esperados, contribuindo para a integração eficiente entre modelagem da informação da construção (BIM) e simulações de desempenho de edificações (BEM). Além disso, a estrutura modular do *add-on* permite sua expansão para outras tipologias de dados, mesmo fora do domínio de energia desde que estejam disponíveis em dicionários de dados do bSDD e que utilizem o sistema de classificação da NBR 15965 (ABNT, 2011).

A solução proposta oferece uma contribuição relevante para fluxos de trabalho baseados em *OpenBIM*, promovendo maior automatização, padronização e qualidade na preparação de modelos para análises de desempenho de edificações.

REFERÊNCIAS

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2011. "ABNT Catálogo". ABNT NBR 15965-1:2011. Sistema de classificação da informação da construção Parte 1: Terminologia e estrutura. 2011. <https://www.abntcatalogo.com.br/pnm.aspx?Q=dVgrVmgvbDZGdkpJelk3dHVCNFI1aStKMkRGZGRqbFFtYjM2dis2RTU5ND0=>.
- Andriamamonjy, Ando, Dirk Saelens, e Ralf Klein. 2018. "An Automated IFC-Based Workflow for Building Energy Performance Simulation with Modelica". *Automation in Construction* 91 (julho):166–81. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.03.019>.
- "Autodesk Revit Software | Get Prices & Buy Official Revit 2024". s.d. Acedido a 22 de abril de 2024. <https://www.autodesk.co.uk/products/revit/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>.
- "blender.org - Home of the Blender project - Free and Open 3D Creation Software". s.d. Acedido a 22 de março de 2025. <https://www.blender.org/>.
- BUILDINGSMART. 2024a. "Data Structure of bSDD". *buildingSMART Technical*. 2024. <https://technical.buildingsmart.org/services/bsdd/data-structure/>.
- . 2024b. "Information Delivery Specification IDS". *buildingSMART Technical*. 2024. <https://technical.buildingsmart.org/projects/information-delivery-specification-ids/>.

- DOE, U.S. Department of Energy. 2024a. "EnergyPlus". AirflowNetwork Model: Engineering Reference. 28 de março de 2024. <https://energyplus.net/documentation>.
- . 2024b. "EnergyPlus". AirflowNetwork Model: InputOutput Reference. 28 de março de 2024. <https://energyplus.net/documentation>.
- Geerts, Guido L. 2011. "A Design Science Research Methodology and Its Application to Accounting Information Systems Research". *International Journal of Accounting Information Systems* 12 (2): 142–51. <https://doi.org/10.1016/j.accinf.2011.02.004>.
- Giannakis, G I, K Katsigarakis, G N Lilis, e S Álvarez-Díaz. 2019. "GUIDELINES for OptEEmAL BIM Input Files". "IfcOpenShell". 2023. 2023. <https://ifcopenshell.org/>.
- IfcOpenShell. s.d. "Bonsai". Blender Extensions. Acedido a 25 de novembro de 2024. <https://extensions.blender.org/add-ons/bonsai/>.
- ISO, International Organization for Standardization. 2024. "ISO 16739-1:2024". 2024. <https://www.iso.org/standard/84123.html>.
- ISO, International Organization for Standardization. 2020. "ISO 23386:2020". ISO. 2020. <https://www.iso.org/standard/75401.html>.
- . 2022. "ISO 12006-3:2022". ISO. 2022. <https://www.iso.org/standard/74932.html>.
- Kremer, Noemi, e Jakob Beetz. 2023. "Extending Information Delivery Specification for linking distributed model checking services". Em 2023 European Conference on Computing in Construction 40th International CIB W78 Conference. Heraklion, Crete, Greece. <https://doi.org/10.35490/EC3.2023.266>.
- O'Donnell, James T., Tobias Maile, Cody Rose, Natasa Mrazovic, Elmer Morrissey, Cynthia Regnier, Kristen Parrish, e Vladimir Bazjanac. 2013. "Transforming BIM to BEM: Generation of Building Geometry for the NASA Ames Sustainability Base BIM". LBNL--6033E, 1168736. <https://doi.org/10.2172/1168736>.
- Venable, John, Jan Pries-Heje, e Richard Baskerville. 2016. "FEDS: A Framework for Evaluation in Design Science Research". *European Journal of Information Systems* 25 (1): 77–89. <https://doi.org/10.1057/ejis.2014.36>.