ENTAC 2024
XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024

Ferramenta OpenBIM para classificação e extração de quantitativos de modelo IFC

OpenBIM tool for classification and quantitative extraction from IFC model

Rebeca Viana Alencar Rodrigues Moura
Instituto Militar de Engenharia | Rio de Janeiro | Brasil | rebeca.alencar@ime.eb.br
Giuseppe Miceli Junior
Instituto Militar de Engenharia | Rio de Janeiro | Brasil | giuseppe.pged@ime.eb.br
Paulo César Pellanda
Instituto Militar de Engenharia | Rio de Janeiro | Brasil | pcpellanda@ieee.org

Resumo

Diante da implantação do BIM (*Building Information Modeling*) na Indústria da Construção, o *OpenBIM* surge como um conceito aberto que permite a interoperabilidade, a colaboração na entrega de projetos, ao utilizar arquivos do modelo no formato neutro aberto, como o *Industry Foundation Class* (IFC). O objetivo do artigo é propor uma ferramenta, utilizando a metodologia *Design Science Research* (DSR), que permita a extração automática de quantitativos a partir de um modelo no formato IFC, com o auxílio do Sistema Nacional de Classificação da Informação da Construção. Assim, foi desenvolvida uma interface gráfica no Blender, que possibilita a criação de propriedades e parâmetros personalizados no modelo IFC e a exportação da planilha de quantitativos em Excel. A ferramenta desenvolvida foi aplicada a um modelo estrutural no formato IFC, exportado do software AltoQI Eberick, e os resultados foram validados comparando os quantitativos extraídos pelo software com aqueles obtidos pela interface gráfica desenvolvida. Portanto, a principal contribuição do artigo é a extração automatizada da planilha de quantitativos a partir do arquivo IFC do projeto, com o auxílio da classificação dos elementos do modelo conforme a NBR 15965, realizada pela ferramenta.

Palavras-chave: BIM. Interoperabilidade. IFC. Classificação. Quantitativo.

Abstract

Given the implementation of BIM (Building Information Modeling) in the Construction Industry, OpenBIM emerges as an open concept that allows interoperability and collaboration in project delivery, using model files in an open neutral format, such as the Industry Foundation Class (IFC). The objective of the article is to propose a tool, using the Design Science Research (DSR) methodology, that allows the automatic extraction of quantities from a model in IFC format, with the help of the National Construction Information Classification System. Therefore, a graphical interface was developed in Blender, which allows the creation of personalized properties and parameters in the IFC model and the export of the quantitative spreadsheet in Excel. The developed tool was applied to a structural model in IFC format, exported from the AltoQI Eberick software, and the results were validated by comparing the quantities extracted

by the software with those obtained by the developed graphical interface. Therefore, the main contribution of the article is the automated extraction of the quantitative spreadsheet from the project's IFC file, with the help of the classification of model elements according to NBR 15965, carried out by the tool.

Keywords: BIM. Interoperability. IFC. Classification. Quantitative.

INTRODUÇÃO

A adoção do *Building Information Modeling* (BIM) nos projetos resulta em uma série de benefícios, tais como a diminuição de erros no projeto, a capacidade de realizar quantificações mais precisas e simulações virtuais da construção, a detecção de erros e conflitos na fase de projeto, e a gestão das informações e dos processos de forma mais controlada [1].

No entanto, o BIM funciona não apenas como uma ferramenta de desenvolvimento de projeto, mas também como um facilitador da interoperabilidade, permitindo o compartilhamento e a troca de informações entre os participantes e seus softwares [2].

Portanto, conforme abordado por [3], o modelo BIM deve possibilitar a extração precisa de quantidades, auxiliando na elaboração do orçamento. Essa abordagem requer a criação de soluções integradas ou o desenvolvimento de interfaces gráficas que estabeleçam a conexão entre as etapas de modelagem e de extração de quantitativos [4].

A utilização do Sistema Nacional de Classificação da Informação da Construção, regulado pela NBR 15965:2022 [5], nos projetos BIM permite a rastreabilidade mais eficiente de informações, resultando em processos mais ágeis, padronizados e precisos na extração de quantitativos do modelo BIM.

O *OpenBIM* surge como um conceito BIM que visa proporcionar o desenvolvimento de interfaces gráficas e adotar fluxos de trabalho combinados, nos quais todas as partes envolvidas colaboram e compartilham informações do projeto por meio de formatos abertos e não proprietários (como o *Industry Foundation Class* - IFC), sendo independentes das ferramentas e softwares BIM escolhidos [6]. Dessa forma, os softwares *Open Source*, ou de código aberto, surgem como uma alternativa ao preço de licença encontrado em muitas ferramentas de modelagem e orçamentação. Segundo [7], a combinação de software livre com dados e padrões abertos permite a codificação de informações do modelo, a fim de facilitar a recuperação e o uso de informações.

Diante desse cenário, o objetivo do presente trabalho é desenvolver uma ferramenta no software *Open Source* Blender que permite criar propriedades e parâmetros personalizados no modelo IFC de projeto estrutural utilizando as terminologias do Sistema Nacional de Classificação da Informação da Construção e realizar a extração automática de quantitativos para planilha em Excel. A validação da ferramenta será obtida pela comparação dos resultados obtidos pela interface gráfica desenvolvida

com os quantitativos extraídos do software AltoQI Eberick, no qual foi desenvolvido o projeto estrutural.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

OPENBIM

O conceito OpenBIM visa permitir a interoperabilidade e a colaboração na entrega de projetos na Indústria da Construção, seguindo padrões abertos e neutros, baseados em três pilares regidos por normas internacionais: um esquema neutro e aberto de dados (IFC), um modelo de descrição de processos (IDM - *Information Delivery Manuals*) e uma descrição de terminologias padronizadas (IFD - *International Framework for Dictionaries*) [6].

Em relação a softwares privados BIM, no setor de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), dentre os principais fornecedores destacam-se Autodesk (Revit, Revit Structure, Revit MEP), Graphisoft (Archicad), Trimble (Sketch Up, Tekla Structures e Trimble SysQue) e Alto QI (Eberick, QI Builder).

O Blender, software gratuito e de código aberto, dentre suas principais funcionalidades, possui uma interface de programação de aplicativo (*Application Programming Interface* — API) Python integrada, que permite a criação de interfaces gráficas de usuário personalizadas e elementos de exibição, incorporando informações ao modelo [8]. O BlenderBIM, add-on do Blender, possibilitar abrir arquivos no formato IFC no Blender, auxiliando na extração de quantitativos e cálculos de custos [9].

ESQUEMA IFC E EXTRAÇÃO DE QUANTITATIVOS

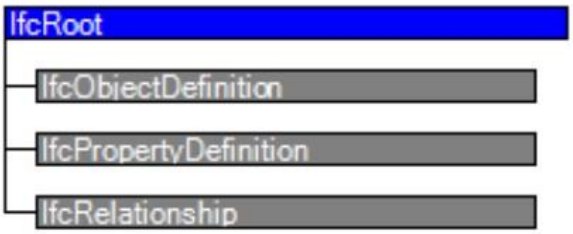
O IFC é um esquema de dados BIM para a semântica de informações sobre objetos da construção, incluindo geometria, propriedades e relacionamentos associados, para facilitar o compartilhamento, a troca de dados entre plataformas compatíveis com IFC e a reutilização dos dados para análise e outras tarefas posteriores [10]. A exportação de informações do modelo por meio de arquivos IFC é especialmente importante para conduzir análises baseadas no modelo BIM, como levantamento de quantidades e elaboração de orçamentos [11].

O Sistema de Classes IFC é utilizado para organizar os elementos da construção, permitindo a extração de quantidades de forma organizada e a aplicação de métodos de cálculo e medição de volumes, áreas e perímetros normalizados conforme cada Classe IFC. Todas as entidades no IFC no esquema de dados principal são subtipos da classe IfcRoot, que possui três subtipos principais: IfcObjectDefinition (definições de objetos), IfcRelationship (relações entre objetos) e IfcPropertyDefinition (conjuntos de propriedades) (Figura 1).

Para extrair as informações desejadas, como do tipo “Propriedades” e “Classificação”, é necessário analisar e compreender os relacionamentos dos objetos de construção e suas propriedades em um modelo de instância BIM baseado em IFC. Dessa forma, será possível extrair os objetos do modelo de projeto de construção (por exemplo, pilares,

vigas, lajes e fundações) e as suas propriedades relevantes relacionadas aos quantitativos.

Figura 1: Esquema de classes no IFC



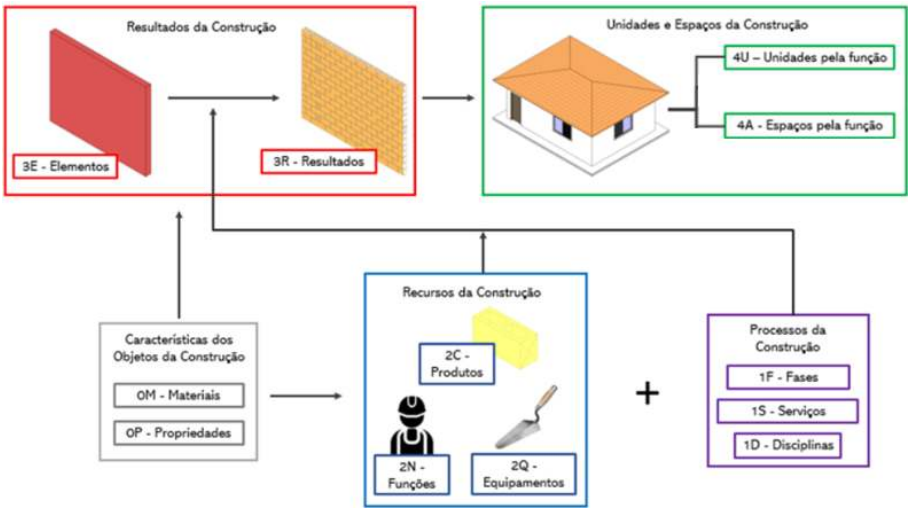
Fonte: os autores adaptado de [12].

SISTEMA NACIONAL DE CLASSIFICAÇÃO DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO

O Sistema Nacional de Classificação da Informação da Construção, apresentado na série de normas de 7 (sete) partes da NBR 15965 [5], foi estruturado pela ISO 22274 [13] e pela NBR ISO 12006-2 [14], baseada na ISO 12006-2 [15].

O Sistema de Classificação é composto por um total de 13 (treze) tabelas (0M – Materiais, 0P – Propriedades, 1F – Fases, 1S – Serviços, 1D – Disciplinas, 2N – Funções, 2Q – Equipamentos, 2C – Componentes, 3E – Elementos, 3R – Resultados, 4U – Unidades, 4A – Espaços e 5I – Informação), exemplificadas na Figura 2. Tal sistema objetiva a padronização de terminologias relacionadas à gestão da informação aplicada ao ambiente construído, abrangendo desde a fase de concepção e especificação até a orçamentação, planejamento, controle, documentação e comissionamento [16].

Figura 2: Algumas relações entre os temas e as tabelas da NBR 15965



Fonte: os autores adaptado de [5].

Na fase de planejamento, a pesquisa de [17] relaciona os itens das Tabelas 2N, 1F e 1D da NBR 15965 na descrição dos atores, dos processos e das disciplinas de projeto, respectivamente.

Dessa forma, os parâmetros das tabelas da NBR 15965 podem ser inseridos no modelo IFC na entidade IfcClassification, que identifica o sistema de classificação, de modo a auxiliar na padronização da codificação e na rastreabilidade das informações no modelo BIM [18].

Assim, a classificação dos objetos do modelo BIM conforme a tabela 3E (Elementos), por exemplo, permite filtrar os objetos e extrair os respectivos quantitativos, que podem ser de comprimento (IfcQuantityLength), de área (IfcQuantityArea), de volume (IfcQuantityVolume), de peso (IfcQuantityWeight), de unidade (IfcQuantityCount), de tempo (IfcQuantityTime).

Portanto, verifica-se que a classificação da informação dos elementos do modelo BIM otimiza o processo de orçamentação, especialmente na fase de extração de quantitativos [19][20][21], permitindo mais padronização e precisão, redução de erros e automatização da orçamentação [22][23][24].

MÉTODO DA PESQUISA

O método adotado para o presente estudo foi a pesquisa construtiva ou *Design Science Research* (DSR). A sistemática adotada visa criar ferramentas que contribuam para melhorar sistemas existentes ou solucionar problemas práticos [25]. O delineamento do trabalho se resume nas seguintes etapas:

1. Organização das informações dos parâmetros, propriedades e classificação para serem inseridos no modelo IFC;
2. Desenvolvimento da ferramenta no software Blender;
3. Aplicação da ferramenta em projeto estrutural;
4. Validação da ferramenta.

1ª ETAPA - ORGANIZAÇÃO DOS PARÂMETROS, PROPRIEDADES E CLASSIFICAÇÃO

Dentre as tabelas da NBR 15965, foram escolhidos os parâmetros das tabelas 3E e 3R para serem inseridos no modelo IFC na versão IFC4, que auxiliarão na extração dos quantitativos totais por elemento. Dessa forma, a lista de quantitativos dos elementos existentes no modelo é composta por parâmetros nativos do modelo IFC e por parâmetros criados pela ferramenta a ser desenvolvida.

É importante ressaltar que a associação dos parâmetros “NBR15965_Tabela3E” e “NBR15965_Tabela3R” com o modelo BIM será realizada na ferramenta a ser desenvolvida no software Blender na próxima etapa, após a conclusão do projeto BIM e sua exportação para o formato IFC. A classificação do modelo será realizada dessa forma pois o software de modelagem estrutural, como o Alto QI Eberick, não possui a funcionalidade de inserir informações no modelo por meio de parâmetros. Embora a etapa de classificação do modelo precise ser repetida em caso de revisões no projeto, a associação dos parâmetros de classificação ao modelo BIM facilita a extração padronizada e organizada dos quantitativos totais.

Para o escopo da pesquisa, os elementos construtivos do estudo de caso são pilares, vigas, lajes, blocos e fundação. Os parâmetros nativos e os que serão criados no arquivo IFC são apresentados nas Figura 4, Figura 5 e Figura 5. Dessa forma, os

parâmetros de classificação (“NBR15965_Tabela3E” e “NBR15965_Tabela3R”) são inseridos na entidade de Classificação do IFC (IfcClassification), sendo apresentados no campo “ClassificationReferences”, e os parâmetros de quantidade (“Area_Laje” para as lajes, “Comprimento” e “Quantidade” para as estacas) são inseridos na propriedade comum de cada elemento (“Pset_SlabCommom” e “Pset_PileCommom”, respectivamente).

Figura 3: Lista de Parâmetros para auxiliar a extração de quantitativos de Pilar, Viga e Bloco

Elemento Construtivo	Classe IFC	Parâmetros do IFC	Quantificação	Unidade	IfcMeasureWithUnit	Observações
Pilar, Viga, Bloco	IfcColumn, IfcBeam, IfcFooting	Concreto - C-25 - Abatimento 14 cm	AltoQi_Eberick-Itens_associados. Concreto - C-25 - Abatimento 14 cm	m³	VOLUMEUNIT / CUBIC_METRE	Parâmetros nativos do IFC
		Forma - Estrutura - Concreto	AltoQi_Eberick-Itens_associados. Forma - Estrutura - Concreto	m²	AREAUNIT / SQUARE_METRE	
		Armadura - Aço CA60 - ø 5.0 mm	AltoQi_Eberick-Itens_associados. Armadura - Aço CA60 - ø 5.0 mm	kg	MASSUNIT / KILO GRAM	
		Armadura - Aço CA50 - ø 6.3 mm	AltoQi_Eberick-Itens_associados. Armadura - Aço CA50 - ø 6.3 mm	kg	MASSUNIT / KILO GRAM	
		Armadura - Aço CA50 - ø 8.0 mm	AltoQi_Eberick-Itens_associados. Armadura - Aço CA50 - ø 8.0 mm	kg	MASSUNIT / KILO GRAM	
		Armadura - Aço CA50 - ø 10.0 mm	AltoQi_Eberick-Itens_associados. Armadura - Aço CA50 - ø 10.0 mm	kg	MASSUNIT / KILO GRAM	
		Armadura - Aço CA50 - ø 12.5 mm	AltoQi_Eberick-Itens_associados. Armadura - Aço CA50 - ø 12.5 mm	kg	MASSUNIT / KILO GRAM	
		Armadura - Aço CA50 - ø 16.0 mm	AltoQi_Eberick-Itens_associados. Armadura - Aço CA50 - ø 16.0 mm	kg	MASSUNIT / KILO GRAM	
		NBR15965_Tabela3E	ClassificationReferences. NBR15965_Tabela3E	-		Parâmetros a serem criados pela ferramenta no IFC
		NBR15965_Tabela3R	ClassificationReferences. NBR15965_Tabela3R	-		

Fonte: os autores.

Figura 4: Lista de Parâmetros para auxiliar a extração de quantitativos de Laje

Elemento Construtivo	Classe IFC	Parâmetros do IFC	Quantificação	Unidade	IfcMeasureWithUnit	Observações
Laje	IfcSlab	Concreto - C-25 - Abatimento 14 cm	AltoQi_Eberick-Itens_associados. Concreto - C-25 - Abatimento 14 cm	m³	VOLUMEUNIT / CUBIC_METRE	Parâmetros nativos do IFC
		Forma - Estrutura - Concreto	AltoQi_Eberick-Itens_associados. Forma - Estrutura - Concreto	m²	AREAUNIT / SQUARE_METRE	
		Armadura - Aço CA60 - ø 5.0 mm	AltoQi_Eberick-Itens_associados. Armadura - Aço CA60 - ø 5.0 mm	kg	MASSUNIT / KILO GRAM	
		Armadura - Aço CA50 - ø 6.3 mm	AltoQi_Eberick-Itens_associados. Armadura - Aço CA50 - ø 6.3 mm	kg	MASSUNIT / KILO GRAM	
		Armadura - Aço CA50 - ø 8.0 mm	AltoQi_Eberick-Itens_associados. Armadura - Aço CA50 - ø 8.0 mm	kg	MASSUNIT / KILO GRAM	
		Armadura - Aço CA50 - ø 10.0 mm	AltoQi_Eberick-Itens_associados. Armadura - Aço CA50 - ø 10.0 mm	kg	MASSUNIT / KILO GRAM	
		Armadura - Aço CA50 - ø 12.5 mm	AltoQi_Eberick-Itens_associados. Armadura - Aço CA50 - ø 12.5 mm	kg	MASSUNIT / KILO GRAM	
		Armadura - Aço CA50 - ø 16.0 mm	AltoQi_Eberick-Itens_associados. Armadura - Aço CA50 - ø 16.0 mm	kg	MASSUNIT / KILO GRAM	
		Area_Laje	Pset_SlabCommom. Area_Laje	m²	AREAUNIT / SQUARE_METRE	Parâmetros a serem criados pela ferramenta no IFC
		NBR15965_Tabela3E	ClassificationReferences. NBR15965_Tabela3E	-		
		NBR15965_Tabela3R	ClassificationReferences. NBR15965_Tabela3R	-		

Fonte: os autores.

Figura 5: Lista de Parâmetros para auxiliar a extração de quantitativos de Estaca

Elemento Construtivo	Classe IFC	Parâmetros do IFC	Quantificação	Unidade	IfcMeasureWithUnit	Observações
Fundação	IfcPile	Concreto - C-25 - Abatimento 14 cm	AltoQi_Eberick-Itens_associados. Concreto - C-25 - Abatimento 14 cm	m³	VOLUMEUNIT / CUBIC_METRE	Parâmetros nativos do IFC
		Forma - Estrutura - Concreto	AltoQi_Eberick-Itens_associados. Forma - Estrutura - Concreto	m²	AREAUNIT / SQUARE_METRE	
		Armadura - Aço CA60 - ø 5.0 mm	AltoQi_Eberick-Itens_associados. Armadura - Aço CA60 - ø 5.0 mm	kg	MASSUNIT / KILO GRAM	
		Armadura - Aço CA50 - ø 6.3 mm	AltoQi_Eberick-Itens_associados. Armadura - Aço CA50 - ø 6.3 mm	kg	MASSUNIT / KILO GRAM	
		Armadura - Aço CA50 - ø 8.0 mm	AltoQi_Eberick-Itens_associados. Armadura - Aço CA50 - ø 8.0 mm	kg	MASSUNIT / KILO GRAM	
		Armadura - Aço CA50 - ø 10.0 mm	AltoQi_Eberick-Itens_associados. Armadura - Aço CA50 - ø 10.0 mm	kg	MASSUNIT / KILO GRAM	
		Armadura - Aço CA50 - ø 12.5 mm	AltoQi_Eberick-Itens_associados. Armadura - Aço CA50 - ø 12.5 mm	kg	MASSUNIT / KILO GRAM	
		Armadura - Aço CA50 - ø 16.0 mm	AltoQi_Eberick-Itens_associados. Armadura - Aço CA50 - ø 16.0 mm	kg	MASSUNIT / KILO GRAM	
		Comprimento	Pset_PileCommom. Comprimento	cm	LENGTHUNIT / CENTI METRE	Parâmetros a serem criados pela ferramenta no IFC
		Quantidade	Pset_PileCommom. Quantidade	UN	COUNTUNIT	
		NBR15965_Tabela3E	ClassificationReferences. NBR15965_Tabela3E	-		
		NBR15965_Tabela3R	ClassificationReferences. NBR15965_Tabela3R	-		

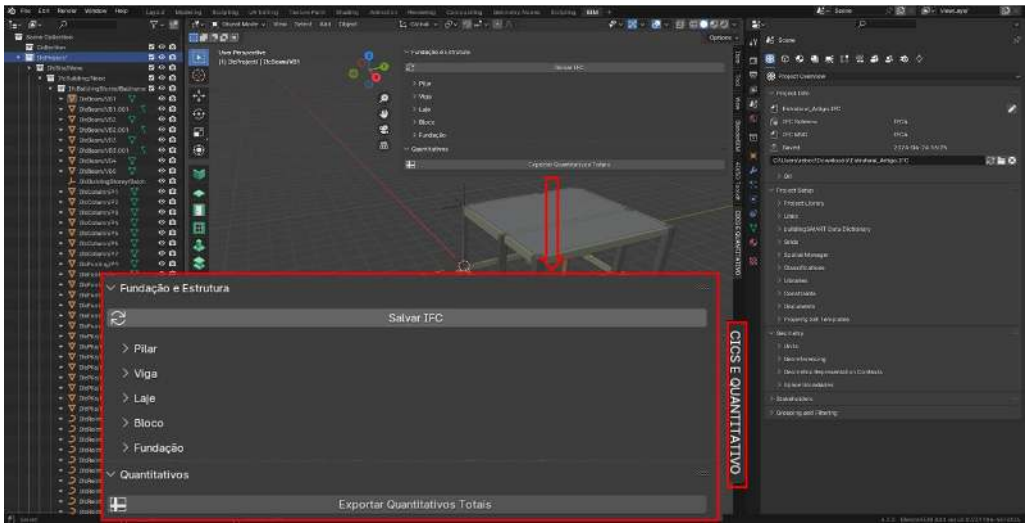
Fonte: os autores.

Quanto às unidades utilizadas no modelo IFC, o software Eberick utiliza para as dimensões dos elementos, “cm - centímetro”, para área, “m² - metro quadrado”, e para volume, “m³ - metro cúbico”. Para a extração de quantitativos, a ferramenta desenvolvida converte a unidade de comprimento de “cm – centímetro” para “m – metro”.

2ª ETAPA – DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA

A interface da ferramenta, denominada “CICS E QUANTITATIVO”, foi desenvolvida utilizando o software Blender versão 4.0 e o *add-on* BlenderBIM versão v0.0.231104. Foi necessário também compreender a estrutura de dados do IFC e as técnicas de programação em linguagem Python, a fim de criar as funcionalidades da interface, tais como: selecionar os elementos de acordo com a classe IFC, classificar os elementos conforme as tabelas 3E e 3R da NBR 15965, criar propriedades (Psets) e parâmetros do sistema de classificação no modelo IFC, e exportar os quantitativos do modelo para planilha em Excel. A Figura 6 exemplifica, de forma geral, as abas da ferramenta desenvolvida na ferramenta.

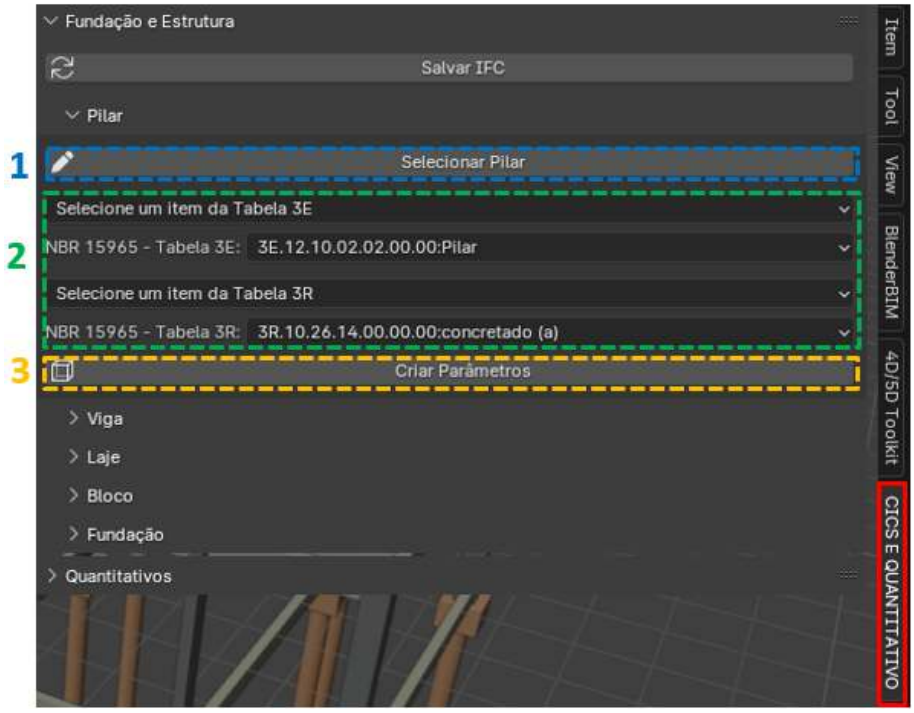
Figura 6: Interface da ferramenta para inserção de parâmetros personalizados e extração de quantitativos



Fonte: os autores.

Na aba “Fundação e Estrutura”, foi desenvolvido uma aba para cada elemento construtivo, como Pilar, Viga, Laje, Bloco, Fundação e um botão “Salvar IFC” para salvar o arquivo IFC após a inserção dos parâmetros no modelo. Em cada aba correspondente ao elemento construtivo, foi desenvolvido um botão que permite selecionar os elementos pertencentes a essa classe IFC, permitindo ao projetista que filtre e visualize apenas os elementos que estão sendo trabalhados no momento da inserção dos parâmetros. Posteriormente, foi desenvolvido o botão “Criar Parâmetros” a fim de criar os parâmetros apresentados anteriormente nas Figura 3, Figura 4 e Figura 5. A Figura 7 exemplifica a sequência para o elemento construtivo Pilar.

Figura 7: Funcionalidades desenvolvidas para a inserção de parâmetros no elemento Pilar do modelo IFC



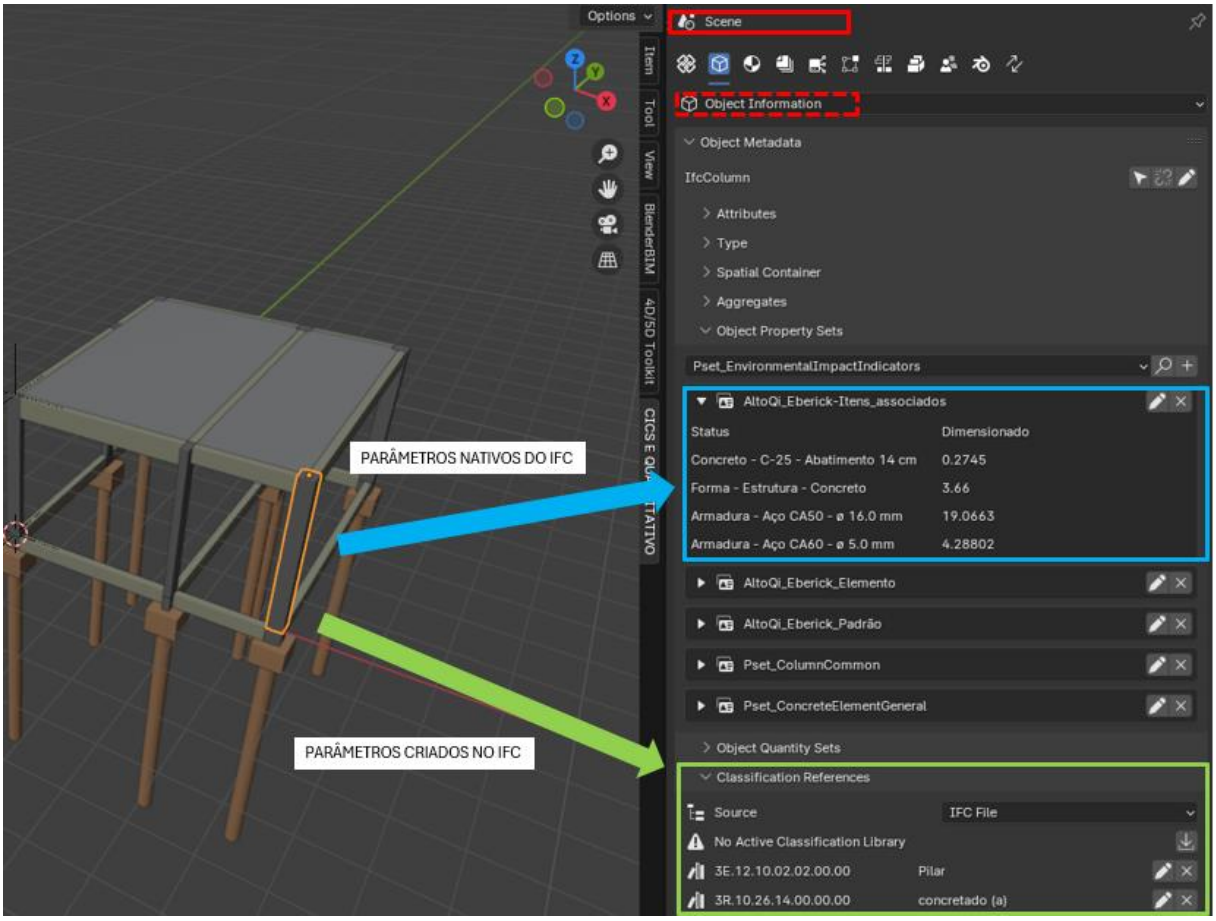
Fonte: os autores.

Os parâmetros criados no campo “Classification References” são apresentados abaixo dos parâmetros nativos da propriedade “AltoQi_Eberick-Itens_associados”, conforme exposto anteriormente na Figura 3. Tais parâmetros podem ser visualizados no Blender na aba “Scene”, janela “Object Information”, exemplificado na Figura 8.

As abas dos elementos contrutivos Viga, Laje, Bloco e Fundação apresentam as mesmas funcionalidades da aba Pilar. Dessa forma, a partir da ferramenta desenvolvida o projetista cria os parâmetros necessários para cada elemento construtivo do modelo.

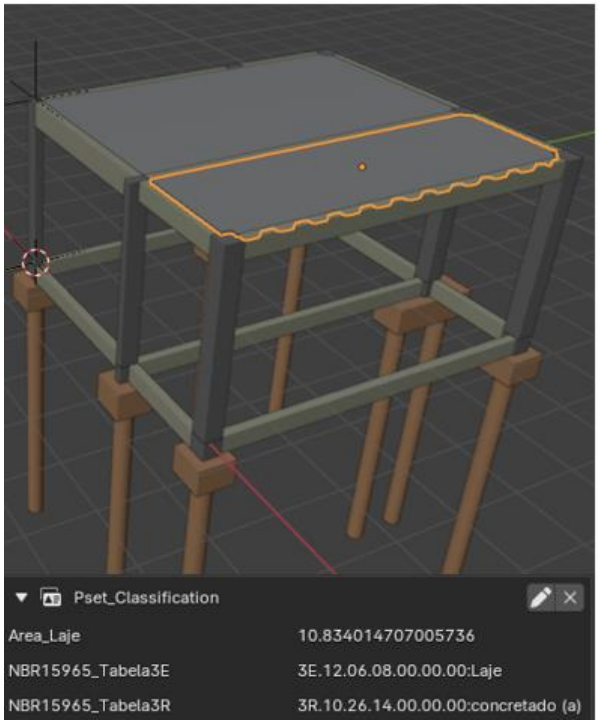
A Figura 9 expõe os parâmetros criados para o elemento Laje. Observa-se que, para o elemento Laje, além dos parâmetros das Tabelas 3E e 3R da NBR 15965, foi criado o parâmetro “Area_Laje” na propriedade “Pset_SlabCommom” (propriedade nativa do IFC), que calcula a área de cada laje existente no modelo. Foi necessário criar esse parâmetro, pois não é um parâmetro nativo do modelo, conforme apresentado na Figura 4, porém é importante para a etapa de orçamentação.

Figura 8: Visualização dos parâmetros nativos e dos parâmetros criados no elemento Pilar



Fonte: os autores.

Figura 9: Visualização dos parâmetros criados nos elementos Laje

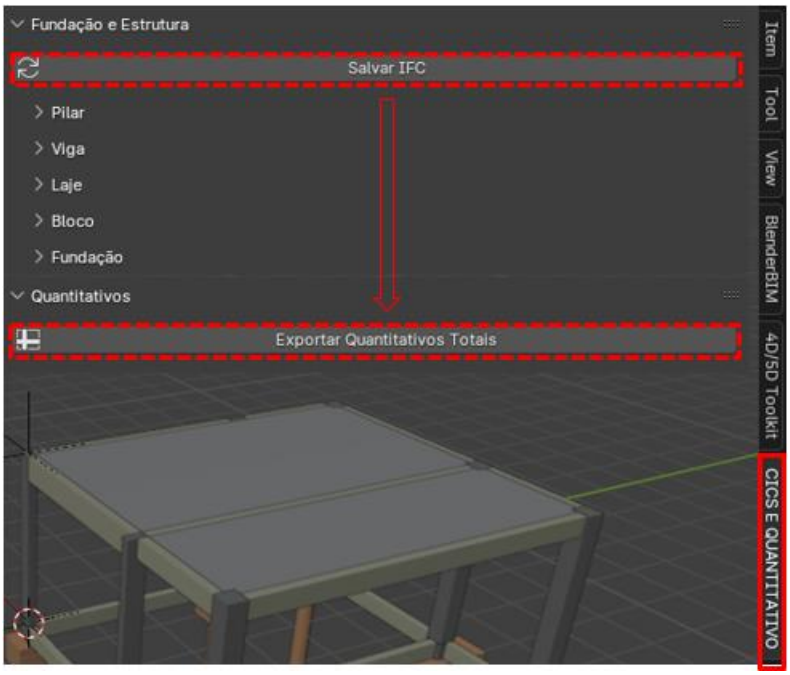


Fonte: os autores.

De forma semelhante, são criados os parâmetros para o elemento Bloco e para o elemento Fundação, que no caso é a Estaca. Percebe-se que, para o elemento Estaca, além dos parâmetros das Tabelas 3E e 3R da NBR 15965, também foram criados os parâmetros “Comprimento” e “Quantidade”, que calculam o comprimento unitário e a quantidade unitária de estaca existente no modelo. Esses parâmetros foram criados, pois são importantes para a quantificação de comprimento total das estacas, porém não são parâmetros nativos do modelo, conforme apresentado na Figura 5.

Após a inserção dos parâmetros necessários em todos os elementos construtivos do modelo IFC, deve-se salvar o arquivo IFC clicando no botão “Salvar IFC”. Posteriormente, deve-se exportar os quantitativos totais dos elementos do modelo (Figura 10). Ao clicar no botão “Exportar Quantitativos Totais” na aba “Quantitativos”, uma planilha em Excel é gerada, apresentando para cada elemento construtivo o parâmetro da Tabela 3E associado e os parâmetros nativos existentes no modelo e suas respectivas unidades e quantidades.

Figura 10: Comandos para Salvar o arquivo IFC e Exportar os Quantitativos Totais do modelo

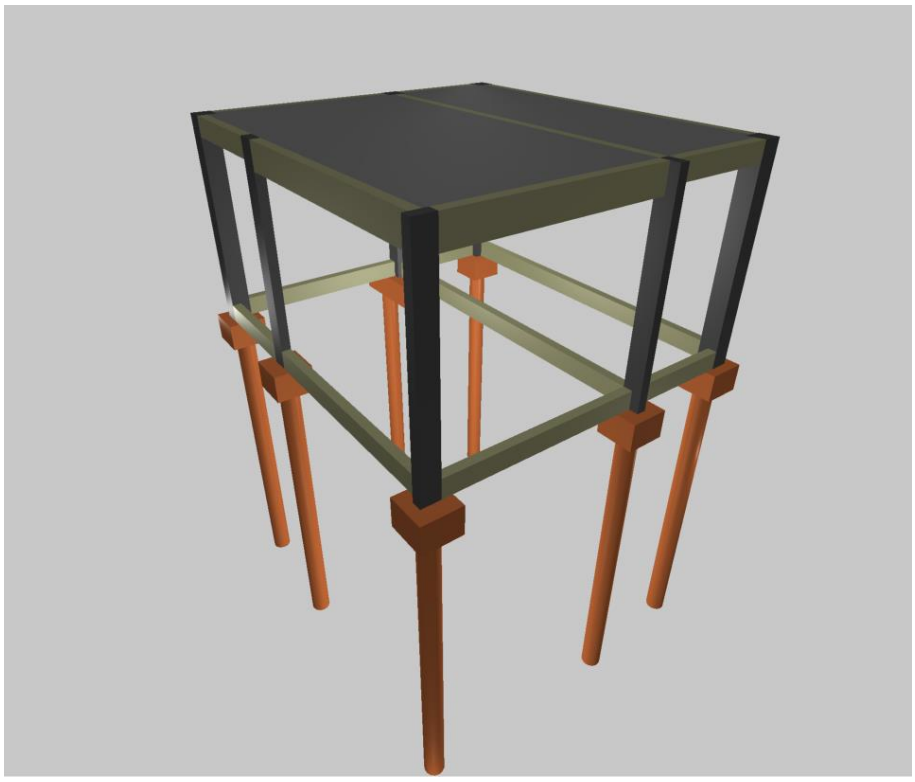


Fonte: os autores.

3ª ETAPA – APLICAÇÃO DA FERRAMENTA

Com a finalidade de utilizar a ferramenta desenvolvida, foi elaborado um projeto estrutural no software AltoQI Eberick em concreto armado, conforme exposto na Figura 11.

Figura 11: Modelo de projeto estrutural



Fonte: os autores.

O projeto estrutural será exportado do software AltoQI Eberick no formato IFC para ser aberto no software Blender para a aplicação da ferramenta.

4ª ETAPA – VALIDAÇÃO DA FERRAMENTA

Por fim, a última etapa consiste em validar os resultados dos quantitativos ao comparar a lista de quantitativos extraída pelo software AltoQI Eberick com a lista de quantitativos extraída pela ferramenta desenvolvida.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Diante do método de pesquisa apresentado, serão apresentados os resultados para a aplicação da ferramenta desenvolvida a um projeto estrutural. O software AltoQI Eberick gera uma lista de quantitativos para o projeto estrutural do estudo de caso. A Figura 12 expõe o resumo de materiais, tanto moldados in loco quanto pré-moldados, para os elementos construtivos do modelo, como Pilares, Vigas, Lajes e Fundações. Percebe-se que os quantitativos de Fundações gerados pelo Eberick se referem, nesse caso, aos quantitativos dos Blocos.

Figura 12: Lista de Quantitativos extraído do software Eberick

Resumo de Materiais (Moldados in Loco)

Resumo por bitola e por elemento

Aço	Diâmetro (mm)	Peso + 0 % (kg)				
		Vigas	Pilares	Lajes	Fundações	Total
CA50	6.3	0.2	0.0	24.3	0.0	24.5
CA50	8.0	92.7	0.0	0.0	3.4	96.2
CA50	10.0	9.7	65.7	0.0	0.0	75.4
CA50	12.5	0.0	29.1	0.0	0.0	29.1
CA50	16.0	45.6	66.8	0.0	0.0	112.4
CA60	5.0	42.2	36.0	12.0	20.7	110.9

Resumo por material e por elemento

		Vigas	Pilares	Lajes	Fundações	Total
Peso total + 0% (kg)	CA50	148.2	161.6	24.3	3.4	337.5
	CA60	42.2	36.0	12.0	20.7	110.9
	Total	190.4	197.6	36.3	24.1	448.4
Volume concreto (m³)	C-25	2.6	1.7	1.8	1.6	7.6
Área de forma (m²)		38.1	25.1	0.0	9.3	72.5
Consumo de aço (kg/m³)		74.5	119.1	19.8	15.5	59.0

Fonte: os autores.

Posteriormente, o arquivo IFC do projeto estrutural desenvolvido no Eberick foi importado para o Blender por meio do add-on BlenderBIM. Assim, pôde-se utilizar a ferramenta desenvolvida no projeto de estudo de caso.

A ferramenta foi utilizada conforme apresentado na seção do método da pesquisa, seguindo todos os passos expostos na 2ª Etapa. Dessa forma, após a inserção dos parâmetros necessários, gerou-se a planilha de quantitativos em Excel dos elementos construtivos do modelo IFC, exemplificada na Figura 13.

Figura 13: Planilha de quantitativos gerada pela ferramenta desenvolvida

NBR15965	NOME DA PROPRIEDADE	UNIDADE	QUANTIDADE
3E.12.10.02.02.00.00:Pilar	Armadura - Aço CA60 - ø 5.0 mm	kg	36.0
3E.12.10.02.02.00.00:Pilar	Armadura - Aço CA50 - ø 10.0 mm	kg	65.7
3E.12.10.02.02.00.00:Pilar	Armadura - Aço CA50 - ø 12.5 mm	kg	29.1
3E.12.10.02.02.00.00:Pilar	Armadura - Aço CA50 - ø 16.0 mm	kg	66.8
3E.12.10.02.02.00.00:Pilar	Concreto - C-25 - Abatimento 14 cm	m³	1.7
3E.12.10.02.02.00.00:Pilar	Forma - Estrutura - Concreto	m²	25.1
3E.12.06.02.00.00.00:Viga	Armadura - Aço CA60 - ø 5.0 mm	kg	42.2
3E.12.06.02.00.00.00:Viga	Armadura - Aço CA50 - ø 6.3 mm	kg	0.2
3E.12.06.02.00.00.00:Viga	Armadura - Aço CA50 - ø 8.0 mm	kg	92.7
3E.12.06.02.00.00.00:Viga	Armadura - Aço CA50 - ø 10.0 mm	kg	9.7
3E.12.06.02.00.00.00:Viga	Armadura - Aço CA50 - ø 16.0 mm	kg	45.6
3E.12.06.02.00.00.00:Viga	Concreto - C-25 - Abatimento 14 cm	m³	2.6
3E.12.06.02.00.00.00:Viga	Forma - Estrutura - Concreto	m²	38.1
3E.12.06.08.00.00.00:Laje	Armadura - Aço CA60 - ø 5.0 mm	kg	12
3E.12.06.08.00.00.00:Laje	Armadura - Aço CA50 - ø 6.3 mm	kg	24.3
3E.12.06.08.00.00.00:Laje	Concreto - C-25 - Abatimento 14 cm	m³	1.8
3E.12.06.08.00.00.00:Laje	Area_Laje	m²	29.9
3E.10.02.02.00.00.00:Bloco de fundação	Armadura - Aço CA60 - ø 5.0 mm	kg	20.7
3E.10.02.02.00.00.00:Bloco de fundação	Armadura - Aço CA50 - ø 8.0 mm	kg	3.4
3E.10.02.02.00.00.00:Bloco de fundação	Concreto - C-25 - Abatimento 14 cm	m³	1.6
3E.10.02.02.00.00.00:Bloco de fundação	Forma - Estrutura - Concreto	m²	9.3
3E.10.04.02.00.00.00:Estaca	Comprimento	m	40.4
3E.10.04.02.00.00.00:Estaca	Quantidade	UN	8

Fonte: os autores.

Dessa forma, ao analisar os quantitativos gerados pelo software Eberick e pela ferramenta desenvolvida, elaborou-se a Tabela 1 apresentando a comparação entre os quantitativos. Assim, por meio da tabela verifica-se que os valores das colunas QTD (FERRAMENTA) e QTD (EBERICK) são iguais, exceto nos parâmetros “Area_Laje” para o elemento Laje, e “Comprimento” e “Quantidade” para o elemento Estaca, os quais são parâmetros inseridos pela ferramenta no modelo IFC, pois auxiliarão na etapa da elaboração do orçamento. Conforme projeto estrutural, a área total de laje é igual a 29.9 m², a quantidade total de estaca é igual a 8 UN e o comprimento total de estaca é igual a 40.4 m (comprimento unitário de estaca é igual a 5.05 m).

Tabela 1: Tabela comparativa entre os quantitativos extraídos da ferramenta desenvolvida no Blender e do Eberick

NBR15965	NOME DA PROPRIEDADE	UN	QTD (FERRAMENTA)	QTD (EBERICK)	DIFERENÇA (%)
3E.12.10.02.02.00.00:Pilar	Armadura - Aço CA60 - ø 5.0 mm	kg	36.0	36.0	0.00%
3E.12.10.02.02.00.00:Pilar	Armadura - Aço CA50 - ø 10.0 mm	kg	65.7	65.7	0.00%
3E.12.10.02.02.00.00:Pilar	Armadura - Aço CA50 - ø 12.5 mm	kg	29.1	29.1	0.00%
3E.12.10.02.02.00.00:Pilar	Armadura - Aço CA50 - ø 16.0 mm	kg	66.8	66.8	0.00%
3E.12.10.02.02.00.00:Pilar	Concreto - C-25 - Abatimento 14 cm	m³	1.7	1.7	0.00%
3E.12.10.02.02.00.00:Pilar	Forma - Estrutura - Concreto	m²	25.1	25.1	0.00%
3E.12.06.02.00.00.00:Viga	Armadura - Aço CA60 - ø 5.0 mm	kg	42.2	42.2	0.00%

3E.12.06.02.00.00.00:Viga	Armadura - Aço CA50 - ø 6.3 mm	kg	0.2	0.2	0.00%
3E.12.06.02.00.00.00:Viga	Armadura - Aço CA50 - ø 8.0 mm	kg	92.7	92.7	0.00%
3E.12.06.02.00.00.00:Viga	Armadura - Aço CA50 - ø 10.0 mm	kg	9.7	9.7	0.00%
3E.12.06.02.00.00.00:Viga	Armadura - Aço CA50 - ø 16.0 mm	kg	45.6	45.6	0.00%
3E.12.06.02.00.00.00:Viga	Concreto - C-25 - Abatimento 14 cm	m³	2.6	2.6	0.00%
3E.12.06.02.00.00.00:Viga	Forma - Estrutura - Concreto	m²	38.1	38.1	0.00%
3E.12.06.08.00.00.00:Laje	Armadura - Aço CA60 - ø 5.0 mm	kg	12	12	0.00%
3E.12.06.08.00.00.00:Laje	Armadura - Aço CA50 - ø 6.3 mm	kg	24.3	24.3	0.00%
3E.12.06.08.00.00.00:Laje	Concreto - C-25 - Abatimento 14 cm	m³	1.8	1.8	0.00%
3E.12.06.08.00.00.00:Laje	Area_Laje	m²	29.9	-	-
3E.10.02.02.00.00.00:Bloco de fundação	Armadura - Aço CA60 - ø 5.0 mm	kg	20.7	20.7	0.00%
3E.10.02.02.00.00.00:Bloco de fundação	Armadura - Aço CA50 - ø 8.0 mm	kg	3.4	3.4	0.00%
3E.10.02.02.00.00.00:Bloco de fundação	Concreto - C-25 - Abatimento 14 cm	m³	1.6	1.6	0.00%
3E.10.02.02.00.00.00:Bloco de fundação	Forma - Estrutura - Concreto	m²	9.3	9.3	0.00%
3E.10.04.02.00.00.00:Estaca	Comprimento	m	40.4	-	-
3E.10.04.02.00.00.00:Estaca	Quantidade	UN	8	-	-

Fonte: os autores.

Portanto, pode-se afirmar que a ferramenta desenvolvida é válida para a inserção de parâmetros personalizados e para extrair corretamente os quantitativos a partir do modelo IFC. Dessa forma, essa ferramenta *Open Source* desenvolvida viabiliza uma integração entre a classificação da informação dos modelos BIM e a otimização da extração dos quantitativos, podendo ser utilizada, posteriormente, para facilitar o processo de orçamentação.

CONCLUSÃO

Conforme exposto no presente estudo, o *OpenBIM* surge como um facilitador para a implementação do BIM na Indústria da Construção, possibilitando a interoperabilidade entre diferentes softwares e sistemas e promovendo uma troca eficiente de informações entre os profissionais ao longo de todo o ciclo de vida do projeto. O objetivo principal da pesquisa foi desenvolver uma ferramenta eficiente e acessível para a extração de quantitativos a partir de modelos IFC, utilizando softwares *Open Source.*

A ferramenta desenvolvida no software Blender, que é aberto e gratuito, buscou explorar os benefícios dos softwares gratuitos e dos formatos de arquivo em padrão aberto, como uma maneira de incentivar a utilização dessas ferramentas *Open Source*,

sem depender exclusivamente de softwares proprietários para a extração de quantitativos do modelo IFC.

Os resultados obtidos no estudo de caso demonstraram a eficiência da ferramenta desenvolvida para integrar as etapas de modelagem de projeto e de extração precisa dos quantitativos a partir do modelo IFC, utilizando as terminologias do Sistema Nacional de Classificação da Informação da Construção.

Os principais desafios encontrados durante a pesquisa foram relacionados à utilização correta da estrutura do IFC no desenvolvimento do código em Python no Blender. Assim, foi necessário um estudo criterioso do esquema de dados do IFC, assim como da API de programação do Blender e de outras bibliotecas da linguagem Python, a fim de possibilitar a criação das funcionalidades da ferramenta desenvolvida.

Dessa forma, a presente pesquisa contribui para o avanço da utilização de ferramentas *Open Source* em projetos BIM e para a integração entre as etapas de modelagem de projeto e extração de quantitativos, promovendo um fluxo de trabalho mais coeso e eficiente. Para estudos futuros, verifica-se que existem outras funcionalidades como elaboração de cronogramas, de orçamento, além de análise energética do projeto, que podem ser implementadas a partir da integração entre as informações do modelo IFC e a programação em Python no Blender.

REFERÊNCIAS

[1] AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Guia 3: BIM na quantificação, orçamentação, planejamento e gestão de serviços da construção: Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC.** v. 3. Brasília, 2017.

[2] ANDRADE, M. L. V. X. de; RUSCHEL, R. C. Interoperabilidade de Aplicativos BIM usados em Arquitetura por meio do Formato IFC. **Gestão & Tecnologia de Projetos,** v. 4, n. 2, p. 76–111, 2009. DOI: https://doi.org/10.4237/gtp.v4i2.102.

[3] LEE, S.-K.; KIM, K.-R.; YU, J.-H. BIM and ontology-based approach for building cost estimation. **Automation in Construction**, v. 41, p. 96–105, 2014. DOI: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.10.020.

[4] SACKS, R.; EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; LEE, G. **Manual de BIM - 3.ed.: Um Guia de Modelagem da Informação da Construção para Arquitetos, Engenheiros, Gerentes, Construtores e Incorporadores.** Porto Alegre: Bookman Editora, 2021.

[5] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15965: Sistema de classificação da informação da construção.** Rio de Janeiro, 2022.

[6] BUILDINGSMART. **OpenBIM Definition.** 2024. Disponível em: https://www.buildingsmart.org/about/openbim/openbim-definition/. Acesso em: 17 abril 2024.

[7] XU, Z.; XIE, Z.; WANG, X.; NIU, M. Automatic Classification and Coding of Prefabricated Components Using IFC and the Random Forest Algorithm. **Buildings,** v. 12, n. 688, p. 688, 2022. DOI: https://doi.org/10.3390/buildings12050688.

[8] SOUTHALL, R.; BILJECKI, F. The VI-Suite: a set of environmental analysis tools with geospatial data applications. **Open Geospatial Data, Software and Standards,** v. 2, n. 1, p. 23, 2017. DOI: https://doi.org/10.1186/s40965-017-0036-1.

[9] GODOI, T. C. **Interoperabilidade entre Modelos BIM e Análises Energéticas: Desenvolvimento de Ferramenta no Blender para Integração de Dados de Modelos IFC Com Método Simplificado de Análise da INI-R.** 2023. 133 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Eficiência Energética e Sustentabilidade) – Fundação Universidade Federal de Mato Grasso do Sul, Mato Grosso do Sul, 2023.

[10] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 16739-1: Industry Foundation Classes (IFC) for Data Sharing in the Construction and Facility Management Industries — Part 1: Data Schema.** 2 ed. 2024.

[11] ZHANG, L.; EL-GOHARY, N. Automated IFC-based building information modelling and extraction for supporting value analysis of buildings. **International Journal of Construction Management**, v. 20, p. 1–20, 2018. DOI: https://doi.org/10.1080/15623599.2018.1484850.

[12] BUILDINGSMART. **IFC4 - Addendum 2 - Technical Corrigendum 1.** 2024. Disponível em: https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4/ADD2_TC1/HTML/. Acesso em: 24 abril 2024.

[13] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 22274: Systems to manage terminology, knowledge and content Concept-related aspects for developing and internationalizing classification systems.** 1 ed. 2013.

[14] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 12006-2: Construção de Edificação: Organização de Informação da Construção. Parte 2: Estrutura para Classificação.** Rio de Janeiro, 2018.

[15] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 12006-2: Building construction — Organization of information about construction works — Part 2: Framework for classification.** 2 ed. 2015.

[16] AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Guia 2: Classificação da Informação no BIM: Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC.** v. 2. Brasília, 2017.

[17] MICELI JUNIOR, G. **Modelagem de Informação da Construção para Gestão de Projetos de Obra de Infraestrutura de Defesa.** 2019. 263 p. Tese (Doutorado no Programa de Pós-graduação em Engenharia de Defesa) – Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2019.

[18] SILVA, R. P.; FERREIRA, S. L.; CARDOSO, L. R. de A. SINAPI and CPOS Review Proposal to Effective BIM Incorporation of These Measurement Criteria in Public Works. *In*: **Proceedings of the 18th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering: ICCCBE 2020.** São Paulo: Springer, 2021. p. 626–642. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-51295-8_44.

[19] KUZMINYKH, A.; KUKINA, A.; BARDINA, G. 4D and 5D Design Processes Automation Using Databases, Classification and Applied Programming. ***In*: Smart Innovation, Systems and Technologies**. 2022. v. 247, p. 667–675. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-16-3844-2_59.

[20] ANDRADE, F. M. R.; BIOTTO, C. N.; SERRA, S. M. B. Modelagem BIM para orçamentação com uso do SINAPI. **Gestão & Tecnologia de Projetos,** v. 16, n. 2, p. 93–111, 2021. DOI: https://doi.org/10.11606/gtp.v16i2.170318.

[21] MOURA, R. V. A. R.; NIELSEN, O. A.; MICELI JUNIOR, G.; PELLANDA, P. C. Planilha automatizada de classificação de insumos e de composições do SINAPI de acordo com a NBR 15965. *In*: **Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído (SBQP), 2023. Anais [...]**. 2023. DOI: https://doi.org/10.46421/sbqp.v8i.3678.

[22] ANDRADE, I.; ALBUQUERQUE, A.; NASCIMENTO, D. DO; FERNANDES, R. Diretrizes de Criação de Templates para Modelagem em BIM com base no SINAPI: Estudo dos Modelos de Custo. In: **ptBIM 2020 - 3o Congresso Português de Building Information Modelling**, Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2020. DOI: https://doi.org/10.24840/978-972-752-272-9_0141-0150.

[23] ALBUQUERQUE, L. P. da C. de; MICELI JUNIOR, G.; PELLANDA, P. C. Panorama, vantagens e desafios da orçamentação em BIM no cenário brasileiro. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção,** v. 14, p. e023020, 2023. DOI: https://doi.org/10.20396/parc.v14i00.8667843.

[24] SANTOS, R. L. D.; CAMPELO FILHO, C. R.; VALÉRIO, B. M. V. Otimização da extração de quantitativos para orçamento de obras por meio de software BIM: uma proposta de matriz de parâmetros. **Gestão & Tecnologia de Projetos,** v. 18, n. 1, p. 151–172, 2023. DOI: https://doi.org/10.11606/gtp.v18i1.204175.

[25] DRESCH, A.; LACERDA, D.; ANTUNES JÚNIOR, J. A. V. **Design Science Research: Método de Pesquisa para Avanço da Ciência e Tecnologia.** 1 ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.