



**Universidade Federal de Santa Catarina
Centro Tecnológico
Departamento de Engenharia Civil**

Luiz Gustavo Gonzaga Braga Silva

**Verificação de atendimento a requisitos de informação por elemento utilizando
Information Delivery Specification em projetos de edificações residenciais apoiados
em *Building Information Modeling***

17 de dezembro de 2024

Luiz Gustavo Gonzaga Braga Silva

**Verificação de atendimento a requisitos de informação por elemento utilizando
Information Delivery Specification em projetos de edificações residenciais apoiados
em *Building Information Modeling***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado pelo acadêmico Luiz Gustavo Gonzaga Braga Silva à banca examinadora do Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Professor orientador: Alexandre Hering Coelho, Dr.

17 de dezembro de 2024

Dedico este trabalho a toda minha família, que lutou como pôde em toda a trajetória, a minha esposa, que tanto me apoia e a Deus, por tudo.

Ficha catalográfica gerada por meio de sistema automatizado gerenciado pela BU/UFSC.
Dados inseridos pelo próprio autor.

Silva, Luiz Gustavo Gonzaga Braga
Verificação de atendimento a requisitos de informação por elemento utilizando Information Delivery Specification em projetos de edificações residenciais apoiados em Building Information Modeling / Luiz Gustavo Gonzaga Braga Silva ; orientador, Alexandre Hering Coelho, 2024.
79 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico,
Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2024.

Inclui referências.

1. Engenharia Civil. 2. Building Information Modeling.
3. Open BIM. 4. Information Delivery Specification. 5.
Código aberto. I. Coelho, Alexandre Hering. II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em
Engenharia Civil. III. Título.

Luiz Gusthavo Gonzaga Braga Silva

Título: Verificação de atendimento a requisitos de informação por elemento utilizando Information Delivery Specification em projetos de edificações residenciais apoiados em Building Information Modeling

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de Engenheiro civil e aprovado em sua forma final pelo Departamento de engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.

Local Auditório 2, 05 de Dezembro de 2024.

Prof. Liane Ramos da Silva, Dra.
Coordenadora do Curso

Banca examinadora



Documento assinado digitalmente
Alexandre Hering Coelho
Data: 17/12/2024 17:19:04-0300
CPF: ***.478.099-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof.(a) Alexandre Hering Coelho, Dr.
Orientador

Prof.(a) Cristine do Nascimento Mutti, Dra
Membro

Eng. Felipe Scotti Alves Tonin Simoni
Membro

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Antônio e Lúcia, que são inspiração, não só para mim, mas para qualquer pessoa que os conheça, e que me apoiaram incondicionalmente durante todos estes anos.

À minha irmã, Kamylla, que me suportou em amor pelos anos compartilhando a mesma casa e demonstra um cuidado caprichoso por mim.

À minha esposa, Vanessa, não só pelo suporte técnico no trabalho, mas pelas conversas, risadas e pela preocupação em melhorar o ambiente e o ânimo durante os piores momentos.

Aos meus amigos, Pablo e Maria Eduarda, casal que sempre demonstrou preocupação e animação com este trabalho.

Aos meus tios e tias que contribuíram de todas as maneiras para que eu chegasse até este momento, desde o início da graduação.

Ao grupo de amigos mais próximos, Lucas Raphael, Lucas Wieth, Lucas Bianchi, Davy, Benjamin, Daniel, Rafael, Carlos, Kelvin, Mateus, Rian e Natan, que, mesmo em momentos de discordância, me deram ouvidos e foram boa companhia.

Ao casal Osvaldo e Zenilda, que sempre me trataram como filho desde a chegada em Florianópolis, apoiando e dando suporte sempre que necessário.

À toda a comunidade da Igreja Presbiteriana na Trindade, comunidade cristã onde estive em boa parte do meu tempo na graduação e onde conheci uma parte dos citados aqui.

Ao professor Alexandre H. Coelho, que cooperou com boas conversas relacionados ao tema do trabalho e orientou os passos para o resultado final.

Aos membros componentes da banca, professora Cristine Mutti e o colega de trabalho Felipe Simoni, pelo tempo dedicado à leitura e correção deste trabalho.

A Sandra, Rodrigo, André e Luciana, padrinhos que sempre se mantiveram intencionalmente por perto e demonstraram amor, carinho e preocupação.

A Deus, que preparou todo o caminho e as pessoas que o cruzaram durante todo o percurso.

A todas as pessoas que cooperaram direta e indiretamente com a produção deste trabalho.

"Foco! Foco! Foco!"

Antônio E. Braga

RESUMO

Este trabalho aborda a verificação de requisitos de informação dos elementos de um projeto *Building Information Modeling* (BIM) de um edifício residencial, a partir da utilização do *Information Delivery Specification* (IDS), padrão aberto escrito em XML que faz parte do processo Open BIM, desenvolvido pela Building SMART Internacional. Os arquivos de entrada para o estudo são modelos em formato IFC e requisitos de informação em formato de texto para o projeto. O objetivo do estudo é avaliar a confiabilidade e a eficiência do padrão, bem como seu potencial, levantando as forças, fraquezas, ameaças e oportunidades percebidas, através de sua aplicação em dois *softwares*, sendo um privado, o Solibri, e outro de código aberto, o Blender utilizando o *plugin* Bonsai. Além de avaliar o IDS, o estudo também busca apresentar maneiras de criar o arquivo IDS em formato XML sem a utilização de programação e de visualizar os resultados da verificação gratuitamente, enquanto gera uma comparação dos dois *softwares*. Aspectos relacionados à definição dos requisitos quanto a seu conteúdo, forma e formato são destacados, visto que percebe-se um descuido com esses no cenário atual do BIM no mercado brasileiro, especialmente nas análises feitas no documento contendo os requisitos de informações por elemento utilizado para criar as especificações do IDS. A partir dos resultados encontrados, é atestada a eficácia do IDS na criação, comunicação e verificação dos requisitos no estudo de caso, apesar de algumas ressalvas. Com isso, espera-se contribuir para o avanço do IDS e auxiliar o processo de tomada de decisão envolvendo engenheiros projetistas e equipes de coordenação no que diz respeito à escolha pelo uso do padrão e aos processos envolvidos em seu uso.

Palavras-chave: Building Information Modelling (BIM), Information Delivery Specification (IDS), Industry Foundation Classes (IFC), Open Source, IFC Open Shell, Open BIM.

ABSTRACT

This study deals with the verification of information requirements for the elements of a Building Information Modeling (BIM) project for a residential building, using the Information Delivery Specification (IDS), an open standard written in XML that is part of the Open BIM process, developed by Building SMART International. The input files for the research are models in IFC format and information requirements in text format for the project. The research aims to assess the reliability and efficiency of the standard, as well as its potential, by identifying perceived strengths, weaknesses, threats, and opportunities through its application in two softwares: one proprietary, Solibri, and the other open-source, Blender using the Bonsai plugin. In addition to evaluating the IDS, the research also seeks to present methods for creating the code without programming and for visualizing the verification results for free, while generating an indirect comparison of the two softwares. Aspects related to the definition of requirements regarding their content, form, and format are highlighted, as it is noted that these aspects are often neglected in the current BIM scenario in the Brazilian market, especially in the analyses of the document containing the information requirements per element used to create the IDS specifications. Based on the findings, the effectiveness of the IDS in creating, communicating, and verifying requirements is confirmed, despite some caveats. Thus, this study aims to contribute to decision-making for coordinators and projects designers in selecting the software that best meets their team's needs.

Keywords: Building Information Modelling (BIM), Information Delivery Specification (IDS), Industry Foundation Classes (IFC), Open Source, IFC Open Shell, Open BIM.

Lista de Figuras

1	Etapas do ACC	8
2	Comparativo BIM e processo tradicional	13
3	Processo de projeto	22
4	Gráfico de Gantt	24
5	Tempo efetivo trabalhado	24
6	Fluxograma do método	26
7	Introdução do IDS no processo de projeto	28
8	Parede unificada - Solibri	30
9	Especificações criadas no IDS	34
10	Aba de Filtros - IDS <i>Editor</i>	35
11	Aba de requisitos - IDS <i>Editor</i>	36
12	Texto legível para especificação 1	37
13	Texto legível para especificação 2	37
14	Texto legível para especificação 3	38
15	Texto legível para especificação 4	38
16	Texto legível para especificação 5	38
17	Texto legível para especificação 6	39
18	Texto legível para especificação 7	39
19	Texto legível para especificação 8	39
20	Quadro de checagem - Solibri	40
21	Quadro de resultados - Solibri	41
22	Resultados da especificação 1 - Solibri	42
23	Resultados da especificação 2 - Solibri	42
24	Resultados da especificação 3 - Solibri	42
25	Resultados da especificação 4 - Solibri	43
26	Resultados da especificação 5 - Solibri	43
27	Resultados da especificação 6 - Solibri	43
28	Resultados da especificação 7 - Solibri	44
29	Resultados da especificação 8 - Solibri	44
30	Sumários de resultados para especificações - Solibri	45
31	Sumário de resultados - Blender	47
32	Resultados em HTML - Blender	47
33	Resultados em ODS - Blender	48
34	Resultados em BCF - Blender	49

35	Apresentação de resultados interna - Blender	50
36	Quadro de elementos reprovados - Blender	50
37	Resultados da especificação 1 - Blender	51
38	Resultados da especificação 2 - Blender	51
39	Resultados da especificação 3 - Blender	51
40	Resultados da especificação 4 - Blender	51
41	Resultados da especificação 5 - Blender	52
42	Resultados da especificação 6 - Blender	52
43	Resultados da especificação 7 - Blender	52
44	Resultados da especificação 8 - Blender	52
45	Especificação completa	58

Lista de Tabelas

1	Resultado de avaliação dos guias selecionados	10
2	Modelos de colaboração	11
3	Custo adicional de interoperabilidade inadequada na indústria da construção em milhões de dólares	14
4	Resumo de resultados obtidos com Solibri e Blender	55

Lista de Quadros

1 Matríz SWOT das análises feitas 57

Lista de siglas

2D Duas Dimensões 1–3

3D Três Dimensões 1, 2, 4, 13, 20

ACC *Automated Compliance Check* 7, 8, 10, 17

ACD Ambiente Comum de Dados 12, 18, 21–25, 27, 58

BCF *BIM Collaboration Format* 49, 59

BIM *Building Information Modeling* xii, 1–6, 9–12, 18, 21–23, 28, 29, 36, 54, 55, 58, 59, 61

CAD *Computer Aided Desig* 1, 2, 13, 21

CSCW *Computer Supported Cooperative Work* 7

Estrategia BIM BR Estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modeling* 5

HTML *HyperText Markup Language* 46–49

IA Inteligência Artificial 56

IDS *Information Delivery Specification* 5–7, 16–18, 21, 27–29, 31, 32, 34, 36, 39, 40, 45, 46, 50, 53–59, 61, 62

IFC *Industry Foundation Classes* 5, 15, 16, 20–23, 25, 27–29, 31, 35, 36, 45, 46, 48, 49, 56, 58, 59, 61, 62

NiN Nível de Informação Necessário 27, 62

ODS *Open Document Format for Office Applications* 48, 49

PDF *Portable Document Format* 22, 23

PSet *Property Set* 31–34, 53

QA Quality Assurance 9

QC Quality Control 9

RIE Requisito de Informação dos Elementos 4, 9, 10, 21, 22, 24, 27–29, 34, 53

sf Square Foot 14

SWOT *Strengths, Weaknesses, Opportunities e Threats* 56

XML *Extensible Markup Language* 34, 56, 57

Sumário

Lista de siglas	ix
1 Introdução	1
1.1 Objetivos	5
1.1.1 Objetivo geral	5
1.1.2 Objetivos específicos	5
2 Revisão bibliográfica	7
2.1 Verificação de requisitos de informação	7
2.2 Interoperabilidade com IFC, IDS e o processo <i>Open Building Information Modeling</i> (BIM)	11
2.2.1 <i>Industry Foundation Classes</i>	15
2.2.2 <i>Information Delivery Specification</i>	16
3 Mapeamento de processos BIM no caso de estudo	18
3.1 Fases do projeto	19
3.2 Trocas de arquivos de projeto	21
3.3 Cronograma de projeto	23
3.4 Modelo federado	25
4 Método	26
4.1 Proposta de fluxo utilizando o <i>Information Delivery Specification</i>	27
4.2 Coleta de dados	28
4.3 Montagem do modelo federado	29
4.4 Avaliação de informações disponíveis no modelo <i>Industry Foundation Classes</i>	29
4.5 Definição dos requisitos e <i>properties</i> a serem verificadas	31
4.5.1 Arquitetura	31
4.5.2 Estrutura	33
4.6 Criação de documento <i>Information Delivery Specification</i>	34
4.7 Verificação de modelo federado com <i>Information Delivery Specification</i>	36
5 Apresentação dos resultados	37
5.1 Resultados da criação das especificações no <i>IDS Editor</i>	37
5.1.1 Arquitetura	37
5.1.2 Estrutura	39

5.2	Resultados utilizando o Solibri	39
5.3	Resultados para requisitos de arquitetura	42
5.3.1	Resultados para requisitos de estrutura	43
5.4	Resultados utilizando o Blender	45
5.5	Resultados para requisitos de arquitetura	51
5.5.1	Resultados para requisitos de estrutura	52
6	Análise de resultados	53
6.1	O <i>Information Delivery Specification</i>	53
6.2	Criação das especificações	57
6.3	Solibri e Bender	58
7	Conclusão	61
	Referências	62

1 Introdução

A elaboração de projetos na construção civil assistida por ferramentas de desenho em Duas Dimensões (2D) no sistema *Computer Aided Desig* (CAD), ou, em português, desenhos assistidos por computador foi consolidada durante muitos anos no mundo. Essa metodologia de trabalho marcou várias gerações de engenheiros civis por permitir o registro gráfico de projetos de construções de maneira técnica com o auxílio de computadores, o que facilitou a criação e edição de dados que registram as decisões e soluções tomadas pelos(as) projetistas, visando garantir que as informações na obra fossem fieis às produzidas durante as etapas de projeto.

Essas ferramentas, no entanto, têm duas características que ainda são um desafio para a elaboração de projetos: primeiro, dificultam a tarefa de projetar em Três Dimensões (3D), deixando o projeto mais distante da realidade e em segundo lugar, trazem dificuldades para o compartilhamento de dados dos projetos.

Neste sentido, Eastman et al. (2009) afirmam que a prática tradicional de desenhos utilizando computadores tinha como objetivo representar elementos em 2D de maneira a possibilitar que as pessoas pudessem interpretá-los como informações de construção e que o principal requisito era que os desenhos parecessem visualmente corretos, representando adequadamente o que seria construído e contivessem algumas informações para a compatibilização. Diferente disso, atualmente os modelos são orientados a objetos que possuem tipo e propriedades, tornando os requisitos mais rigorosos.

Sacks et al. (2021) complementam essa ideia afirmando que todos os sistemas CAD geram arquivos que consistem principalmente de vetores, tipos de linha associados e identificação de camadas (*layers*), com blocos de dados e textos sendo associados à medida que esses sistemas foram se desenvolvendo. Os autores afirmam que, com este avanço, cada vez mais usuários desejaram compartilhar os dados associados aos projetos e o foco, que antes se concentrava em desenhos e imagens 3D, se transferiu para os próprios dados do projeto. Ainda, Sacks et al. (2021) apontam que o objeto dos processos BIM são modelos de construção ou modelos BIM.

Modelos de construção são caracterizados por:

- Componentes de construção que são representados por objetos (representações digitais) que levam consigo atributos gráficos e de dados computáveis que os identificam para aplicativos de *software*, bem como regras paramétricas que lhes permitem ser manipulados de maneira inteligente.
- Componentes que incluem dados que descrevem como eles se comportam, conforme necessário para análises e processos de trabalho, tais como quantificação, especificação e análise energética.
- Dados consistentes e não redundantes, de forma que as modificações nos dados dos componentes sejam representadas em todas as visualizações dos componentes e nos conjuntos dos quais eles fazem parte. (SACKS et al., 2021)

Consolidou-se entre os projetistas que cumprir a tarefa de projetar uma parede nos *softwares* de desenho 2D trata-se de desenhar duas linhas paralelas geralmente afastadas em 15 centímetros uma da outra e, para projetar um cômodo é necessário dispor um contorno com essas linhas com a forma do ambiente planejado. Assim, a interpretação visual de informações, tanto geométricas quanto construtivas têm grande parcela no sucesso do projeto.

A representação e extração de propriedades como área e outras características geométricas de uma parede, os materiais que as compõem e o volume de um ambiente podem ser adicionadas a um projeto desenvolvido em ferramentas CAD, mas demandam de seu autor um alto investimento de trabalho manual e tempo para sua representação. Scheer et al. (2007) apontam que muitas vezes, o cliente não consegue entender claramente o que as linhas representam, dificultando a compreensão dos projetos 2D.

O mesmo já não acontece em um modelo BIM, já que os *softwares* possibilitam desenhar um elemento e vincular informações a ele para que o próprio aplicativo reconheça-o como parede, com características específicas do elemento, a exemplo de comprimento, largura, altura e informações que especificam e detalham, geralmente chamadas de *properties*. Scheer et al. (2007) apontam que com recursos de modelagem tridimensional, é possível a visualização automática de plantas, cortes, elevações, além do modelo 3D, assim como a inserção de auto-textos em carimbos e um elemento pode dar origem a diversas vistas, podendo ser apresentado em planta, corte e perspectiva automaticamente.

Paralelamente ao trabalho dos projetistas, também é desenvolvida por uma equipe de profissionais uma verificação de conflitos entre os projetos desenvolvidos. Atualmente, cada disciplina que compõe um empreendimento é comumente desenvolvida por um projetista diferente. A pessoa responsável pelo projeto arquitetônico é diferente da que desenvolve o projeto hidráulico, que não é a mesma que produz o projeto de climatização e assim por diante.

Callegari et al. (2007) afirmam que "com o aumento da atividade de projetar, cresce também o trabalho em equipe, produzindo interações entre os profissionais, proporcionando um aprendizado coletivo". Eles ainda completam apontando que existe uma evolução contínua do sistema para cada profissional envolvido em um projeto forçada pela variabilidade dos empreendimentos, que possuem diversas características diferentes entre si, como padrão construtivo, tipo e recursos, levando os envolvidos a constantes esforços, sejam particulares ou em cooperação.

Enquanto, por um lado, isso provoca um aumento da qualidade de cada projeto, ao passo que possibilita o desenvolvimento de uma especialização maior daqueles que o fazem, por outro lado cria uma demanda de investimento para detectar os problemas que acontecem entre os projetos e as equipes. Mas de acordo com Callegari et al. (2007), a compatibilização simplifica a execução e otimiza a utilização de materiais e mão de obra na construção.

Este trabalho de detecção de conflitos entre as disciplinas de um projeto é chamado de compatibilização e foi definido por Melhado et al. (2005) como o processo em que "os projetos de diferentes especialidades são superpostos para verificar as interferências entre eles, e os problemas são evidenciados para que a coordenação possa agir sobre eles e solucioná-los".

Um dos instrumentos utilizados na verificação de projetos em BIM é a detecção automática de *clashes* pelos *softwares* desenvolvidos para isso. Em tradução literal, *clashes* são choques e, na coordenação de projetos, se trata dos conflitos existentes entre elementos de projetos diferentes. Assim, detectar estes conflitos automaticamente é conhecido como *clash detection*. Em *softwares* de desenho 2D essa tarefa é feita com a sobreposição das linhas e formas que representam os projetos e uma análise minuciosa e manual do engenheiro encarregado dessa tarefa.

De acordo com Manzione (2013) o processo de compatibilização pode ser visto como um processo colaborativo mas preserva as responsabilidades individuais de cada agente. Isso resulta em projetos com dados consistentes que podem ser compartilhados com soluções integradas e sem interferências geométricas de forma a garantir a construtibilidade da obra. Ainda, dentro do contexto do BIM, esses processos são facilitados por meio das ferramentas tecnológicas disponibilizadas. Esses conceitos são tratados no processo denominado *clash detection* ou "detecção de interferências".

Para essa verificação automática, é necessário especificar regras para o *software* utilizado e parte do desafio da criação dessas regras se resumia em traduzir os limites impostos para uma linguagem que a máquina resolva através da lógica. Essa barreira já foi ultrapassada com o desenvolvimento de programas de computador que permitem a criação dessas regras de maneira simples e com interface amigável. Dentro dessa lógica, é necessário informar ao programa quais elementos serão utilizados através de filtros compostos com as propriedades atribuídas a eles e delimitar os limites aos quais estão submetidos.

A tarefa de filtrar qual elemento dentro do projeto é uma viga em um *software* de desenho 2D, se este não carrega informações relacionadas a ela e distingue apenas linhas e preenchimentos,

faz-se difícil, enquanto nos programas de modelagem BIM, isso torna-se fácil pela possibilidade de conseguir distinguir uma viga de um pilar e ambos de uma alvenaria baseado nas informações que cada um destes carrega.

Assim, é perceptível que o sucesso de uma verificação que tem o *clash detective* como ferramenta auxiliar a figura responsável por compatibilizar os projetos está diretamente ligado à atribuição correta das *properties*, já que os filtros são construídos baseados nelas e da classe dos elementos.

Uma vez que há a definição das informações necessárias em cada elemento e da organização do projeto para que essas sejam utilizadas, surge a necessidade de registro e compartilhamento dessas diretrizes. As *properties*, que devem acompanhar cada parte de um projeto, podem variar de uma incorporadora para outra e, dentro delas, de um projeto para outro.

As empresas que se preocupam com a coordenação dos projetos em BIM e envolvem o gerenciamento de informações neste processo se atentam em definir um nível de detalhamento do projeto antes mesmo do começo do trabalho dos projetistas contratados, especificando as informações que devem acompanhar cada tipo de elemento durante todo o processo. O resultado disso costuma ser um documento chamado de Requisito de Informação dos Elementos (RIE), responsável por garantir a produção, o compartilhamento e a verificação das *properties* durante todo o processo.

Contudo, de acordo com Marco, Slongo e Siegele (2024), o processo atual entre a aquisição de informações e o processamento dessas em modelos 3D é caracterizado por um alto grau de complexidade e ineficácia. Mesmo com todas as facilidades trazidas pelo BIM, ainda há alguns desafios a ser superados. Isso pode ser visto no tempo gasto pelos coordenadores de projetos e suas equipes para conferência de um por um dos elementos, selecionando-os, lendo as informações e comparando com o RIE.

As definições importantes para o projeto, a escolha de tipologias e métodos construtivos e a comunicação com projetistas e com a incorporadora, no caso de empresas de coordenação terceirizadas, são tarefas de alto impacto para o projeto que passam a contar com menor atenção do coordenador de projetos quando este precisa gastar tempo verificando o atendimento ao RIE, que neste contexto se torna um alto esforço com resultado não garantido.

Além disso, a conferência pode ser feita em uma amostra de elementos que atendem ao RIE, mas que não representam todo o projeto. Por exemplo: ao conferir as paredes dos pavimentos de embasamento e pavimento tipo de um empreendimento pode haver uma conclusão precipitada de que todas as paredes possuem especificação quanto a sua função, se é externa ou interna à edificação, já que alguns elementos escolhidos aleatoriamente atendem ao requisito. Porém, no pavimento ático o mesmo pode não acontecer.

Mediante a isso, surgem os desafios de compartilhamento de requisitos com todos os envolvidos no projeto de maneira interpretável tanto por pessoas como pelo computador e otimizar o tempo gasto para comparar os requisitos de um projeto com as informações que realmente acompanham

os elementos do mesmo, garantindo que essas estejam em um formato que permita a sua correta utilização baseada na intenção de uso definida no início do processo pela incorporadora.

A Building SMART Internacional, organização sem fins lucrativos que fomenta um fluxo de trabalho digital visando permitir maior colaboração chamado de *open BIM*, conectando todas as figuras do processo através de padrões internacionais abertos e interoperáveis para BIM¹ desenvolve ferramentas, dentre as quais se encontra o *Information Delivery Specification (IDS)*, que busca definir requisitos de informação em um formato interpretável pelo computador e permite a verificação automática de conformidade de modelos *Industry Foundation Classes (IFC)*².

Este é um padrão aberto que coopera, também, com a Estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modeling (Estratégia BIM BR)*, que propõe em seu objetivo IX incentivar a concorrência no mercado por meio de padrões neutros de interoperabilidade BIM e, para isso, desdobra em duas ações: (a) incentivar a utilização de padrões neutros BIM para intercâmbio de dados e (b) promover fluxos de trabalho em formatos abertos para colaboração.

Diante do exposto, entende-se que é pertinente analisar a verificação do atendimento aos requisitos de informação em projetos BIM com o auxílio do IDS, visando cooperar com o desenvolvimento do padrão, que propõe reduzir os esforços para comunicar e verificar os requisitos definidos. Com isso, busca-se também, a partir dos resultados apresentados, contribuir para que projetistas e coordenadores tenham um resumo da análise dessa verificação feita em dois *softwares*, sendo um privado e outro em código aberto para que possam decidir sobre sua utilização e os processos envolvidos.

1.1 Objetivos

Esta seção apresenta os objetivos geral e específicos que guiam o desenvolvimento do trabalho.

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo geral do trabalho é avaliar o uso do IDS na tarefa de conferir o atendimento aos requisitos de informação de projetos em BIM, a partir do apontamento das forças, fraquezas, ameaças e oportunidades decorrentes da aplicação realizada em dois *softwares*.

1.1.2 Objetivos específicos

- (a) Analisar as vantagens da descentralização da responsabilidade de verificação de projeto quanto ao seguimento de requisitos de informação com auxílio do computador.

¹<<https://www.buildingsmart.org/about/what-we-do/>> - que faz a Building Smart?

²<<https://www.buildingsmart.org/standards/bsi-standards/information-delivery-specification-ids/>> - O que é IDS?

- (b) Cooperar com a estratégia BIM BR, demonstrando a possibilidade de uso de *softwares* de código aberto para o processo de projetos em BIM.
- (c) Apresentar alternativa para a criação do IDS que não utilize ambientes de programação.
- (d) Buscar no mercado meios de visualização gratuita dos resultados da verificação realizada por meio do IDS.

2 Revisão bibliográfica

Esta seção apresenta conceitos essenciais para o entendimento do estudo desenvolvido, bem como a fundamentação teórica que sustentou o direcionamento do trabalho. Para isso, é explorada a literatura sobre a verificação de requisitos de informações em projetos com auxílio de computador e os padrões abertos utilizados durante o estudo.

2.1 Verificação de requisitos de informação

A compatibilização de projetos sempre aconteceu. Segundo Melhado et al. (2005), "na compatibilização, os projetos de diferentes especialidades são superpostos para verificar as interferências entre eles, e os problemas são evidenciados para que a coordenação possa agir sobre eles e solucioná-los". Em tempos onde os desenhos eram feitos à mão em papéis os projetos eram colocados um sobre o outro fisicamente e se usava a experiência em construir e projetar para encontrar possíveis conflitos.

Posteriormente, com o auxílio do computador, ainda assim era necessária uma sobreposição de projetos em planta baixa em um espaço virtual que contava com algumas facilidades mas, em essência, a tarefa ainda era manual. Com o avanço da tecnologia, surgiram ferramentas que auxiliam os agentes da compatibilização através de verificação automática dos conflitos entre projetos com o auxílio de computadores.

Os autores Marco, Slongo e Siegele (2024) dão ao processo de verificação de projetos através de regras criadas em *softwares* o nome de verificação de conformidade automatizada, do inglês *Automated Compliance Check* (ACC). Os autores afirmam que a integração do ACC e do IDS trazem um avanço fundamental para a indústria da construção e têm muito potencial por ter um caráter de dualidade, ao passo que pode ser lido por humanos e por máquinas.

Bannon et al. (1988) criaram, em 1988, o termo trabalho cooperativo suportado por computador ou *Computer Supported Cooperative Work* (CSCW), que diz respeito ao processo de suportar equipes com diversos envolvidos em um sistema computacional. Segundo Mills (2009), essa linha de pesquisa segue em dois pontos de vista: um focado em tecnologia, buscando desenvolver instrumentos para prestar melhor suporte às pessoas trabalhando juntas e outro com foco no trabalho, partindo do entendimento dos processos de trabalho para trazer melhorias dos desenhos de sistemas.

Eastman et al. (2009) dizem que o ACC é composto por quatro etapas e que dentre essas, as três primeiras demandam um compartilhamento de convenções entre os envolvidos no projeto. Essas etapas estão mostradas na figura 1, sendo elas: (1) interpretação de regras e estruturação lógica de regras para sua aplicação; (2) preparação do modelo de construção, onde as informações necessárias

para a verificação são preparadas; (3) fase de execução da regra, que realiza a verificação, e (4) o relatório dos resultados da verificação.

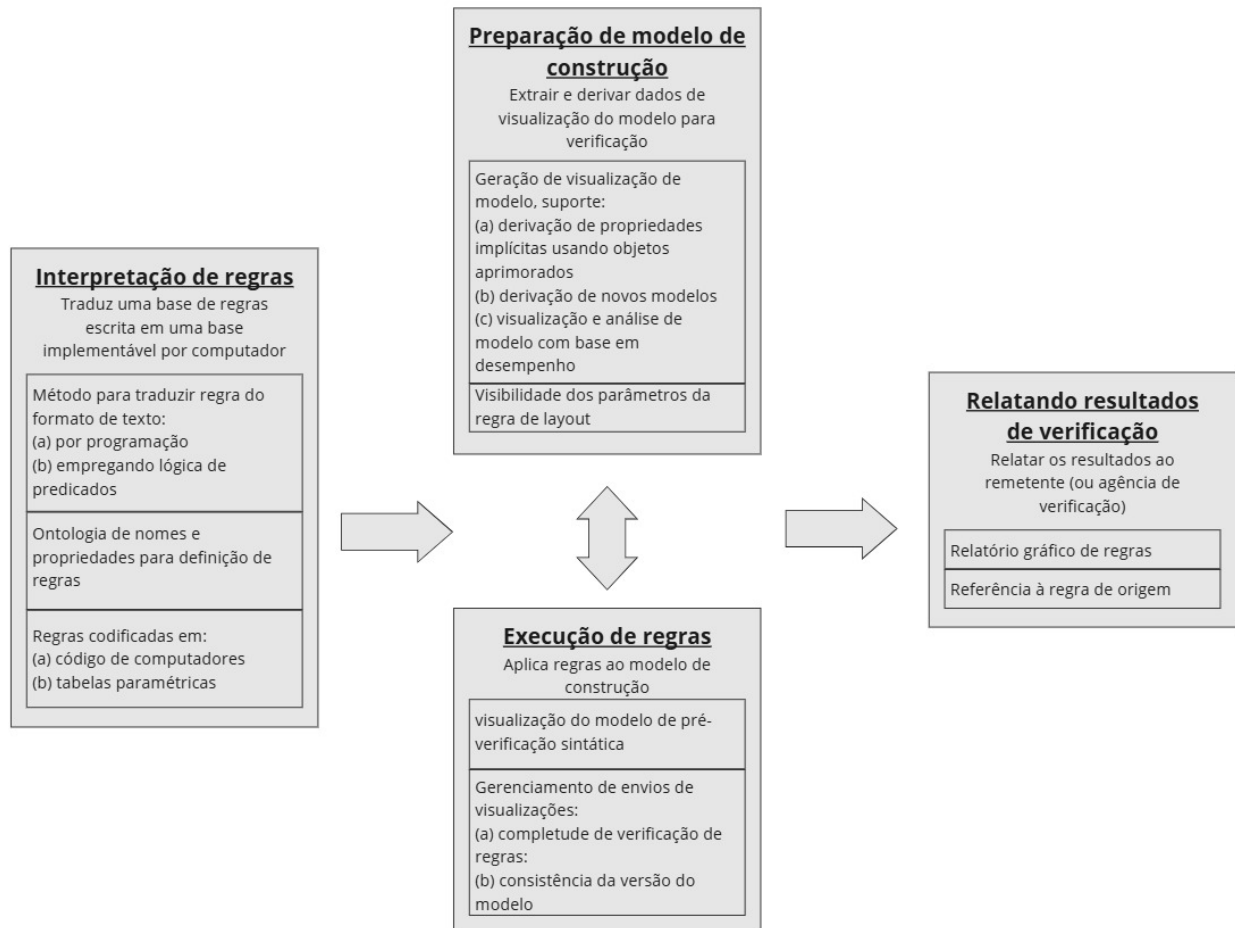


Figura 1: Quatro classes do ACC. Fonte: traduzido de Eastman et al. (2009)

A interpretação de regras e estruturação lógica consiste em traduzir a regra legível para humanos em uma base interpretável por computador, etapa que precisa ser cumprida para a sua aplicação. Posteriormente, é feita a preparação do modelo de construção, comumente chamado de modelo federado, que consiste na mescla de todos os modelos recebidos em uma visualização única. A execução de regras consiste na aplicação das especificações criadas na primeira etapa, legíveis ao computador, e o ciclo é finalizado com o reporte das inconsistências encontradas à equipe pertinente, sendo ela a responsável por desenvolver o projeto ou uma agência específica para verificações.

Para que essas regras sejam criadas, há uma demanda de padronização de requisitos de informações que devem acompanhar as entidades de um modelo para que sejam compostos filtros que definem quais elementos passam pelas verificações e os requisitos a serem aplicados.

A ISO 19650 (2022) coloca que mesmo antes de considerar a informação propriamente dita é necessário compreender as razões pelas quais ela é necessária, descrevendo-a através de, principalmente, quatro fatores: (a) objetivo, que é a necessidade a ser sanada, (b) conteúdo, que é a informação de um objeto, (c) forma, que é o modo com a informação é a apresentada e (d) formato, que se trata de como a informação é codificada. Essa ideia é reforçada por Djukic, Caires e Lino (2024), que afirmam que os requisitos de informação são definidos como "o pedido da informação explícita a ser entregue num determinado momento do projeto a um destinatário indicado, num método prescrito e para um determinado fim. Logo, o papel do RIE é, então, servir como registro dos requisitos elaborados no início do processo para guiar a criação e compartilhamento de informações necessárias.

A partir do momento em que se começa um projeto, inicia-se, também, um empenho das equipes em manter as informações presentes no modelo condizentes com o especificado no RIE, cabendo ao papel de coordenação dos projetos cumprir com a rotina de verificar, nos momentos dedicados a isso, o atendimento aos requisitos elaborados e apresentados aos projetistas no início dos projetos.

Doukari e Motamedi (2022) dividem a gestão da qualidade dos dados em dois processos simultâneos: (1) a Quality Assurance (QA) e (2) o Quality Control (QC) que, em português, são a garantia de qualidade e o controle de qualidade, respectivamente, e a Standardization (2015) aponta que a QA é focada em prover a confiança de que os requisitos da qualidade serão atendidos e o QC se preocupa com o atendimento aos requisitos estabelecidos. Djukic, Caires e Lino (2024) sintetiza afirmando que, em outras palavras, QA é o processo alinhado com a criação de resultados e QC é a verificação desses resultados.

O RIE tem utilidade tanto para guiar a criação das informações por parte dos projetistas, uma vez que podem usar este documento para consultar quais informações devem ser inseridas no projeto, auxiliando a QA, quanto para a verificação das informações e sua estrutura pela equipe responsável, cooperando também com o QC.

O trabalho de Djukic, Caires e Lino (2024) aponta um estudo que avaliou vários guias publicados desde 2012 focando em diretrizes que abrangem o modelo e a verificação de qualidade. Nessa avaliação, que considerou três aspectos principais, sendo (a) garantia de qualidade/controle de qualidade, (b) requisitos de modelação e (c) normas e convenções, houve a conclusão de que mesmo com muitos destes guias apontando a importância da qualidade no BIM, há uma carência de uma metodologia pormenorizada e de requisitos específicos, confirmando a necessidade de criar uma diretriz que especifique requisitos para garantir a qualidade do modelo.

A Tabela 1 mostra os resultados da pesquisa, em que foram atribuídos os níveis baixo=1, médio=2 e alto=3 para cada aspecto dentro dos guias, mostrando um baixo nível de aprofundamento para o tópico normas e convenções nos guias.

Tabela 1: Resultado de avaliação dos guias selecionados (DJUKIC; CAIRES; LINO, 2024)

Nome do Documento	QA/QC	Requisitos de Modelação	Normas e Convenções
GSA BIM Guide	3	2	3
BIM Essential Guide	2	3	2
NATSPEC National BIM Guide	1	2	1
Singapore BIM Guide Version 2.0	3	3	1
COBIM Series 6	3	2	1
Statsbygg BIM Manual 1.2.1	2	3	3
GSFIC BIM Guide Series 01	1	3	3
The New Zealand BIM Handbook	1	2	1
CIC BIM Standards General	2	3	1
AEC (UK) BIM Technology Protocol	1	3	3
Total	19	26	19

Para Marco, Slongo e Siegele (2024) um dos principais desafios na indústria da construção é a falta de RIE claramente definidos, que impacta diretamente sobre a qualidade da informação. Paralelamente, Tomczak et al. (2022) concluem em seu estudo, após fazer uma lista de vários métodos para especificação RIE, que mesmo não havendo uma solução única para essas especificações de RIE em BIM, selecionar conscientemente os métodos levando em conta as necessidades do projeto e compreender os pontos fortes e fracos de cada método podem melhorar consideravelmente o gerenciamento de informações em projetos de construção.

Porém, isso resulta em desafios, como a conformidade com as especificações do proprietário, uma vez que é preciso definir requisitos a serem seguidos, a interoperabilidade, que busca a comunicação entre os envolvidos através de arquivos que todos possam ler e as práticas de modelagem, que apesar de serem mantidas pelos projetistas, podem sofrer alterações para o atendimento a novos requisitos.

Contudo, como afirmam Eastman et al. (2009), antes de aplicar a verificação de regras, é necessária uma verificação sintática do modelo de construção, garantindo que o mesmo carregue todas as propriedades, nomes e objetos necessários para a ACC, ou seja, nada adianta fazer regras que não se conectam com as informações do modelo, e continuam, afirmando que a execução real da regra é relativamente direta quando as regras são interpretadas de maneira consistente para a leitura do computador e de acordo com a capacidade e informações disponíveis no modelo.

Eastman et al. (2009) também destacam que a disponibilidade de informações em um modelo depende, entre outras coisas, da exigência de que o projetista forneça de maneira explícita informações necessárias para a verificação e que embora algumas dessas sejam naturais frente ao aspecto dos elementos, como tamanho de portas e janelas, outras dependem de um empenho humano, que é causa de erro.

Após um experimento visitando diversos escritórios de arquitetura brasileiros, Justi (2008) amplia a discussão, trazendo a noção de que um dos obstáculos para a implantação do Revit era a falta de um padrão para uso da tecnologia. Apesar de termos um cenário atual em que o *software* está mais consolidado, é evidente que a falta de padrões segue assombrando a implementação de novos caminhos no mercado da construção civil.

2.2 Interoperabilidade com IFC, IDS e o processo *Open BIM*

O processo de colaboração entre os projetistas em contato com a verificação de projetos com o auxílio de computadores configura um cenário em que, apesar do avanço das tecnologias ligadas ao BIM, surgem novos desafios no processo de projeto.

Kalay (1998) define a colaboração como um acordo firmado entre os participantes para compartilhar suas habilidades com o time no processo e atingir os objetivos do projeto e Leicht (2009) afirma que a colaboração é composta por três elementos: (a) colaboração é um processo, (b) colaboração envolve interação de duas ou mais pessoas e (c) as pessoas precisam trabalhar juntas em direção a um objetivo comum.

Manzione (2013) coopera com a linha de pensamento afirmando que assim como em outros países, são identificadas necessidades de grande reformulação no processo de projeto no Brasil. A tecnologia BIM e o trabalho colaborativo, segundo ele, eram considerados um estágio superior a se alcançar nessa evolução. Há também, segundo o autor, uma diferença entre a cooperação e a colaboração. Esta requer um maior comprometimento que aquela, ao passo que produz um aumento de riscos, criando uma necessidade de maior confiança entre os envolvidos.

A Tabela 2 produzida por Anumba et al. (2002) mostra os modelos de colaboração quanto à sincronia e localização dos envolvidos em um processo. Cada um desses cenários traz consequências positivas para o processo mas também coloca algumas barreiras importantes a serem rompidas pelas equipes, das quais os métodos de transferências de informações fazem parte.

Tabela 2: Modelos de colaboração (ANUMBA et al., 2002)

	Ao mesmo tempo	Em tempos diferentes
No mesmo local	Colaboração “face a face”	Colaboração assíncrona
Em locais diferentes	Colaboração síncrona distribuída	Colaboração assíncrona distribuída

Mikaldo e Scheer (2008), ao produzirem em seu trabalho uma lista de motivos que justificam a compatibilização, citam a fragmentação e a especialização crescentes dos projetistas e a separação física das equipes atuando em diferentes localidades. Assim, surge a necessidade de centralizar os arquivos e informações produzidos durante toda a fase de projetos que é suprida por plataformas e aplicativos diversos. Neste sentido, o conceito de Ambiente Comum de Dados (ACD), de acordo com Aleixo et al. (2024), vem se tornando uma das inovações mais relevantes para o setor da construção civil.

Aleixo et al. (2024) ainda acrescentam que apesar de existirem diversas alternativas de ACD no mercado, o alto custo financeiro e a falta de conhecimento técnico são motivos que fazem uma parte significativa das empresas do setor optarem por ferramentas convencionais de gestão de documentos, como Google Drive ou Dropbox que, embora tenham boas valências, não foram desenvolvidas para atender aos requisitos de colaboração e gestão definidos pela ISO 19650, como gestão de perfis de acesso ou regras de nomenclatura de arquivos.

No entanto, o uso dessas ferramentas não é sinônimo de um processo de gestão de arquivos simplificado. Ao contrário disso, é comum ver casos em que a quantidade de partes interessadas às quais deve ser garantido acesso ao ACD é alta. A segregação das disciplinas traz não só uma separação entre as convencionais, como arquitetura, estrutura, hidráulico, sanitário e elétrico como também vem dando espaço ao surgimento de disciplinas especiais como projeto para piscina, paisagismo, interiores, pressurização e outros.

Todos esses projetos, à medida que avança o processo BIM, são entregues separadamente para passar pelas verificações e, somados a outras pessoas que podem surgir a depender das estratégias adotadas pela incorporadora, que pode optar por terceirizar a coordenação dos projetos, a compatibilização dos projetos ou, ainda, contratar outros profissionais que funcionem como curadores dos projetos prestados pelos projetistas no início do processo, tem como resultado um alto fluxo de arquivos e informações no ACD que demandam horas para ser organizados e verificados quanto à vários aspectos.

A figura 2 mostra que essa complexidade não é exclusividade do processo BIM, pois a especialização dos projetistas é um processo longo que vem acontecendo durante muitos anos. No entanto, enquanto cada projetista fazia seu trabalho individualmente e trocava informações diretamente com os outros projetistas, agora temos uma centralização de todos os dados produzidos para o projeto, compondo um modelo único que mescla todos os modelos individuais.

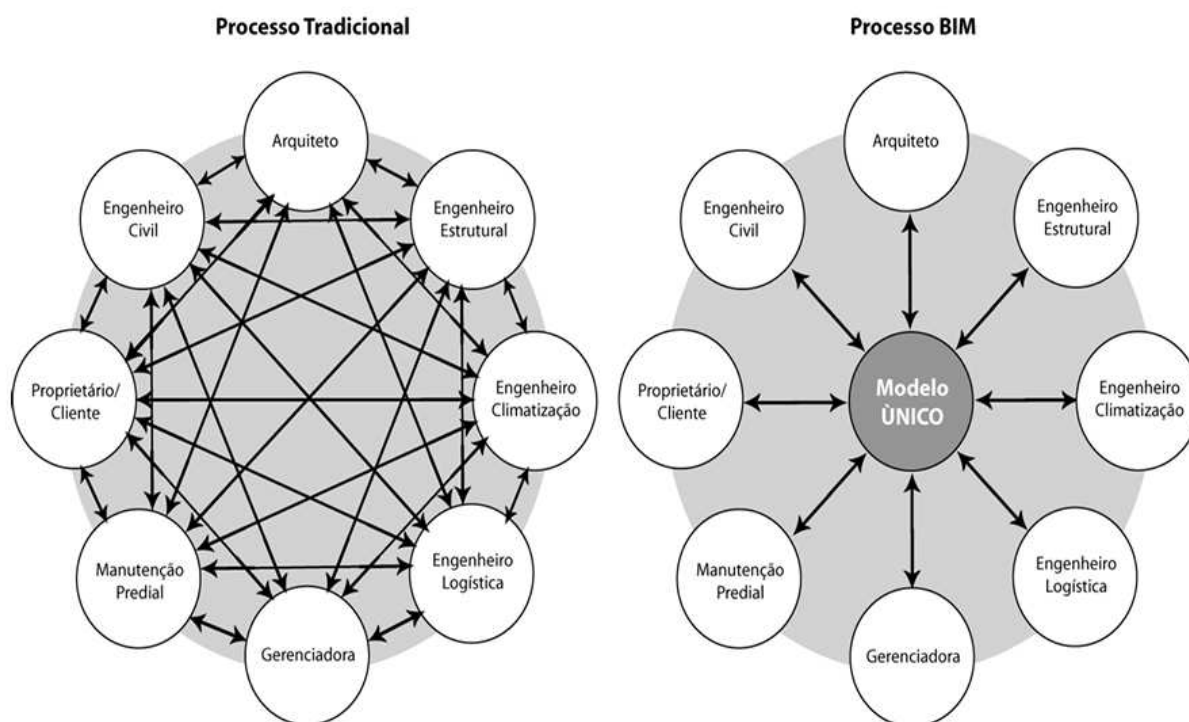


Figura 2: Processo BIM como contraponto ao processo tradicional de projeto (GOES; SANTOS, 2011)

Em 1994, Melhado e Agopyan (1994) observam que o avanço da tecnologia e das tendências contemporâneas causaram uma fragmentação das fases de desenvolvimento de um projeto, trazendo consequências para a comunicação e a integração entre as equipes. Ele também afirma que a falta de compatibilidade entre projetos de diferentes disciplinas era a causa da maioria dos erros encontrados nas construções de edifícios.

Assim, os dados de projeto que antes eram compartilhados em pranchas físicas e posteriormente foram exportados em outras formas de desenhos, como o formato CAD, agora são feitos em *softwares* de modelagem 3D que produzem arquivos em formatos nativos, ou seja, de uma forma que somente aquele próprio *software* ou outros da mesma empresa conseguem ler.

Isso cria a necessidades tanto para os projetistas, que por vezes necessitam ter acesso ao modelo de outras disciplinas para que possam desenvolver o seu projeto, quanto para as equipes de coordenação, precisam conseguir montar um modelo único para aplicar as verificações de projetos. Laakso e Kiviniemi (2012) afirmam que a não existência de um padrão aberto comum a todos os envolvidos no processo implica em uma exigência mercadológica de que cada *software* individual desenvolva tradutores que convertam seu projeto para todos os outros formatos dos *softwares* que ele deseja se comunicar, convertendo mapeamentos do arquivo interno que gera o projeto para os formatos de destinos, lidos por quem receberá a informação. Eles complementam a ideia dizendo, também, que

se um padrão aberto pode ser inserido no processo, essa conversão de formatos só precisa acontecer para frente e para trás daquele formato para serem compatíveis com qualquer aplicativo.

Além disso, a interoperabilidade inadequada pode levar a custos adicionais para proprietários de empreendimentos, como mostra o estudo feito pelo GCR (2004), que inclui tanto a troca de informações quanto seu gerenciamento em casos que não era possível que cada sistema individual acessasse as informações criadas por outros sistemas. Eastman (2011) coloca em seu livro que frequentemente essa incompatibilidade entre os sistemas são a causa de diversos problemas para o processo que incorrem em custos adicionais. A tabela 3 mostra os resultados do estudo com os aumentos de custos por grupos e, posteriormente, por Square Foot (sf) ou metro quadrado, em português, para cada macro etapa do processo.

Tabela 3: Custo adicional de interoperabilidade inadequada na indústria da construção em milhões de dólares (EASTMAN, 2011)

Grupo de Partes Interessadas	Planejamento, Engenharia, Fase de Projeto	Fase de Construção	Fase de O&M	Custo Total Adicionado
Arquitetos e Engenheiros	\$ 1.007,2	US\$ 147,0	US\$ 15,7	\$ 1.169,8
Empreiteiros Gerais	US\$ 485,9	\$ 1.265,3	US\$ 50,4	\$ 1.801,6
Empreiteiros e fornecedores especiais	US\$ 442,4	\$ 1.762,2		\$ 2.204,6
Proprietários e Operadores	US\$ 722,8	US\$ 898,0	\$ 9.027,2	\$ 1.0648,00
Total	\$ 2.658,3	\$ 4.072,4	\$ 9.093,3	\$ 15.824,00
SF aplicável em 2002	1,1 bilhão	1,1 bilhão	39 bilhões	n / D
Custo adicionado/sf	US\$ 2,42/pé quadrado	US\$ 3,70/pé quadrado	US\$ 0,23/pé quadrado	n / D

Eastman (2011) sintetiza, afirmando que "nenhum aplicativo de computador pode suportar todas as tarefas associadas ao projeto e produção de edifícios" e define que a interoperabilidade "descreve a necessidade de passar dados entre aplicativos, permitindo que vários tipos de especialistas e *softwares* contribuam para o trabalho em questão".

Embora o BIM ofereça novos métodos de colaboração, ele introduz outros problemas com relação ao desenvolvimento de equipes eficazes. Determinar os métodos que serão usados para permitir o compartilhamento adequado de informações do modelo por membros da equipe do projeto é um problema significativo. Se o arquiteto usar desenhos tradicionais em papel, será necessário que o contratante (ou um terceiro) construa o modelo para que ele possa ser usado para planejamento de construção, estimativa e coordenação etc. Criar um modelo após a conclusão do projeto adiciona custo e tempo ao projeto, mas pode ser justificado pelas vantagens de usá-lo para planejamento de construção e projeto detalhado por mecânicos, encanadores, outros subs e fabricantes, resolução de alterações de projeto, aquisição, etc. (EASTMAN, 2011)

Neste sentido, Martins (2023) coloca que a busca por soluções mais assertivas em projetos se baseia na compatibilização e interoperabilidade, que representam uma forma mais clara de resolver algumas das preocupações destacadas nas fases de planejamento das diversas disciplinas envolvidas. O propósito é gerenciar e unificar as especialidades do projeto em questão, com o objetivo de reduzir os conflitos existentes e otimizar o tempo de trabalho, tornando as soluções do objeto do projeto mais eficazes e fundamentadas em informações mais precisas.

Em todos estes trabalhos pode ser observada uma tendência de investimento na criação de formas para facilitar a comunicação entre participantes de um projeto, não só levantando definições mais claras para essa comunicação, mas, também, oferecendo meios para que os computadores auxiliem no processo, gerando mais velocidade e confiabilidade.

Mediante isso, a *Building SMART* surge em 1995 para criar padrões que ajudam os proprietários de ativos e toda a cadeia a desenvolver um trabalho mais eficiente e com colaboração em todo o ciclo de vida do projeto se concentrando na resolução de conflitos de interoperabilidade no setor da construção civil ³.

2.2.1 *Industry Foundation Classes*

A necessidade primária é o compartilhamento de projetos, composto por diversas informações importantes que incluem a visualização do projeto nos *softwares* e por outros parâmetros que descrevem as entidades do projeto.

Andrade e Ruschel (2009) afirmam que há uma necessidade de troca de informações no decorrer de todo o ciclo de vida do projeto, da construção e do uso de uma edificação que é limitada por dificuldades na troca de informações devida à baixa interoperabilidade, que, para ser considerada boa, necessita de implementação de um padrão para troca de dados. Ainda de acordo com Andrade e Ruschel (2009), o principal protocolo internacional disponível para garantir tal troca de dados é o IFC, um modelo de dados de edifícios que se baseia em objetos. Eastman (2011) coopera com a

³<<https://www.buildingsmart.org/about/who-we-are/>> - O Quem é a *Building Smart*

visão, afirmando que os problemas de interoperabilidade que adicionam tempo e custo ao projeto podem ser reduzidos com uso do padrão IFC para troca de dados.

Para Haagenrud et al. (2007), o IFC é um termo para se referir ao "esquema básico e um conteúdo de dados composto com um padrão internacional aberto e acessível ao público para estruturação e troca de informações entre aplicativos computacionais voltados para a indústria da construção" e Khemlani (2004) afirma que o IFC tem o intuito de abordar todas as informações do projeto durante todo o seu ciclo de vida.

Para a Building SMART, o IFC é "um conjunto de descrições digitais padronizadas da indústria de ativos construídos. É um padrão aberto e global publicado sob uma licença *Creative Commons* e como ISO 16739" que fornece dados do projeto de maneira interpretável pelo computador, permitindo automação de fluxos de trabalho ⁴.

O esquema IFC, ainda de acordo com a Building SMART, é um modelo de dados que codifica, de forma lógica:

- a identidade e semântica (nome, identificador exclusivo legível por máquina, tipo de objeto ou função);
- as características ou atributos (como material, cor e propriedades térmicas);
- e relacionamentos (incluindo locais, conexões e propriedade);
- de objetos (como colunas ou lajes);
- Conceitos abstratos (desempenho, custeio);
- processos (instalação, operações);
- e pessoas (proprietários, designers, empreiteiros, fornecedores, etc.).

A última versão oficial disponível do padrão no site da Building SMART é o IFC 4.3.2.0, comumente referida como IFC 4.3. Apesar disso, algumas versões anteriores estão disponíveis, que são o IFC 4.0.2.1 (IFC 4) e IFC 2.3.0.1 (IFC 2X3) e a versão IFC 5 está em desenvolvimento. Todos os detalhes técnicos de organização do IFC podem ser consultados no site oficial da Building SMART no endereço <https://technical.buildingsmart.org/standards>.

2.2.2 *Information Delivery Specification*

Após desenvolver o padrão IFC visando o compartilhamento de modelos entre todos os interessados, a *Building SMART* Internacional apresentou o padrão IDS para facilitar ainda mais a troca

⁴<<https://www.buildingsmart.org/standards/bsi-standards/industry-foundation-classes/#learn-more>> - *Industry Foundation Classes*

de informações entre diferentes pessoas no projeto de maneira automatizada, uma vez que uma máquina passa a fazer parte do trabalho, antes feito manualmente, de maneira mais rápida e assertiva. Isso acontece através da criação de diretrizes para o projeto que podem ser compartilhadas com projetistas através de um padrão interpretável pelo computador, facilitando tanto a criação quanto a verificação do atendimento aos requisitos de informação do mesmo.

Melhado e Agopyan (1994) e Manzione (2006) apontam que há incerteza e interatividade em meio as tarefas de projetos, dificultando seu planejamento e Manzione (2013) completa dizendo que isso transforma o processo de coordenação de projetos em um esforço contínuo de negociações entre os agentes envolvidos, aqui resumidos em coordenadores e projetistas.

Por isso, entre as informações que precisam ser compartilhadas em um projeto, estão os requisitos de informações, que visam assegurar que existam menos incertezas e que a interatividade no projeto tenha padrões de comunicação bem estabelecidos.

Para Marco, Slongo e Siegele (2024), vencer os desafios relacionados à eficácia e interoperabilidade do processo ACC requer a adoção de padrões abertos a ser aplicados universalmente em diferentes *softwares* de todas as partes interessadas do projeto e afirma que o IDS oferece uma solução a isso ao fornecer uma estrutura para especificar e trocar requisitos de informações, o que aprimora a interoperabilidade entre os envolvidos. Eastman et al. (2009) concluem que cabe aos projetistas que definem modelos de construção, que serão utilizados no processo ACC, prepará-los para que carreguem as informações necessárias com estruturas bem definidas e acordadas.

De acordo com a Building SMART Internacional, o IDS foi criado para definir requisitos de informação o em um formato interpretável por computador, possibilitando uma verificação automática da conformidade do modelo IFC que, para este trabalho, se resume em validar o cumprimento dos requisitos de informação.

Ainda segundo a sua criadora, este padrão coopera com uma entrega eficiente dos dados e aumenta o controle e a fidelidade dos dados através da definição das expectativas e do fornecimento de diretrizes claras sobre os dados que precisam ser trocados⁵.

⁵<https://www.buildingsmart.org/standards/bsi-standards/information-delivery-specification-ids/>

3 Mapeamento de processos BIM no caso de estudo

Esta seção descreve as características do processo de coordenação de projetos utilizado como base para o trabalho, como etapas de cronograma, ACD utilizado, composição da equipe de coordenação e documentos auxiliares ao processo, itens importantes para as noções de benefícios e perdas com o uso do IDS e a inserção de novas etapas decorrentes deste uso.

Assim, aborda-se a linha do tempo pela qual passa o projeto e as interações entre a equipe de coordenação e os arquivos produzidos pelos projetistas durante este processo que são tocantes ao assunto do trabalho com o objetivo de montar o cenário em que se foi pensado o experimento. Todas as características descritas são retiradas do processo com o qual o autor do trabalho tem experiência profissional, dentro do contexto de uma empresa atuante em todo o Brasil com a coordenação de projetos em BIM.

Este processo pode ter alterações para se encaixar em casos específicos a depender das características de cada incorporadora ou projeto. No entanto, informações regionais não são importante para o seguimento do trabalho, visto que a aplicação do IDS independe disso, a não ser para a mudança dos requisitos, respeitando as definições de cada incorporadora.

Mesmo assim, apesar das padronizações de arquivos propostas pela Building SMART Internacional e do desenvolvimento do BIM no mundo, chegando ao Brasil, o processo de coordenação de projetos em BIM pode sofrer alterações para se adaptar à realidade da aplicação, que é composta por regionalidades em nível nacional e estadual.

O setor da construção pode ter características específicas definidas pela localidade de desenvolvimento do projeto, tanto impostas por normas quanto por padrões e técnicas construtivas, por especificidades da empresa dona do empreendimento, pela intenção de uso dos projetos, pelo tempo disponível para desenvolvimento do projeto e pelas características dos projetistas contratados. Com isso, surgem empresas especializadas em coordenação de projetos em BIM ou equipes em incorporadoras que desenvolvem um método próprio de coordenação que serve como padrão para os projetos gerenciados por elas.

Assim, as etapas percorridas pelas equipes envolvidas em projetos coordenados por um time de coordenadores tendem a se repetir para todos os projetos. Pode haver ajustes do tempo de duração de cada fase ou do número de fases decorrentes de alguns fatores como marcos de projetos para a empresa dona do empreendimento, lançamento da edificação para venda ou início das obras planejado. No entanto, há uma sequência lógica a ser seguida ancorada em documentos que a sustentam e tornam replicável.

Com o número elevado de pessoas participando da criação de um projeto na construção civil há uma necessidade de organização, não só das informações de projeto, mas também das equipes interessadas no mesmo e de suas entregas. Tanto o aumento de pessoas envolvidas no projeto

quanto a inclusão de informações que antes não eram exigidas faz com que haja uma densidade muito maior de trocas, o que refletiu em como os projetos são vistos pelos responsáveis pelo andamento do projeto. De acordo com Melhado e Agopyan (1994) há quatro categorias onde podem ser distribuídos os agentes de um projeto:

- o empreendedor, que é quem gera o produto;
- o projetista, que formaliza o que é gerado pelo empreendedor;
- o construtor, responsável por viabilizar a construção do produto projetado;
- o usuário, que é quem utiliza o produto.

Para compor o cenário do trabalho, é necessário adicionar mais um agente na lista feita por Melhado e Agopyan (1994), o coordenador de projetos, que fica como responsável por fazer com que todas as outras categorias estejam em sintonia, tanto quanto aos conteúdos do projeto, quanto aos prazos. Esse papel envolve a coordenação de dados do projeto, da sua troca entre os interessados, da sua exposição com detalhes pertinentes a cada um, da comunicação entre as equipes de maneira síncrona ou assíncrona, da organização dos arquivos trocados e do atendimento aos documentos que apoiam o processo.

3.1 Fases do projeto

Uma das medidas observadas tocante ao processo de projeto é a divisão do mesmo em etapas com atividades e entregas bem definidas. O processo que compõe o caso de estudo do trabalho propõe quatro fases:

1. Estudo preliminar
2. Anteprojeto
3. Pré-Executivo
4. Executivo

Na primeira fase, chamada de estudo preliminar, é onde há as primeiras concepções de forma do empreendimento pelo(a) arquiteto(a). A sua missão é traduzir para um projeto de engenharia as ideias e estudos feitos pelas equipes que definem o produto, baseado nas movimentações de mercado e características do público alvo. Paralelamente é desenvolvido também o projeto estrutural, que passa pelas definições de quais soluções serão as mais adequadas para o empreendimento e pela

locação de elementos que podem interferir no projeto arquitetônico, como pilares e laje, causando impactos em dimensões importantes como corredores de circulação de pessoas, rampas e entreferro.

Algumas dessas sofrem imposições de limites mínimos pelas normas para garantir um bom desempenho da edificação e outras trazem preocupações para passagem de tubulações e dutos em fases posteriores. Por isso, enquanto arquitetura e estrutura desenvolvem seus projetos, as disciplinas de instalações emitem já nessa fase alguns documentos em que analisam os espaços para locação de prumadas, eletrocalhas, reservatórios superiores e inferiores, medidores, redutoras de pressão, quadros, *shafts*, subestação, casa de gás e outros elementos que demandem cuidado para garantir espaço.

Na segunda fase tem-se o anteprojeto, onde os espaços para prumadas e sistemas requeridos pelas disciplinas de instalações nos relatórios preliminares são ocupados no projeto 3D e passam pelas verificações pertinentes. São validados os espaços de maneira visual e através de regras, que nessa fase, são preparadas para apontar tanto os conflitos físicos entre elementos, como um tubo locado dentro da parede onde não deveria ou dois tubos se sobrepondo. Também é apontado não atendimento a normas, como a distância entre instalações de gás e instalações elétricas ou largura mínima de corredores.

Nessa etapa apenas as prumadas são lançadas no projeto, sem distribuição para os pontos de utilização nas unidades privativas. Também são pontos importantes a se observar os desvios de prumadas, normas referentes à disposição de reservatórios e bombas e impacto das tubulações nas vagas de garagens. Também são lançadas a entrada de água e a saída de esgoto, que deve ser compatibilizada com o levantamento topográfico, que indica as cotas do sistema de coleta de esgoto público, quando há.

A etapa Pré Executivo é onde as disciplinas de instalações fazem a distribuição das tubulações até os pontos de utilização nas áreas comuns e apartamentos, pensando em um empreendimento residencial vertical, e também são entregues as pranchas com as furações para que os furos sejam aprovados pela pessoa responsável pelo projeto estrutural. Em casos de recusa, é ainda nessa etapa que devem haver alterações pelas instalações, se adequando ao necessário.

Por fim, na quarta etapa, chamada de Projeto Executivo, há um foco em documentar em plantas baixas, cortes, elevações, memoriais e detalhes todos os projetos, uma vez que são as pranchas a principal ferramenta ainda utilizada no dia a dia das obras de construção civil no Brasil. De qualquer forma, também são disponibilizados para a empresa dona do empreendimento ou para a construtora os projetos em formato IFC, que são de posse da incorporadora, ou, ainda, podem ser utilizados *softwares* específicos para montar um modelo federado vinculado às plantas baixas para visualização do modelo 3D em obra. Devem estar presentes nessa documentação todos os itens necessários para correta interpretação do projeto como cotas, cores e legendas.

É importante pontuar que o processo descrito brevemente por vezes precisa ser adaptado às necessidades da incorporadora. Em casos em que se tem uma equipe interna de coordenação alguns desafios já são superados, já que há uma interação entre as equipes envolvidas e movimentos para entrada de cada equipe no momento correto do processo de incorporar. O mesmo já não acontece nos casos onde uma incorporadora contrata uma empresa para coordenar seus projetos. Neste caso podem acontecer alguns descompassos entre o processo de incorporação da empresa dona do empreendimento e a entrada da empresa terceirizada.

Por vezes pode haver uma demora na entrada da coordenação de projetos devido a um entendimento de que isso só precisa acontecer quando todos os projetistas já têm seus projetos minimamente modelados ou há demora por questões burocráticas da empresa. Com isso, precisa haver uma análise sobre qual fase se encontra o projeto e pode ser que alguma etapa não exista neste processo descrito.

Existem também casos em que a incorporadora possui alguns processos internos que demandem entregas dos projetistas diferentes para as fases. Enquanto para algumas empresas receber os relatórios preliminares no Estudo Preliminar em arquivo de texto é o suficiente, para outras pode ser necessário que as disciplinas de instalações desenvolvam desenhos em CAD com as informações, e isso depende, também, dos processos internos já consolidados nas incorporadoras.

3.2 Trocas de arquivos de projeto

Para que as tarefas que compõem o processo de coordenação de projetos sejam cumpridas, há uma troca de dados em diversos formatos entre os projetistas e a equipe de coordenação de projetos através do ACD, que pode ser uma plataforma dedicada a cumprir essa função ou um gerenciador de arquivos tradicional. Para este trabalho é considerada a troca de arquivos através de uma aplicação tradicional com funções básicas de manejo, como copiar, recortar colar, criar atalhos e excluir arquivos, sem ferramentas específicas para coordenação de projetos em BIM.

Muitas das funções adicionadas aos *softwares* desenvolvidos para suprir as necessidades de um ACD para coordenação de projetos em BIM não causam grande impacto na aplicação do IDS. Porém, é importante mencionar que há soluções disponíveis no mercado que já conseguem fazer uma interação entre arquivos IFC e IDS dentro da própria plataforma, não só armazenando arquivos mas possibilitando aplicá-los. No entanto, a escolha de um gerenciador de arquivos tradicional simula um cenário mais básico de aplicação da metodologia BIM e, assim, pode ser aplicado a mais cenários.

Para cada uma das fases do processo de projeto há, pelo menos, duas rodadas de entrega dos projetos pelos projetistas envolvidos na mesma. No início, é dedicado um tempo para que os projetistas produzam os projetos cumprindo o escopo de entregas e atendendo aos requisitos definidos no RIE. Após o prazo definido, há uma entrega dos arquivos produzidos para que seja feita a

verificação do projeto pela equipe de coordenação, que compreende validações de atendimento ao RIE e da correção dos problemas apontados na etapa anterior e também a compatibilização dos projetos atuais com verificações visuais e *clash detective*.

Depois dessa verificação, os problemas encontrados são registrados para serem repassados aos envolvidos e corrigidos por eles em uma rodada de ajustes com tempo definido e novos arquivos são entregues pelos projetistas no ACD com as correções feitas, que passam por uma nova verificação da equipe de coordenação focada em validar a resolução dos conflitos levantados. A Figura 3 mostra o fluxo que se repete em cada uma das quatro fases.



Figura 3: Processo repetido em cada fase do projeto

Desde a primeira fase de projeto as disciplinas que estão produzindo informações em modelos fazem a entrega dos seus projetos em três formatos: IFC, DWG e *Portable Document Format* (PDF) . O modelo BIM é entregue em formato IFC para possibilitar a leitura do mesmo por todos os envolvidos. Por parte da equipe de coordenação, a leitura é feita para verificações visuais e através de regras e pelos dos demais projetistas é importante ter informações dos outros projetos em seu

próprio ambiente de modelagem para que conflitos já sejam evitados ainda enquanto projeta. Fica mais fácil, por exemplo, que o(a) arquiteto(a) modele os *shafts* para prumadas de água e esgoto com as tubulações dos projetos hidráulico e sanitário aparentes em seu *software* de modelagem.

Em alguns casos, são depositados no ACD arquivos nativos dos programas utilizados pelos projetistas para modelar, que também se tratam de modelos BIM. Projetos desenvolvidos no *Revit* são enviados em formato RVT, no *SketchUp* SKP e assim por diante.

Também são entregues pranchas em formato PDF e DWG com plantas baixas, detalhes, cortes, elevações e memoriais a depender da fase que o projeto está e do escopo de entregas. Essas pranchas, em teoria, são uma representação do que está modelado no arquivo IFC, mas auxiliam no entendimento do projeto e antecipam algumas informações que estão presentes na documentação do projeto mas precisam ser definidas antes dessa etapa. A verificação através de regras é feita exclusivamente nos arquivos IFC, que carregam informações atribuídas aos elementos e são lidos pelos *softwares* específicos para essa função.

3.3 Cronograma de projeto

As fases do projeto, as entregas e interações com os arquivos produzidos e os marcos importantes são expostos a nível operacional no cronograma do projeto, que coloca as ideias mencionadas nas seções anteriores em uma ordem cronológica. A duração de cada tarefa depende da equipe disponível para cumprí-la, do tempo hábil para o término do projeto, das necessidades do empreendedor e do acordado entre a equipe de coordenação e os projetistas, que leva em conta a organização interna das equipes, uma vez que todas as categorias de envolvidos possuem diversos projetos a trabalhar, gerando tempos de espera na fila de produção.

Com a divisão do tempo de trabalho das equipes entre diversos empreendimentos de empresas diferentes, há um desencontro entre o tempo previsto para trabalho no cronograma para um projeto e o que realmente acontece dentro dos escritórios. Mesmo com vários funcionários, as empresas, tanto de modelagem quanto de coordenação, fecham o máximo de contratos de serviço possível tentando aumentar o faturamento, o que faz com que os projetistas e coordenadores tenham uma rotina dividida entre diversos projetos.

Sendo assim, muitas vezes o tempo efetivo trabalhado pela equipe em um projeto é menor que o tempo previsto em cronograma e para as equipes de coordenação de projetos surge um novo desafio de fazer de maneira rápida algumas verificações iniciais nos arquivos recebidos para aprovar ou não o recebimento.

A Figura 4 mostra um gráfico de Gantt que dispõe duas tarefas representadas pelas barras em verde. A primeira, nomeada "ARQ - Lançamento Pré-Executivo" e distribuída entre os dias 1 e 14, mostrados na faixa superior, prevê duas semanas para a produção do projeto arquitetônico na fase

Pré-Executivo, a segunda barra, nomeada "COO - Verificação do Pré-Executivo" prevê, também, duas semanas para que a equipe de coordenação passe pelas etapas que compõem a verificação do projeto arquitetônico, entre as quais está a verificação do atendimento ao RIE e a terceira faixa prevê uma semana, entre os dias 29 e 30 para que o(a) projetista resolva os problemas encontrados e faça uma nova entrega.

	Semana 1							Semana 2							Semana 3							Semana 4							Semana 5						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
ARQ - Lançamento Pré-Executivo																																			
COO - Verificação Pré-Executivo																																			
ARQ - Ajustes do Pré Executivo																																			

Tempo previsto para tarefas das equipes

Figura 4: Gráfico de Gantt como exemplo

A exemplo, se um projetista faz a entrega dos projetos no dia 14 no ACD a equipe de coordenação tem duas semanas para fazer a verificação do projeto e, por ter outros projetos na fila de trabalho, pode acontecer de essa verificação ser colocada em espera até que um outro serviço termine e, ao invés de começar o trabalho na primeira semana, começa-se na segunda e há uma reorganização interna para que o prazo seja cumprido.

No entanto, se a verificação dos requisitos é feita uma semana depois do recebimento dos arquivos e são encontradas inconsistências suficientes para que seja reprovada a entrega, o retorno da equipe de coordenação será tardio, implicando na perda da semana que se passou, já que ninguém trabalhou no projeto e o mesmo não foi aceito como uma entrega feita. Por outro lado, este cenário impossibilita que haja uma pausa no trabalho atual para que seja feita apenas uma verificação do atendimento ao RIE rapidamente, devido ao tempo que é necessário para conferir um a um dos elementos do projeto.

A Figura 5 ilustra a situação, destacando o tempo efetivo trabalhado pela coordenação e o tempo em que, mesmo sendo planejado, não houve tempo gasto neste projeto.

	Semana 1							Semana 2							Semana 3							Semana 4							Semana 5						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
ARQ - Lançamento Pré-Executivo																																			
COO - Verificação Pré-Executivo																																			
ARQ - Ajustes do Pré Executivo																																			

Tempo efetivo trabalhado pela coordenação no projeto

 Tempo de espera do projeto na fila da coordenação

Figura 5: Tempo efetivo trabalhado pela equipe de coordenação

3.4 Modelo federado

O processo padrão feito pela equipe de coordenação ao receber novos arquivos dos projetistas tem como primeiro passo a montagem do modelo federado, que se trata de juntar os projetos recebidos em IFC em um mesmo ambiente.

Para o processo considerado como embasamento para o experimento, algumas informações gerais pertinentes, como versão do *software* de modelagem utilizado e versão do IFC gerado são registradas em documentos que suportam o projeto mas não são estipuladas pela equipe de coordenação, o que abre espaço para entregas de arquivos no ACD em padrões diferentes, apesar de estar no mesmo formato.

O mais importante a ser considerado aqui é que os modelos IFC podem ser gerados em padrões diferentes, geralmente IFC4 ou IFC2X3, que têm como principal diferença a hierarquia e a organização das informações que compõem o projeto, que consegue ser absorvida por boa parte dos *softwares* que interpretam modelos, seja para vínculos de referência, em que um modelo IFC é carregado no ambiente para guiar a criação de outro modelo, ou para a leitura completa.

Este modelo federado é o arquivo utilizado para serem feitas as verificações visuais e através de regras componentes das fases de projetos por parte da equipe de coordenação e pode ser gerado em formatos distintos a depender do programa utilizado para isso. Essa diferença determina, no entanto, a continuação da interoperabilidade do processo após a montagem do modelo. Caso o arquivo e saída tenha um formato nativo do *software* utilizado, sua leitura passa a ser feita somente por este, não permitindo uma comunicação direta com outras equipes que utilizem outras ferramentas para a manipulação de IFC.

É comum, dessa forma, que haja necessidade de compartilhamento do arquivo em formato nativo produzido com o modelo federado pela equipe de coordenação para acesso do pessoal da incorporadora, que tem interesse similar em acompanhar visualmente o produto gerado no decorrer das etapas de projeto, bem como os conflitos de projeto e as análises comunicadas.

Para manter a intercomunicação entre as equipes quanto ao modelo federado, é necessário, então, que o resultado da ação de juntar todos os arquivos IFC em um mesmo projeto também seja um modelo em IFC, já que este é o padrão para comunicar conteúdo de projeto no processo *Open BIM*.

Contudo, é importante ressaltar que nem sempre é uma necessidade das equipes ou do processo que o modelo federado mantenha essa interoperabilidade, principalmente em casos que o reporte de problemas no projeto é feito por meios que não dependem deste.

4 Método

A Figura 6 apresenta o método utilizado para o trabalho:

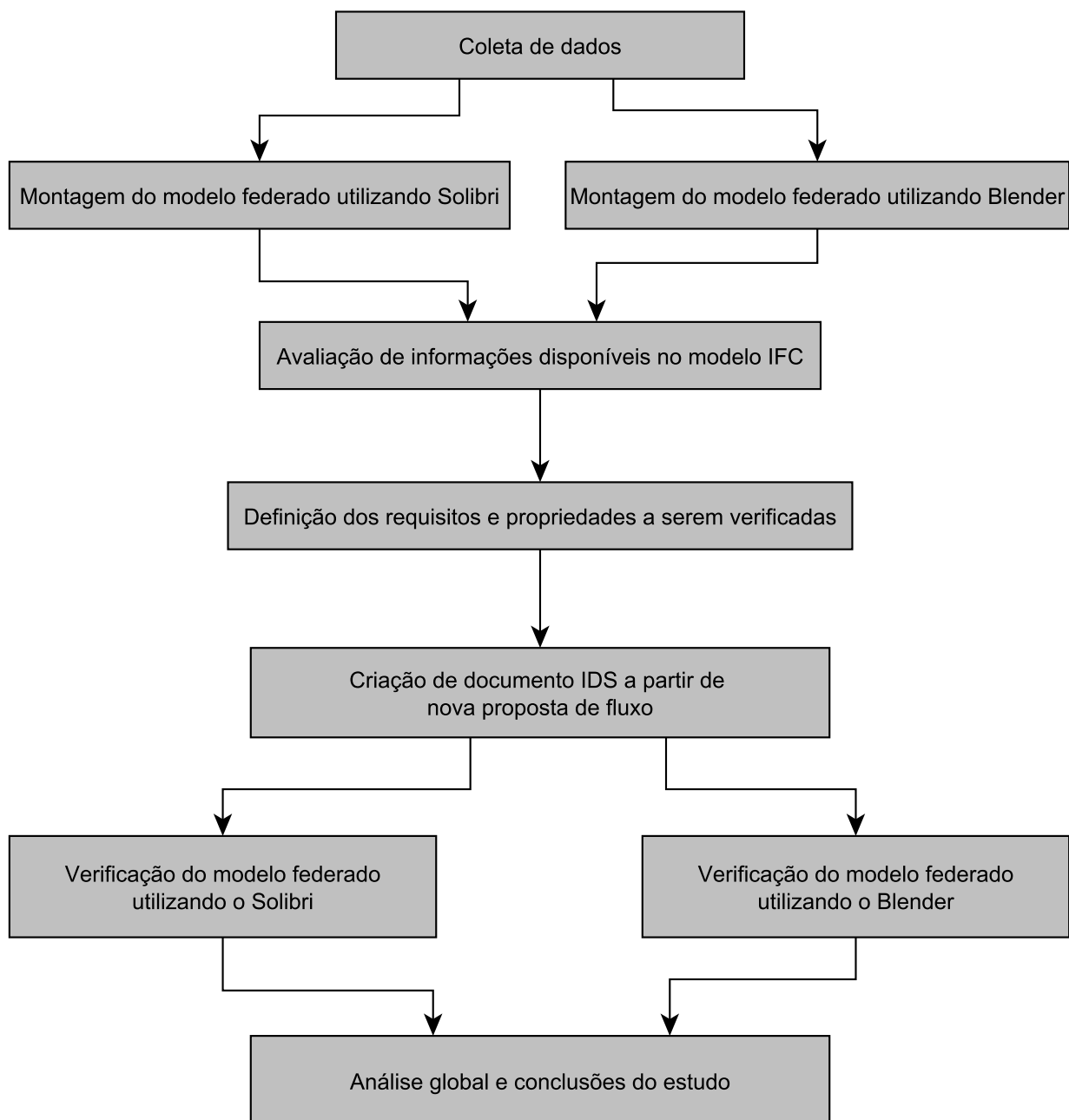


Figura 6: Fluxograma de trabalho

4.1 Proposta de fluxo utilizando o *Information Delivery Specification*

Como o padrão para todas as fases do processo de coordenação tomado como base para o desenvolvimento deste trabalho é composto por duas entregas dos projetistas, uma com a modelagem inicial da fase em questão e outra com os ajustes feitos a partir dos apontamentos da equipe de coordenação, a proposta é isolar uma dessas fases para pensar no uso e nos benefícios da introdução do IDS no processo.

A replicação desse uso para as outras fases pode ter alterações relacionadas ao Nível de Informação Necessário (NiN) e ao RIE, já que estes podem mudar para cada uma, e ao número de ciclos de entrega dos projetistas naquela fase, que pode ser maior a depender da resolução dos apontamentos. Para o fluxo usado como base para a composição do trabalho, o IDS apresenta dois benefícios gerais: a intercomunicação dos requisitos entre as equipes e a conferência quanto ao atendimento desses requisitos pela coordenação.

A proposta para este trabalho começa com a criação do IDS a partir das informações registradas no RIE para o projeto. Para isso, pode ser gerado um documento único com todos os requisitos para o projeto, mesmo que não haja necessidade de que esses estejam no modelo desde a primeira fase, o que pode trazer como consequência, a princípio, a geração de um relatório com muitos erros nas primeiras fases do projeto, já que nem todos os requisitos serão cumpridos.

O outro caminho, escolhido para o trabalho, considera a avaliação do RIE do projeto para guiar a criação de um arquivo IDS quando há mudança nos requisitos, ou seja, pode haver a criação de um novo IDS a cada início de fase. Este documento é encaminhado aos projetistas para que seja usado como apoio à modelagem seguindo os requisitos e, quando os projetos são depositados no ACD, o mesmo arquivo é aplicado para a verificação desse atendimento.

Este experimento tem foco na aplicação do IDS para a verificação de atendimento aos requisitos de informação pela coordenação em um projeto já modelado, como mostrado na Figura 7, que mostra em quais etapas do processo de coordenação se aplica, ao passo que não são encontrados *softwares* de modelagem no mercado que já tenham implementado o uso do IDS para auxílio nesta etapa.

De toda forma, o fluxo de trabalho utilizado no experimento pode também ser usado para auditoria interna dos projetistas, mesmo não sendo por plataformas de modelagem. Assim, seria necessária a exportação dos arquivos em formato IFC para essa auditoria mas, para a correção dos erros, seria necessário voltar à modelagem, o que implica no uso de mais um *software* no processo.

Introdução do IDS em etapas da fase de projeto

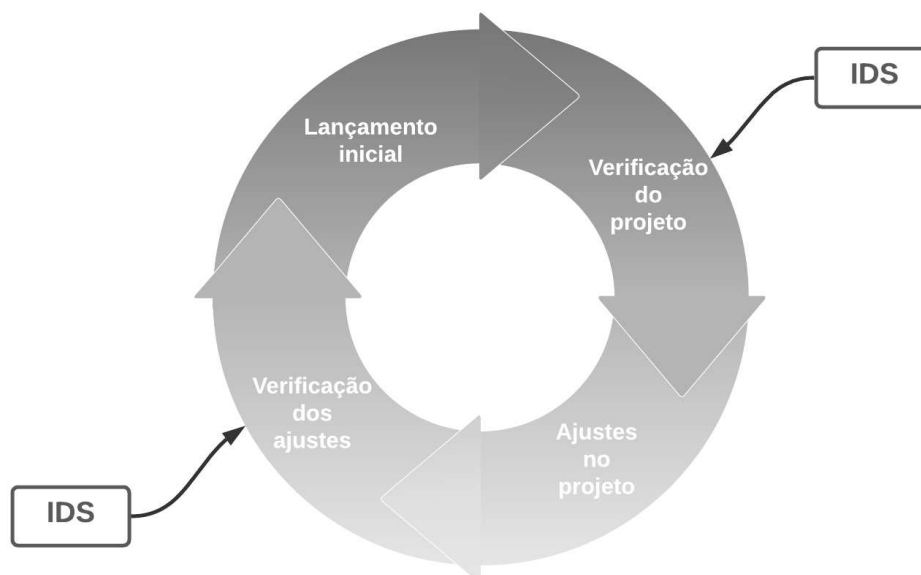


Figura 7: Processo de projeto com o uso do IDS

4.2 Coleta de dados

Para o experimento são necessários dois tipos de dados de entrada: (a) os dados a serem verificados, ou seja, os projetos que compõem o empreendimento, e (b) o documento IDS com os requisitos. Os projetos podem ser coletados diretamente no formato especificado ou em formatos nativos de *softwares* de modelagem e, posteriormente, exportados em formato IFC. Já para a criação dos arquivos IDS podem ser utilizados os requisitos disponíveis em documentos de RIE já criados, que podem estar em formato de texto ou planilhas.

Para este experimento, os dados do projeto são coletados em arquivos no formato IFC e o RIE em formato de texto, ambos de uma empresa que trabalha com a coordenação de projetos em BIM no mercado brasileiro. Os dados do projeto estão dispostos em três arquivos no formato IFC, divididos em dois arquivos para compor o projeto arquitetônico e um para o estrutural.

O documento IFC especifica os conteúdos das informações que devem ser encontrados em *properties* do projeto mas não traz maiores definições sobre qual campo deve conter tal informação e

o formato que estas devem ser apresentadas. Logo, a seleção dos campos a serem consultados para as verificações é feita pelo autor em uma análise prévia do modelo federado e são descritos na seção 4.5 deste trabalho.

4.3 Montagem do modelo federado

Para simular o que acontece na prática no processo de coordenação usado como base para este experimento, são montados modelos federados com os arquivos IFC de arquitetura e estrutura do projeto. São montados estes modelos com os *softwares* Solibri e Blender, este utilizando o *plugin* Bonsai, que adiciona a ele funções para manipulação e utilização dos arquivos do processo Open BIM.

No Solibri, são suportados e mesclados modelos IFC em versões diferentes sem perda de informações e sem necessidade de mudança da versão dos arquivos. Já para o caso do Blender, como os arquivos dos projetos arquitetônico e estrutural estavam em versões IFC 2X3 e IFC 4, respectivamente, foi necessário atualizar a versão do modelo arquitetônico para garantir compatibilidade entre os arquivos ao mesclar ambos para gerar o modelo federado com o Blender.

4.4 Avaliação de informações disponíveis no modelo *Industry Foundation Classes*

Os modelos BIM de um projeto podem ter seus dados disponibilizados aos leitores de diferentes maneiras a depender de alguns fatores, como intenção de uso do modelo ao final do projeto e a experiência do projetista tanto em modelar quanto em exportar as informações certas e no formato correto a depender de como é feita a solicitação pela contratante. Em um processo de projeto que as informações já sejam comunicadas desde o início através do IDS há uma tendência de maior facilidade da aplicação do padrão para verificar o atendimento aos requisitos.

Para o presente trabalho, em que são utilizados modelos de um empreendimento real já produzidos sem o auxílio do IDS, mesmo com a existência de um RIE é necessária uma avaliação de como estão disponíveis as informações nos modelos, tanto para que sejam compostos os filtros que delimitam a quais elementos os requisitos se aplicam quanto para especificar quais os campos onde o requisito foi aplicado. Isso acontece porque não há, neste caso, especificações claras e bem definidas sobre forma e formato em as informações requeridas devem se apresentar, bem como as *properties* das entidades em que devem ser informadas.

Como o modelo arquitetônico utilizado neste trabalho foi feito para extração de quantitativos e se trata da fase 04 de um projeto, possui algumas características deste cenário. O fato de ser um resultado da última fase de projetos faz com que as informações relacionadas a tipologias, métodos construtivos e soluções de projetos já estejam bem definidas e as equipes de coordenação e projetos

se preocupam mais, nessa fase, em fazer ajustes finos de conflitos e documentação, ou seja, as características paramétricas e visuais dos elementos já estão consolidadas.

Por se tratar de um modelo elaborado para a extração de quantitativos, as paredes e revestimentos, que são modelados como elemento único nas três primeiras fases do projeto por uma questão de facilidade de alterações agora passam a ser compostas por camadas diferentes. Em suma, nas primeiras fases de projeto podem haver bastantes alterações na posição de paredes ou em sua espessura, decorrentes de definições da incorporadora, de conflitos com outras disciplinas, de normas ou ensaios de desempenho. Com isso, torna-se mais fácil editar um elemento, apenas, que represente a parede composta pelo bloco cerâmico em seu interior, e as camadas de revestimento, como chapisco, emboço, reboco, pintura ou cerâmica.

A Figura 8 mostra um exemplo genérico de parede única e o quadro de informações ao lado da mesma tem, em seu campo *Type*, o valor PA23: R2 + A19 + R2 230, em que, para o projeto ao qual pertence, PA23 indica que o elemento parede tem 23 centímetros de espessura e é composta por:

- R2 - revestimento com 2 centímetros;
- A19 - alvenaria com blocos de 19 centímetros;
- R2 - revestimento com 2 centímetros;

totalizando 230 milímetros.

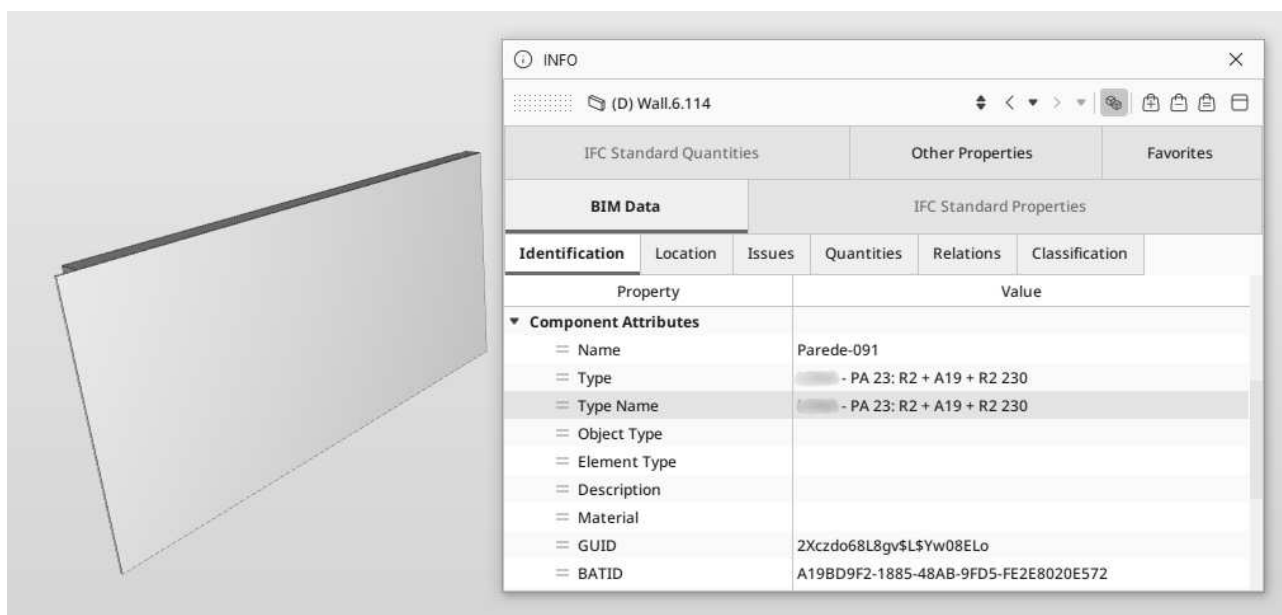


Figura 8: Parede unificada - Solibri

O modelo deste experimento, por sua vez, é composto por paredes em que as camadas de alvenaria e revestimentos são modeladas separadamente, uma vez que nos quantitativos os valores

finais são diferentes por se tratar de panos com áreas diferentes. Isso possibilita a distinção entre propriedades entre alvenaria e revestimentos da parede.

4.5 Definição dos requisitos e *properties* a serem verificadas

Para o caso de os requisitos de informações serem coletados em formato de texto ou tabelas, é necessário que sejam selecionados aqueles que irão compor o documento IDS a ser utilizado no experimento. Os requisitos selecionados para este trabalho, retirados de um documento em formato de texto, são expostos e descritos a seguir, bem como as *properties* do modelo em que serão buscadas as informações na verificação.

Como um modelo federado é composto por mais de um arquivo IFC de disciplinas diferentes, serão incluídos na verificação alguns requisitos para o projeto estrutural, afim de complementar o experimento verificando modelos federados ao invés de arquivos de modelos isolados, buscando se aproximar da aplicação real.

4.5.1 Arquitetura

(a) Função dos revestimentos.

Ao se elaborar um modelo arquitetônico com foco em retirar quantitativos, se faz necessária a diferenciação dos revestimentos entre internos e externos, ao passo que a exposição direta aos intempéries dos que se localizam nas fachadas de um edifício demanda o uso de materiais e métodos para aplicação dos mesmos diferentes de regiões internas ao empreendimento.

Assim, a *property* *IsExternal* presente na *Property Set* (PSet) *Pset_WallCommon* deve estar com valor verdadeiro para todos os revestimentos externos da edificação, que estão classificados como *IfcWall*.

(b) Material das paredes.

Todas as paredes modeladas no projeto arquitetônico devem ter indicação dos materiais que as compõem, que podem ser bloco de concreto ou bloco cerâmico, como definido pela incorporadora. Assim, deve-se verificar se todos os componentes da classe *IfcWall* possuem um material atribuído a ele.

(c) Dimensão do bloco das paredes.

O empreendimento utilizado para o trabalho tem muitas de suas paredes compostas por blocos cerâmicos e, como existem no mercado blocos com dimensões diferentes, é necessário saber as paredes que são compostas por cada tamanho de blocos no projeto.

Assim, um dos requisitos de informação é que seja especificada a espessura do bloco que compões cada elemento de alvenaria.

Para isso, será verificada a existência de dados na propriedade Largura do PSet Construção em todos os elementos com classe IfcWall.

(d) Posição dos revestimentos externos

Pode haver interesse da incorporadora do empreendimento a separação dos revestimentos por orientação de fachadas em alguns casos, quando estes se diferenciam entre si. Não é raro se ver alguns edifícios verticais com a composição de fachada frontal com revestimento cerâmico enquanto outras têm apenas pinturas por cima de revestimentos argamassados. Além disso, mesmo quando é usado um mesmo material, como cada fachada tem uma configuração diferente dos cortes para esquadrias que a compõem, há este interesse em segmentar.

No modelo utilizado no trabalho os revestimentos externos devem ser separados entre fachada frente, fachada lateral direita, fachada lateral esquerda e fachada fundo. Como é uma premissa que os revestimentos externos tenham a propriedade IsExternal do PSet Pset_WallCommon marcadas como verdadeiras, este será o parâmetro para filtrar os elementos classificados como IfcWall que devem ser verificados.

Assim, verifica-se se propriedade POSIÇÃO do PSet Construção das paredes classificadas como IfcWall com parâmetro verdadeiro para a propriedade IsExternal do PSet Pset_WallCommon tem valores FACHADA FUNDO, FACHADA LATERAL ESQUERDA, FACHADA FRENTE ou FACHADA LATERAL DIREITA.

É interessante notar que para essa verificação serão informadas no arquivo IDS os valores exatos a ser utilizados. Na verificação do material da parede, por exemplo, apesar de saber que as paredes poderiam ser de bloco cerâmico ou de concreto, não foram especificados valores exatos para ser verificados no arquivo IDS.

(e) Ambiente ao qual pertence o forro

Para este empreendimento era importante que os forros fossem vinculados a ambientes, uma vez que a incorporadora ainda não havia decidido qual tipo de forro utilizaria nos ambientes. Em casos de empreendimentos com liberdade de personalização do cliente, pode ser interessante um projeto assim para que os quantitativos sejam retirados posteriormente de acordo com a preferência do cliente.

No modelo utilizado no experimento o ambiente no qual o forro está localizado é descrito na propriedade Tipo do PSet Outros e será utilizado este campo para verificar o

atendimento ao requisito. No entanto, não há pré-definição de quais nomes devem ser dados aos forros, logo, é verificado apenas se existe algum valor para essa propriedade.

(f) Área dos forros

Tanto a compra dos materiais para os forros quanto a estimativa do preço e duração do serviço de instalação de forro estão condicionados à área de forro a ser executada. Assim, é necessário que seja especificado no projeto arquitetônico a área dos forros.

Para isso, vamos verificar se a propriedade Área do PSet Dimensões possui algum valor para todos os forros.

4.5.2 Estrutura

(a) Espessura da laje

A espessura da laje de um empreendimento pode variar entre pavimentos, quando há usos diferentes e, também, em um mesmo pavimento por questões de cálculos, buscando economia, ou para criar desníveis, importantes para garantir rebaixos em ambientes como sacadas e terraços, que precisam de uma barreira física para manter estanqueidade de ambientes externos ou para composição do contrapiso com elementos de impermeabilização.

De qualquer modo, mesmo que não haja tanta variação, é de interesse da incorporados conhecer a espessura das lajes que fazem parte do empreendimento para discussões de pé direito ou mesmo para cálculos de volume de concreto.

Por isso, é requisito do projeto que seja especificada a espessura das lajes do empreendimento, que no modelo usado neste trabalho foi colocada na propriedade Espessura do PSet AltoQi_Eberick_Elemento.

Como há tanto pisos da arquitetura quanto lajes do estrutural com classe IfcSlab, o filtro utilizado para delimitar os elementos aos quais deve ser aplicado o requisito será feito com o material do qual é composto. Assim, o requisito será aplicado nas entidades do modelo federado que tenham classe IfcSlab e sejam compostas do material Concreto.

(b) Tipologia da laje

Como a quantidade de materiais e detalhes construtivos para cada tipologia de laje são diferentes e podem ser utilizados mais de um tipo em um mesmo empreendimento, é importantes para quem constrói e faz orçamentos ter uma relação sobre o método construtivo para cada trecho de laje do projeto.

Para o caso deste experimento, foi definido pela incorporadora que seriam utilizadas lajes maciças e nervuradas a depender dos locais. Por isso, um dos requisitos para o projeto

estrutural é que seja informada o tipo de laje utilizada. Para isso, foi colocada a propriedade Tipo no PSet AltoQi_Eberick_Elemento e a verificação será feita, novamente, para todos os elementos do modelo federado que tenham classe IfcSlab e sejam compostos do material Concreto, o que filtra as lajes do modelo.

4.6 Criação de documento *Information Delivery Specification*

Os requisitos escolhidos baseado no RIE são traduzidos para um arquivo IDS utilizado na verificação do modelo federado. Como o arquivo IDS é um documento *Extensible Markup Language* (XML), sua criação pode ser feita em qualquer editor de texto comum ou em editores de códigos, que já facilitam a tarefa por oferecerem ferramentas de diagramação que ajudam na interpretação e criação dos códigos. Também são encontradas ferramentas no mercado para a criação do documento específicas para este fim, em que o usuário cria os filtros e requisitos a partir de linguagem humana e a saída do processo é o código XML ou o arquivo IDS propriamente dito.

Para este trabalho foi utilizada a função IDS *Editor* da plataforma usBIM da empresa ACCA *Software*, onde se pode atribuir dados gerais ao documento IDS e criar e editar especificações para a verificação. Nessa plataforma, a criação do documento é feita em três passos: (a) informação de dados gerais do documento, (b) criação de filtros, que especificam quais elementos passarão pela verificação e (c) a criação do requisito a ser aplicado.

Na aba Especificações foram criadas todas os requisitos com os mesmos títulos da seção "Definição dos requisitos e *properties* a serem verificadas" e a figura 9 mostra a lista com as regras criadas.

Especificações












<input type="checkbox"/>	:	Nome	Descrição	Instruções	Versões IFC	+
<input type="checkbox"/>	1	Função dos revestimentos			IFC4	 
<input type="checkbox"/>	2	Material da parede			IFC4	 
<input type="checkbox"/>	3	Dimensão do bloco			IFC4	 
<input type="checkbox"/>	4	Posição dos revestimentos externos			IFC4	 
<input type="checkbox"/>	5	Ambiente ao qual pertence o forro			IFC4	 
<input type="checkbox"/>	6	Área dos forros			IFC4	 
<input type="checkbox"/>	7	Espessura da laje			IFC4	 
<input type="checkbox"/>	8	Tipologia da laje			IFC4	 

Figura 9: Especificações criadas no IDS *Editor*

Para a criação de cada especificação é necessário preencher três abas. A primeira é a aba "Geral", em que são colocadas as informações gerais da especificação. É importante destacar a relevância do

nome, que ajuda na identificação posterior das especificações para edição dos dados, e do campo "Versões IFC", que é o espaço destinado a informar qual a versão do IFC a ser verificado.

Na aba "Filtros" são informados as entidades nas quais são aplicados os requisitos da especificação através de filtros, como mostrado na figura 10.

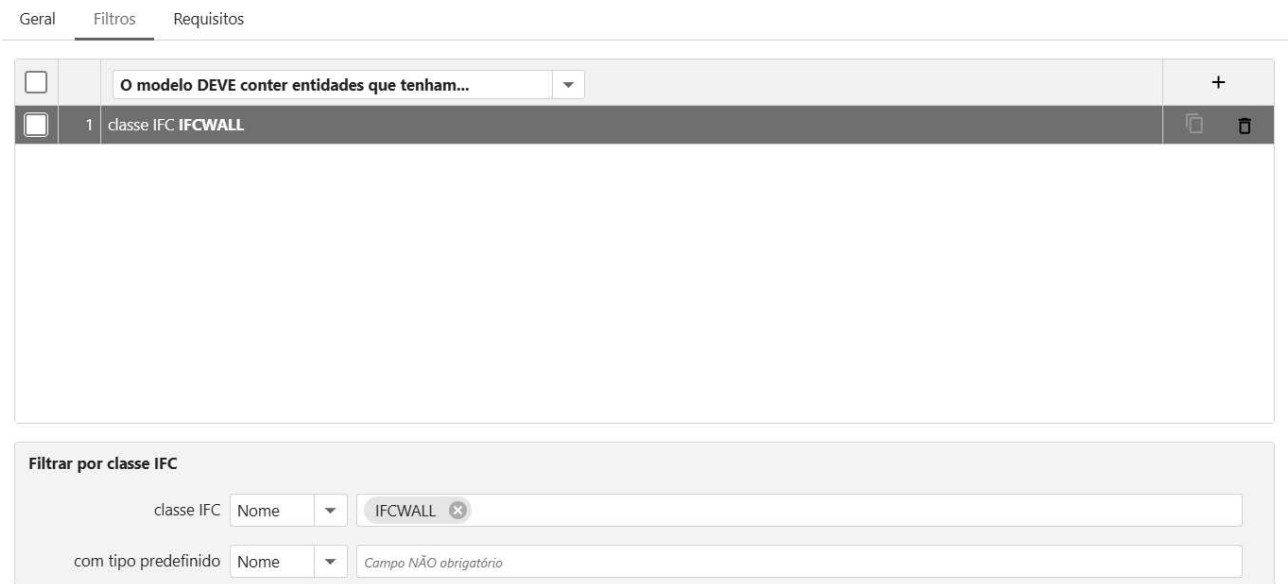


Figura 10: Aba "Filtros" das especificações

Por fim, a aba "Requisitos", mostrada na figura 11, é onde são definidos quais requisitos aplicados às entidades informadas na aba "Filtros" devem ser satisfeitos.

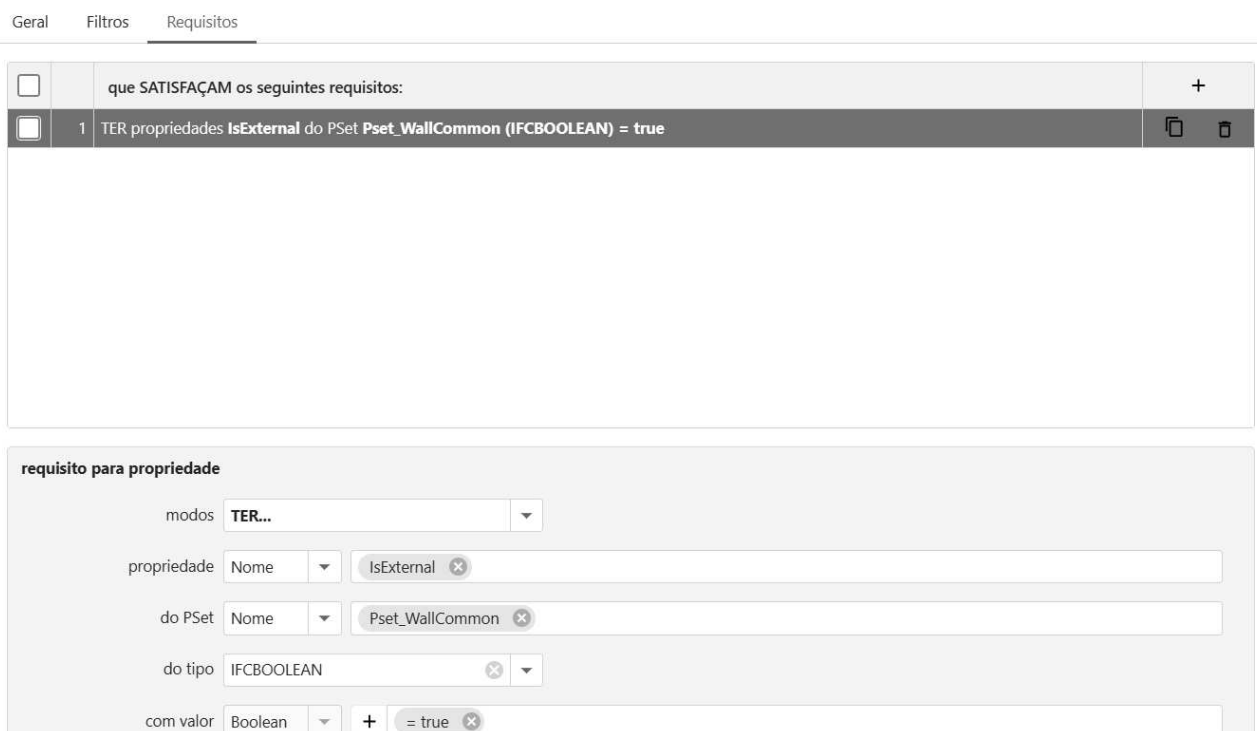


Figura 11: Aba "Requisitos" das especificações

Como o arquivo IFC do projeto arquitetônico precisou ser atualizado de IFC 2X3 para IFC 4, foi necessária a criação de dois arquivos IDS para o trabalho. Apesar de ambos ter as mesmas especificações, um deles, aplicado no Solibri, tem as especificações aplicadas em elementos do modelo arquitetônico criadas para a versão IFC2X3 e o outro, aplicado no Blender, tem as mesmas especificações preparadas para verificação em modelo IFC 4.

4.7 Verificação de modelo federado com *Information Delivery Specification*

Para aplicação do IDS na verificação do atendimento aos requisitos de informação no modelo federado são utilizados dois *softwares*: um privado, o Solibri, consolidado no mercado de coordenação de projetos, e um gratuito, o Blender, programa de código aberto em que utilizaremos o *plugin* Bonsai, que adiciona ao Blender recursos que incluem uma gama de tarefas e fluxos para projetos em BIM..

Os programas utilizados como ferramentas para a verificação, Solibri e Blender, já possuem a função de checagem incluídas em suas funcionalidades. Em ambos, são montados e carregados os modelos federados compostos pelos projetos em formato IFC e o arquivo IDS.

5 Apresentação dos resultados

Esta seção mostra os resultados apresentados nos dois caminhos utilizados para fazer a verificação: utilizando o Solibri e o Blender.

5.1 Resultados da criação das especificações no *IDS Editor*

A partir das especificações montadas, o *IDS Editor* cria, automaticamente, uma versão da especificação em formato legível, em que os filtros e requisitos informados são colocados em um formato de frases interpretável por humanos e dispões de duas maneiras de acessá-las: uma na própria plataforma, de maneira instantânea com a criação dos filtros e requisitos, e outra com a possibilidade de *download* de um relatório com as descrições. As especificações em formato legível para cada uma das verificações do trabalho são expostas a seguir.

5.1.1 Arquitetura

(a) Função dos revestimentos.

Função dos revestimentos

Versões IFC: **IFC2X3**

O modelo DEVE conter entidades que tenham
- classe IFC **IFCWALL** (ou: **IFCWALLSTANDARDCASE**)

que SATISFAÇAM os seguintes requisitos:
- TER propriedades **IsExternal** do PSet **Pset_WallCommon (IFCBOOLEAN) = true**

Figura 12: Texto legível para função dos revestimento

(b) Material das paredes.

Material da parede

Versões IFC: **IFC2X3**

O modelo DEVE conter entidades que tenham
- classe IFC **IFCWALL**

que SATISFAÇAM os seguintes requisitos:
- TER qualquer material

Figura 13: Texto legível para material das paredes

(c) Dimensão do bloco das paredes.

Dimensão do bloco

Versões IFC: **IFC2X3**

O modelo DEVE conter entidades que tenham

- classe IFC **IFCWALL**

que SATISFAÇAM os seguintes requisitos:

- TER propriedades **Largura** do PSet **Construção**

Figura 14: Texto legível para dimensão do bloco das paredes

(d) Posição dos revestimentos externos

Posição dos revestimentos externos

Versões IFC: **IFC2X3**

O modelo DEVE conter entidades que tenham

- classe IFC **IFCWALL**
- propriedades **IsExternal** do PSet **Pset_WallCommon (IFCBOOLEAN) = true**

que SATISFAÇAM os seguintes requisitos:

- TER propriedades **POSIÇÃO** do PSet **Construção (IFCTEXT)** com valor = **FACHADA FRENTE (ou: = FACHADA LATERAL DIREITA; = FACHADA FUNDO; = FACHADA LATERAL ESQUERDA)**

Figura 15: Texto legível para posição dos revestimentos externos

(e) Ambiente ao qual pertence o forro

Ambiente ao qual pertence o forro

Versões IFC: **IFC2X3**

O modelo DEVE conter entidades que tenham

- classe IFC **IFCCOVERING**

que SATISFAÇAM os seguintes requisitos:

- TER propriedades **Tipo** do PSet **Outros (IFCLABEL)**

Figura 16: Texto legível para ambiente ao qual pertence o forro

(f) Área dos forros

Área dos forros

Versões IFC: **IFC2X3**

O modelo DEVE conter entidades que tenham

- classe IFC **IFCCOVERING**

que SATISFAÇAM os seguintes requisitos:

- TER propriedades **Área** do PSet **Dimensões (IFCAREAMEASURE)**

Figura 17: Texto legível para area dos forros

5.1.2 Estrutura

(a) Espessura da laje

Espessura da laje

Versões IFC: **IFC4**

O modelo DEVE conter entidades que tenham

- classe IFC **IFCSLAB.FLOOR**
- material **Concreto**

que SATISFAÇAM os seguintes requisitos:

- TER propriedades **Espessura** do PSet **AltoQi_Eberick_Elemento**

Figura 18: Texto legível para espessura da laje

(b) Tipologia da laje

Tipologia da laje

Versões IFC: **IFC4**

O modelo DEVE conter entidades que tenham

- classe IFC **IFCSLAB**
- material **Concreto**

que SATISFAÇAM os seguintes requisitos:

- TER propriedades **Tipo** do PSet **AltoQi_Eberick_Elemento (IFCTEXT)** com valor = **Nervurada (ou: = Maciça)**

Figura 19: Texto legível para tipologia da laje

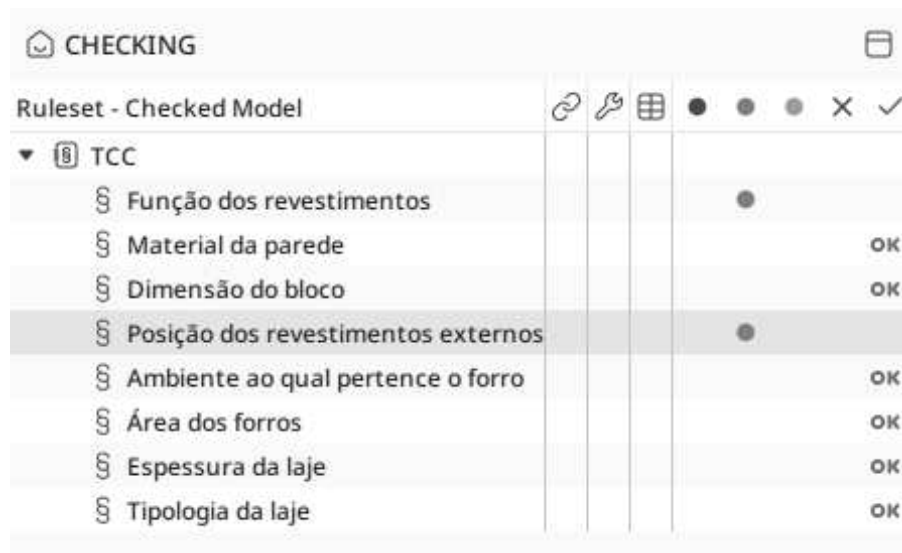
5.2 Resultados utilizando o Solibri

Após a checagem dos requisitos no Solibri é apresentada uma lista com as especificações que compõe o arquivo IDS acompanhadas de uma indicação quanto ao atendimento do requisito. Quando todos os elementos do filtro atendem ao requisito é apresentada a expressão "ok" em verde à direita

da especificação e quando algum elemento não passa pelo requisito, podem haver três tipos de reporte a depender da severidade do caso, sendo:

- um círculo vermelho para alta severidade;
- um círculo laranja para severidade moderada;
- um círculo amarelo para baixa severidade.

A figura 20 mostra a lista para o arquivo IDS gerado no trabalho, em que duas das oito especificações geradas tiveram elementos reprovados nas verificações para Funções do revestimento e Posição dos revestimentos externo.



CHECKING									
Ruleset - Checked Model		🔗	🔧	📊	●	●	●	✖	✓
▼	📄 TCC								
§	Função dos revestimentos				●				
§	Material da parede								OK
§	Dimensão do bloco								OK
§	Posição dos revestimentos externos				●				
§	Ambiente ao qual pertence o forro								OK
§	Área dos forros								OK
§	Espessura da laje								OK
§	Tipologia da laje								OK

Figura 20: Lista de resultados por especificação - Solibri

Ao selecionar uma das especificações, uma lista com os elementos que não atendem o requisito é aberta e podem ser mostrados na tela todos eles, tanto em conjunto quanto um a um. Também podem ser feitas manipulações com os projetos que compõem o modelo federado para que se inverta a visualização, ficando visíveis somente os elementos que passaram pelo teste. A figura 21 mostra uma parte do quadro com os elementos reprovados

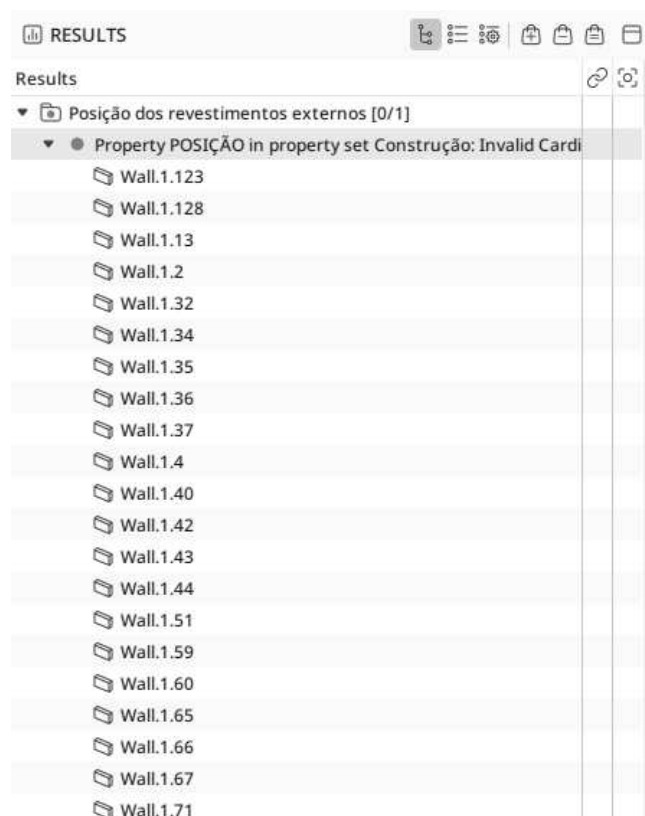


Figura 21: Lista elementos reprovados na especificação - Solibri

Cada um dos elementos que não passaram pode ser selecionado e suas informações são apresentadas no quadro "info", onde podem ser vistas as propriedades do mesmo, possibilitando não só a conferência da especificação ao procurar a propriedade buscada pelo requisito, mas também informações de identificação do elemento que possibilitam a comunicação com outros participantes, como os projetistas. No caso das especificações em que todos os elementos atenderam o requisito, o quadro "results" apresenta apenas a anotação "Selected rule is passed".

Esses resultados e possibilidades de se trabalhar com os elementos estão presentes na versão gratuita do Solibri, chamada de Solibri *Anywhere*, enquanto a versão paga, o Solibri *Office* oferece as funções de gerar relatórios básicos em formatos de texto e planilhas, que apresentam quais especificações tiveram elementos reprovados, informações gerais do projeto e dos modelos componentes e uma visão geral de quais níveis do projeto possuem estes elementos.

Na versão paga também há maior facilidade para apresentar os elementos que passaram na verificação, uma vez que é possível fazer manipulações com os elementos aprovados e reprovados através da vista "resultsummary", disponível apenas nesta versão. Nessa vista também é possível segmentar os elementos por projeto, por classe, por hierarquia e por piso ao qual foram vinculados. Também é possível pintar elementos selecionados permanentemente no Solibri *Office*.

Os resultados quantitativos das especificações no Solibri são apresentados nas figuras 22 a 29, que mostram o sumário de resultados para cada uma delas:

5.3 Resultados para requisitos de arquitetura

- Função dos revestimentos.



Figura 22: Resultado da verificação da função dos revestimentos - Solibri

- Material das paredes.



Figura 23: Resultado da verificação do material das paredes - Solibri

- Dimensão do bloco das paredes.



Figura 24: Resultado da verificação da dimensão dos blocos da parede - Solibri

- Posição dos revestimentos externos

Show All Checked (860)
OK Show Passed (592)
● Show Failed (268)

✓ Show Accepted (0)
✗ Show Rejected (0)
Show Undefined (268)

Figura 25: Resultado da verificação da posição dos revestimentos externos - Solibri

- Ambiente ao qual pertence o forro

Show All Checked (38)
OK Show Passed (38)
● Show Failed (0)

✓ Show Accepted (0)
✗ Show Rejected (0)
Show Undefined (0)

Figura 26: Resultado da verificação do ambiente ao qual pertence o forro - Solibri

- Área dos forros

Show All Checked (38)
OK Show Passed (38)
● Show Failed (0)

✓ Show Accepted (0)
✗ Show Rejected (0)
Show Undefined (0)

Figura 27: Resultado da verificação da área dos forros - Solibri

5.3.1 Resultados para requisitos de estrutura

- Espessura da laje

Show All Checked (446)
 Show Passed (446)
 Show Failed (0)

Show Accepted (0)
 Show Rejected (0)
 Show Undefined (0)

Figura 28: Resultado da verificação da espessura da laje - Solibri

- Tipologia da laje

Show All Checked (446)
 Show Passed (446)
 Show Failed (0)

Show Accepted (0)
 Show Rejected (0)
 Show Undefined (0)

Figura 29: Resultado da verificação da tipologia da laje - Solibri

Show All Checked (3729)	Show All Checked (3729)	Show All Checked (3729)
OK Show Passed (860)	OK Show Passed (3729)	OK Show Passed (3729)
● Show Failed (2869)	● Show Failed (0)	● Show Failed (0)
✓ Show Accepted (0)	✓ Show Accepted (0)	✓ Show Accepted (0)
✗ Show Rejected (0)	✗ Show Rejected (0)	✗ Show Rejected (0)
Show Undefined (2869)	Show Undefined (0)	Show Undefined (0)

(a) resultado especificação 1 - Solibri (b) resultado especificação 2 - Solibri (c) resultado especificação 3 - Solibri

Show All Checked (860)	Show All Checked (38)	Show All Checked (38)
OK Show Passed (592)	OK Show Passed (38)	OK Show Passed (38)
● Show Failed (268)	● Show Failed (0)	● Show Failed (0)
✓ Show Accepted (0)	✓ Show Accepted (0)	✓ Show Accepted (0)
✗ Show Rejected (0)	✗ Show Rejected (0)	✗ Show Rejected (0)
Show Undefined (268)	Show Undefined (0)	Show Undefined (0)

(d) resultado especificação 4 - Solibri (e) resultado especificação 5 - Solibri (f) resultado especificação 6 - Solibri

Show All Checked (446)	Show All Checked (446)
OK Show Passed (446)	OK Show Passed (446)
● Show Failed (0)	● Show Failed (0)
✓ Show Accepted (0)	✓ Show Accepted (0)
✗ Show Rejected (0)	✗ Show Rejected (0)
Show Undefined (0)	Show Undefined (0)

(g) resultado especificação 7 - Solibri (h) resultado especificação 8 - Solibri

Figura 30: Sumários de resultados para especificações - Solibri

5.4 Resultados utilizando o Blender

A verificação dos requisitos utilizando o Blender, munido do *plugin* Bonsai, pode ser feita tanto abrindo antes o arquivo IFC no ambiente de visualização e edição e utilizando o modelo aberto quanto carregando os arquivos IFC e IDS sem abrir o modelo no ambiente. As duas formas resultam em pequenas diferenças nas possibilidades de resultados.

Para o caso de carregar os arquivos sem abrir o projeto IFC, basta acessar a função *IFC Tester* da aba *Quality and Coordination* no Blender e carregar os arquivos IFC e IDS. Ao fazê-lo, há três

opções para a exportação dos resultados da verificação. A primeira maneira é gerar um reporte em *HyperText Markup Language* (HTML) com os resultados, que cria um arquivo neste formato no mesmo diretório do IFC verificado com um relatório que apresenta o número de entidades verificadas e quantas delas não passaram pelo teste, uma barra que representa a porcentagem de entidades aprovadas em relação ao total verificado, um resumo do filtro feito para especificar os elementos que devem passar pela verificação e uma lista formada tanto pelos elementos aprovados quanto pelos reprovados, mostrando algumas informações sobre o mesmo, incluindo uma ID global de identificação, que pode ser usada para comunicação entre os envolvidos no projeto, já que é um parâmetro inalterável do IFC.

No topo da página são apresentados o nome da verificação, o nome do arquivo IDS e a data e o horário em que foi feito o teste. Além disso, é mostrado um sumário geral da verificação que informa qual a porcentagem de elementos aprovados somando todas as verificações, quantas das especificações tiveram todos os elementos aprovados e o número absoluto de entidades verificadas e quantas delas passaram pelo teste. A figura 31 apresenta esses dados para a verificação do experimento.

Nas especificações em que todas as entidades foram aprovadas fica registrada uma barra em verde com uma indicação de cem por cento atendida, seguida da expressão "Pass", abreviatura de *passed*, e uma lista de todos os elementos verificados, enquanto, por outro lado, quando há entidades reprovadas, é mostrada uma barra em vermelho com a porcentagem de elementos que passaram pelo teste com a expressão "Fail", evidenciando que a especificação teve um resultado com falhas.

A figura 32 mostra os quadros resumos dos resultados e, ao clicar na barra dos requisitos, abaixo do tópico "Requirements" é aberta uma lista com os elementos filtrados, mostrando quais atendem e quais não atendem os requisitos.

TCC

Teste.ifc
2024-11-21 09:32:07

Summary



Figura 31: Sumário da verificação HTML no Blender

Dimensão do bloco



Applicability

- All IFCWALL data

Requirements

1. Largura data shall be provided in the dataset Construção

Posição dos revestimentos externos



Applicability

- Elements with IsExternal data of true in the dataset Pset_WallCommon

Requirements

1. POSIÇÃO data shall be {'enumeration': ['FACHADA FRENTE', 'FACHADA LATERAL DIREITA', 'FACHADA FUNDO', 'FACHADA LATERAL ESQUERDA']} and in the dataset Construção

Figura 32: Resultados da verificação com Blender em HTML

A segunda opção é feita através da criação de tabelas em formato *Open Document Format for Office Applications* (ODS), que é um documento de formato aberto que pode ser aberto por aplicativos de planilhas. Ao marcar esta opção, o documento ODS é gerado na pasta do IFC verificado, de maneira semelhante ao HTML.

O arquivo é composto por abas de planilhas, sendo a primeira um resumo das especificações, com um *status* de aprovada ou reprovada, o total de elementos que atenderam os requisitos e o total de elementos verificados em cada uma e a porcentagem passante, como mostrado na figura 33.

Specification	Status	Total Pass	Total Checks	Percentage Pass
Função dos revestimentos	Fail	69	184	37
Material da parede	Pass	184	184	100
Dimensão do bloco	Pass	184	184	100
Posição dos revestimentos externos	Fail	592	881	67
Ambiente ao qual pertence o forro	Pass	38	38	100
Área dos forros	Pass	38	38	100
Espessura da laje	Pass	446	446	100
Tipologia da laje	Pass	446	446	100

Figura 33: Primeira aba do documento ODS gerado pelo Blender

Também é gerada uma nova aba no arquivo para cada especificação reprovada na verificação com uma planilha de dados estruturada composta pelos elementos que não passaram pelo teste. As colunas da tabela são:

- requisito verificado;
- problema pelo qual foi reprovado;
- classe;
- tipo pré definido dentro da classe;
- nome;
- descrição;
- código de identificação global;
- tag;
- número do elemento;
- tipo do elemento informado pelo projetista.

Como duas das oito especificações elaboradas para este trabalho foram reprovadas, a planilha ODS gerada tem duas abas além da principal, sendo elas "função dos revestimentos" e "posição dos revestimentos externos", mesmo nome dado às especificações.

A terceira opção de exportação dos resultados é a exportação em formato *BIM Collaboration Format* (BCF), que faz parte do processo *Open BIM*. Quando se opta por essa opção, é criado um arquivo BCF no diretório do IFC verificado, seguindo o padrão dos arquivos HTML e ODS que pode ser aberto por outros softwares de coordenação de projetos. Para exemplificar, é aberto o arquivo gerado pelo Blender como resultado da verificação e aberto no próprio Solibri.

Como mostra a figura 34, o resultado no Solibri é uma lista de *issues* no Solibri que apresenta todos os elementos que não passaram pelas verificações nas especificações. Neste quadro de *issues* é possível apresentar alguns dados sobre os erros, através de um menu que permite incluir ou retirar colunas da tabela.

	Title	Issue components
<input type="checkbox"/>	IfcWall - Parede básica: PAREDE_BLOCO_CERAMICO_11.5cm:3369815 - The property value "False" does not match the	Wall.5.30
<input type="checkbox"/>	IfcWall - Parede básica: PAREDE_BLOCO_CERAMICO_11.5cm:3388640 - The property value "False" does not match the	Wall.5.5
<input type="checkbox"/>	IfcWall - Parede básica: PAREDE_BLOCO_CERAMICO_11.5cm:3491354 - The property value "False" does not match the	Wall.13.22
<input type="checkbox"/>	IfcWall - Parede básica: PAREDE_BLOCO_CERAMICO_11.5cm:3595827 - The property value "False" does not match the	Wall.7.104
<input type="checkbox"/>	IfcWall - Parede básica: PAREDE_BLOCO_CERAMICO_11.5cm:3604549 - The property value "False" does not match the	Wall.7.210
<input type="checkbox"/>	IfcWall - Parede básica: PAREDE_BLOCO_CERAMICO_11.5cm:3607330 - The property value "False" does not match the	Wall.7.1
<input type="checkbox"/>	IfcWall - Parede básica: PAREDE_BLOCO_CERAMICO_11.5cm:4140959 - The property value "False" does not match the	Wall.13.94
<input type="checkbox"/>	IfcWall - Parede básica: PAREDE_BLOCO_CERAMICO_11.5cm:4156169 - The property value "False" does not match the	Wall.13.12
<input type="checkbox"/>	IfcWall - Parede básica: PAREDE_BLOCO_CERAMICO_11.5cm:4156694 - The property value "False" does not match the	Wall.13.11
<input type="checkbox"/>	IfcWall - Parede básica: PAREDE_BLOCO_CERAMICO_11.5cm:4357212 - The property value "False" does not match the	Wall.13.99
<input type="checkbox"/>	IfcWall - Parede básica: PAREDE_BLOCO_CERAMICO_11.5cm:4358255 - The property value "False" does not match the	Wall.13.96
<input type="checkbox"/>	IfcWall - Parede básica: PAREDE_BLOCO_CERAMICO_14cm:3026147 - The property value "False" does not match the	Wall.11.63
<input type="checkbox"/>	IfcWall - Parede básica: PAREDE_BLOCO_CERAMICO_14cm:3491233 - The property value "False" does not match the	Wall.13.20
<input type="checkbox"/>	IfcWall - Parede básica: PAREDE_BLOCO_CERAMICO_14cm:3595784 - The property value "False" does not match the	Wall.7.139
<input type="checkbox"/>	IfcWall - Parede básica: PAREDE_BLOCO_CERAMICO_14cm:3595789 - The property value "False" does not match the	Wall.7.148
<input type="checkbox"/>	IfcWall - Parede básica: PAREDE_BLOCO_CERAMICO_14cm:3595801 - The property value "False" does not match the	Wall.7.174
<input type="checkbox"/>	IfcWall - Parede básica: PAREDE_BLOCO_CERAMICO_14cm:3595810 - The property value "False" does not match the	Wall.7.91
<input type="checkbox"/>	IfcWall - Parede básica: PAREDE_BLOCO_CERAMICO_14cm:3595820 - The property value "False" does not match the	Wall.7.134
<input type="checkbox"/>	IfcWall - Parede básica: PAREDE_BLOCO_CERAMICO_14cm:3595825 - The property value "False" does not match the	Wall.7.102
<input type="checkbox"/>	IfcWall - Parede básica: PAREDE_BLOCO_CERAMICO_14cm:3595838 - The property value "False" does not match the	Wall.7.120
<input type="checkbox"/>	IfcWall - Parede básica: PAREDE_BLOCO_CERAMICO_14cm:3595846 - The property value "False" does not match the	Wall.7.196
<input type="checkbox"/>	IfcWall - Parede básica: PAREDE_BLOCO_CERAMICO_14cm:3611095 - The property value "False" does not match the	Wall.9.51
<input type="checkbox"/>	IfcWall - Parede básica: PAREDE_BLOCO_CERAMICO_14cm:3611109 - The property value "False" does not match the	Wall.9.33
<input type="checkbox"/>	IfcWall - Parede básica: PAREDE_BLOCO_CERAMICO_14cm:3611110 - The property value "False" does not match the	Wall.9.32

Figura 34: Leitura do documento BCF gerada pelo Blender utilizando o Solibri

Além dessas três opções para exportação dos resultados, há um espaço no Blender destinado a apresentar os resultados logo após a execução da verificação sem precisar exportar, funcionando como uma espécie de monitor.

A figura 35 apresenta o quadro resumo de todas as especificações, indicando as que foram atendidas, ou seja, todos os elementos filtrados atenderam aos requisitos, e, também, as que não foram aprovadas, em que pelo menos uma das entidades não passou no teste. Além disso, ao clicar em uma especificação, é mostrado abaixo o número de elementos que passaram. No caso da

figura 35, para a especificação função dos revestimentos, 69 dos 184 elementos verificados foram aprovados, um total de 37 por cento.

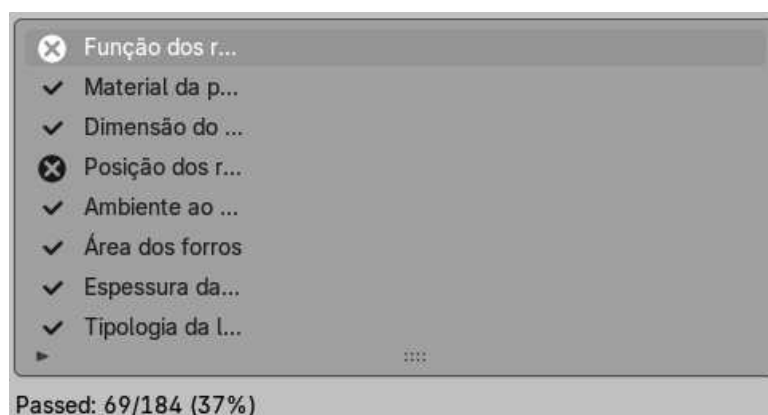


Figura 35: Quadro resumo das especificações no Blender

É mostrado, abaixo do quadro resumo das especificações, o requisito verificado na especificação selecionada, seguido de uma lista com os elementos reprovados na verificação, como mostra a figura 36.

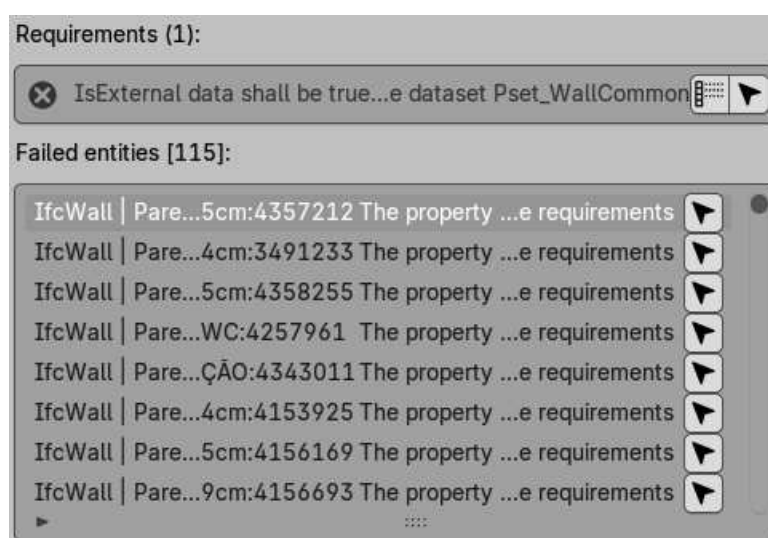


Figura 36: Quadro de elementos reprovados

Para o caso da utilização da função de verificar o atendimento aos requisitos utilizando IDS no Blender com o modelo carregado no ambiente, são adicionadas funções de visualização que permitem marcar os elementos da lista mostrada na figura 36 em destaque ou selecioná-los sem destacar e acessar suas informações.

Os resultados quantitativos das especificações no Blender são apresentados nas figuras 37 a 44, que mostram um resumo dos resultados para cada uma delas:

5.5 Resultados para requisitos de arquitetura

- Função dos revestimentos.

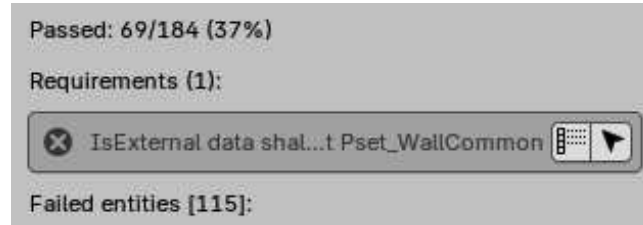


Figura 37: Resultado da verificação da função dos revestimentos - Blender

- Material das paredes.



Figura 38: Resultado da verificação da material das paredes - Blender

- Dimensão do bloco das paredes.

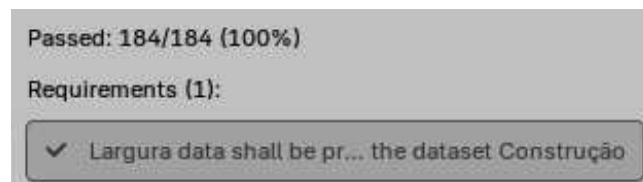


Figura 39: Resultado da verificação da dimensão dos blocos das paredes - Blender

- Posição dos revestimentos externos

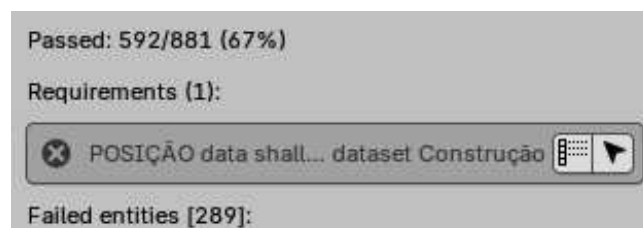


Figura 40: Resultado da verificação da posição dos revestimentos externos - Blender

- Ambiente ao qual pertence o forro

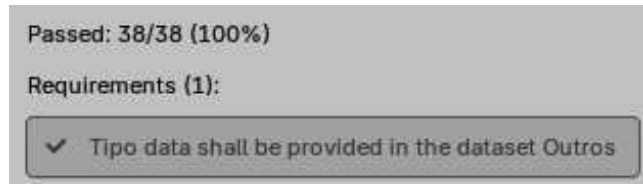


Figura 41: Resultado da verificação do ambiente ao qual pertence o forro - Blender

- Área dos forros

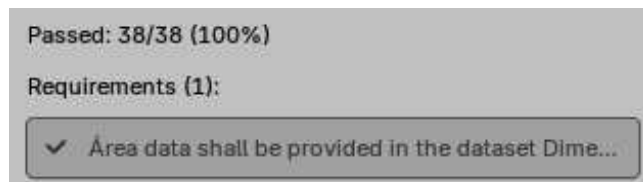


Figura 42: Resultado da verificação da área dos forros - Blender

5.5.1 Resultados para requisitos de estrutura

- Espessura da laje



Figura 43: Resultado da verificação da espessura da laje - Blender

- Tipologia da laje



Figura 44: Resultado da verificação da tipologia da laje - Blender

6 Análise de resultados

Nesta seção são apresentadas análises dos resultados conseguidos com a aplicação do método, separados em tópicos pertinentes ao processo de coordenação de projetos.

6.1 O *Information Delivery Specification*

Atualmente, não é comum que seja dada tanta importância para a forma e o formato que devem ter as propriedades dos elementos quando comparado ao conteúdo em si. Isso é visto na composição do RIE de projeto utilizado no trabalho, que apresenta requisitos de informações compostos, em sua maioria, apenas pelo conteúdo que deve ser apresentado em cada elemento, sem se preocupar com as definições de qual *property* deve ser reservada para cada informação e seu tipo.

Essa indefinição causa um problema, tanto para a criação de requisitos do IDS quanto para a especificação de qual propriedade do elemento deve ser utilizada para se verificar a informação. Na especificação "ambiente ao qual pertence o forro", por exemplo, é definido no RIE que os forros do projeto devem ser vinculados aos ambientes que atendem e, no projeto arquitetônico, essa informação veio informada na propriedade "tipo", que não tem ligação intuitiva com o ambiente ao qual o forro pertence.

Na tentativa de otimizar o tempo gasto com a verificação de requisitos de elementos é pertinente se pensar que há desperdício tendo que adicionar uma etapa no processo para avaliar como as informações estão dispostas nos modelos. Se é feita a definição, no início do projeto, de que deve ser informado o ambiente do forro em uma *property* chamada ambiente em um *property set* personalizado, por exemplo, já se sabe em todos os momentos que um IDS for criado ou utilizado em qual campo deve estar presente esta informação.

Mesmo com o foco no conteúdo, em alguns casos a não definição do que se esperar precisamente de um valor pode se tornar um problema para o processo. Comparando o mesmo exemplo, "ambiente ao qual pertence o forro", com a verificação de posição dos revestimentos externos fica claro que ambas vão em sentidos opostos.

Enquanto no caso dos forros é feito um requisito que espera um valor qualquer na propriedade tipo no PSet "outros", na verificação dos revestimentos externos é especificado que a propriedade posição do PSet "construção" tem quatro possibilidades de valores: fachada frente, fachada lateral direita, fachada lateral esquerda e fachada fundo, que, mesmo assim, não estavam definidos no RIE utilizado e foram colocados na especificação por se tratar de apenas quatro valores possíveis, o que corrobora com o mencionado.

Em casos como o dos forros, em que não há definição dos valores esperados, pode haver o mesmo problema do caso apontado como uma das motivações deste estudo, em que se verificam

algumas entidades e essas atendem ao requisito mas outras entidades do mesmo modelo podem não atender e passam pelo teste de maneira errônea. Aqui, mesmo com a verificação englobando todos os forros, algumas peças podem ter uma informação na propriedade verificada que não diga a qual ambiente pertence o forro, o que faz com que o elemento passe pelo teste mesmo com a informação errada, o que poderia ser resolvido com uma lista de todos os possíveis ambientes do modelo passada para os requisitos. Assim, seriam esperados valores bem definidos da *property*.

Por outro lado, mesmo com a definição bem feita, algumas vezes há inconsistências nas verificações que não são passíveis de reporte para a equipe de projetistas. Uma das especificações reprovadas nos resultados foi a que avalia a posição dos revestimentos externos, acusando a existência de paredes externas da edificação que não estão atribuídas a nenhuma fachada.

Em uma análise visual no projeto é possível perceber que há dutos para ventilação no empreendimento com suas paredes possuindo o valor "IsExternal" como verdadeiro mas não tem valor na propriedade posição que indique qual fachada elas compõem, o que está certo, já que as mesmas não fazem parte da fachada.

Assim, o sucesso do uso do IDS no processo de projetos em BIM, seja para criar, comunicar ou verificar os requisitos, está estritamente ligado a uma definição assertiva das partes que compõem as especificações do documento, tanto no filtro dos elementos que serão verificados quanto na criação dos requisitos aplicados e pode ser economizado um tempo considerável para a validação dos requisitos, mesmo que o responsável tenha que fazer análises para validar alguns resultados.

Quantitativamente, as verificações retornaram falhas para as mesmas duas especificações do IDS, sendo elas as que avaliam a função dos revestimentos e a posição dos revestimentos externos, o que mostra confiabilidade da verificação com IDS. No entanto, o número de elementos analisados, aprovados e reprovados em cada um dos programas foi diferente nessas especificações, como mostrado na tabela 4, que resume os resultados encontrados.

Tabela 4: Resumo de resultados obtidos com Solibri e Blender

Especificação	Resultados					
	Solibri			Blender		
	Total de elementos verificados	Elementos aprovados	Elementos reprovados	Total de elementos verificados	Elementos aprovados	Elementos reprovados
1	3729	860	2869	184	69	115
2	3729	3729	0	184	184	0
3	3729	3729	0	184	184	0
4	860	592	268	881	592	289
5	38	38	0	38	38	0
6	38	38	0	38	38	0
7	446	446	0	446	446	0
8	446	446	0	446	446	0

Em uma análise comparativa mais aprofundada dessas diferenças, é possível perceber que há uma interpretação irregular do IDS entre o Solibri e o Blender. Na primeira especificação, por exemplo, enquanto o Solibri interpreta as informações disponíveis no filtro que delimita as entidades que passam pelo teste como algo semelhante a filtrar os elementos cuja classe contenha a expressão ifcwall, não importando se existe mais algum valor antes ou depois, o Blender filtra apenas os elementos que possuem classe com valor preciso ifcwall, o que faz com que o solibri encontre muito mais elementos para checar, já que inclui elementos da classe ifcwallstandardcase existente no projeto.

Para fins de teste, foram inclusos nos filtros do IDS que apresentaram resultados discrepantes o valor ifcwallstandardcase e os valores se igualaram, tanto de elementos checados quanto aprovados e reprovados, o que, juntamente com o que foi dito antes, corrobora para uma comprovação de estabilidade e eficácia do uso do padrão IDS para a verificação de requisitos de informações de projetos em BIM.

No entanto, levanta também uma dúvida sobre a comunicação dos requisitos com o IDS, visto que empresas diferentes podem usar *softwares* distintos para a interpretação do padrão, abrindo espaços para que haja confusões relacionadas a quais e quantos são os elementos que precisam ser corrigidos, o que pode ser feito através da documentação do padrão e seus usos pela Building SMART.

Por outro lado, há uma facilidade de se acessar as propriedades dos elementos reprovados nas verificações que permite extrair códigos globais dos elementos que podem ser usados para a comunicação em casos que essa é feita por outros meios que não o IDS, como relatórios em formato de texto ou uso de plataformas específicas para criação de apontamentos de projetos. Isso mostra que ao se pensar no fluxo de projeto da perspectiva da coordenação, a equipe pode utilizar o arquivo

para fazer as checagens internamente, mas a comunicação dos requisitos ainda precisa ser feita por outros documentos ou com a segurança de que seja utilizado, por quem recebe o IDS, um *software* que gere os mesmos resultados da equipe de coordenação.

Quanto a isso, um fator importante é que apesar de os primeiros passos para o desenvolvimento do padrão ter sido dados no último *quarter* de 2022, segundo a documentação da primeira versão do IDS⁶, este ainda é tratado como um padrão em desenvolvimento pelo mercado e as primeiras aplicações em *softwares* mais consolidadas vêm sendo lançadas em meados de 2024, o que cria a expectativa de grandes melhorias tanto no padrão e sua documentação quanto nas aplicações que permitem sua criação e leitura.

Paralelamente, uma grande vantagem do padrão é a sua estrutura em XML, que facilita sua interpretação por humanos e, com isso, a leitura e correção no código com um pouco de conhecimento sobre lógica de programação. Apesar de não haver uma biblioteca consolidada para manipulação do IDS, já existem bibliotecas para a interpretação de arquivos XML em Python e até mesmo uma interação simples com Inteligência Artificial (IA) pode ter como saída um código de algumas linhas para abrir, interpretar e mostrar as especificações de um arquivo com esse padrão.

De toda forma, em uma breve busca por uma biblioteca específica para IDS, foi possível encontrar uma utilidade do IFC *Open Shell* chamada *Ifc Tester* que, de acordo com a documentação da biblioteca em seu site oficial⁷, permite a criação e leitura de arquivos IDS e a validação de modelos IFC, gerando relatórios em vários formatos. No entanto, mesmo que a biblioteca já possa ser instalada via terminal, ainda não há detalhes sobre sua utilização e o site mostra apenas o código para sua instalação.

O quadro 1 mostra um resumo da análise do uso do IDS no trabalho em forma de matriz *Strengths, Weaknesses, Opportunities e Threats* (SWOT), que apresenta as forças, fraquezas, ameaças e oportunidades encontradas durante o processo percorrido no método e apresentadas detalhadamente nas análises.

⁶<<https://github.com/buildingSMART/IDS/commits/0.1/Documentation>> - História do IDS

⁷<<https://docs.ifcopenshell.org/ifctester.html>> - Documentação do IFC *Tester*

Quadro 1: Matriz SWOT das análises feitas

FORÇAS <ul style="list-style-type: none">• Verificação de requisitos em tempo muito menor que atualmente.• Confiabilidade da verificação quando bem feita.• Facilidade de interpretação do padrão XML.	AMEAÇAS <ul style="list-style-type: none">• Nível de definição dos requisitos.• Incompatibilidade entre interpretação dos <i>softwares</i>.
FRAQUEZAS <ul style="list-style-type: none">• Feito com codificação.• Implementação de mais um <i>software</i> no fluxo do projetistas.	OPORTUNIDADES <ul style="list-style-type: none">• Softwares que facilitam a criação do IDS.• Criação e comunicação de requisitos.• Surgimento da biblioteca ifctester no Python;

6.2 Criação das especificações

A tarefa de criar as especificações componentes do arquivo IDS pelo *IDS Editor*, ferramenta da *ACCA Software* disponibilizada gratuitamente em seu site, mostra que evitar a codificação e os ambientes para programação na criação do arquivo é uma tarefa fácil. A ferramenta oferece recursos para uma compreensão facilitada do que está sendo programado pelo criador das especificações através da disponibilização de relatório com uma versão legível para humanos de cada uma, sintetizando o que foi definido nos filtros e requisitos de maneira clara. Além disso, também é disponibilizado o código XML completo que pode ser interpretado por pessoas com um conhecimento básico da linguagem,

Também podem ser inclusas informações nos campos de instrução, descrição e identificador na aba "Geral" das especificações que aparecem nos relatórios também de maneira clara, fazendo com que este possa ser entregue às equipes de projetistas como documento auxiliar ao arquivo IDS, levando informações qualitativas. Um exemplo é mostrado na figura 45, que mostra os dados extras que podem ser adicionados à especificação e serão adicionados ao relatório.

Função dos revestimentos - COO_ARQ_01 ← Identificador

Verifica se os revestimentos do projeto são internos ou externos ← Descrição

Versões IFC: **IFC2X3**

O modelo DEVE conter entidades que tenham
- classe IFC **IFCWALL (ou: IFCWALLSTANDARDCASE)**

que SATISFAÇAM os seguintes requisitos:
- TER propriedades **IsExternal** do Pset **Pset_WallCommon (IFCBOOLEAN) = true**

Instruções
Não é necessário incluir essa informação em nenhum outro campo de propriedades. ← Instruções

Figura 45: Especificação completa no IDS Editor - ACCA Software

6.3 Solibri e Bender

A principal diferença entre os dois *softwares* utilizados no trabalho que impacta sua inserção em espaços onde ainda não são utilizados é o preço, que é uma barreira importante para grande parte dos pequenos e médios escritórios. Isso afasta a sua utilização por parte de equipes de coordenação, que encontram meios mais baratos de coordenar projetos.

O cenário é ainda pior ao se levar em conta as equipes de projetistas no processo utilizado neste trabalho, que utilizariam o *software* apenas para verificar o atendimento aos requisitos antes da entrega de seus projetos no ACD.

Apesar de a função de carregar um IFC isolado poder ser cumprida com o Solibri *Anywhere*, versão gratuita do software, tanto a montagem de modelos federados, carregando mais de um arquivo de projeto, quanto a verificação com IDS são utilidades presentes apenas na versão paga.

Uma alternativa interessante para isso é que as equipes de coordenação que utilizam o *software* em seu fluxo montem os modelos federados, rodem a verificação de requisitos e disponibilizem o arquivo .smc gerado no ACD para acesso das demais equipes, uma vez que quando isso é feito, o arquivo com os resultados pode ser aberto na versão gratuita do Solibri. Embora isso interrompa o processo *Open BIM*, esse passo garante que as verificações sejam acessadas por todos. Outro cami-

nho é a exportação de *issues* no formato BCF, também proposto pela Buildin SMART Internacional para comunicar os problemas encontrados em projetos BIM.

Com o Blender, por outro lado, a montagem de um modelo federado resulta em um novo arquivo IFC em que os elementos e suas propriedades são mantidas de maneira fiel aos arquivos originais e o único requisito é que ambos precisam estar no mesmo formato de IFC: IFC4 ou IFC2X3. Contudo, caso isso não aconteça, no próprio *software* existe uma função para atualizar a versão caso um arquivo esteja em versão mais recente que outro, como foi feito no presente trabalho.

Além dessa possibilidade de edição, o Blender, apoiado pelo Bonsai possibilita a edição de todo o IFC, incluindo propriedades dos elementos, necessária em casos de urgência no atendimento de requisitos.

Quanto a apresentação dos resultados, as possibilidades são maiores dentro do Blender em relação ao Solibri, embora este tenha uma interface mais amigável e intuitiva que aquele. É importante ressaltar que apenas manipulações básicas dos elementos do projeto são oferecidas na versão gratuita do Solibri e o acesso à informações como quantidades de elementos verificados, aprovados e reprovados, bem como o reporte da verificação em relatórios são exclusivas à versão *Office*.

Por outro lado, a possibilidade de pintar facilmente os elementos recusados ou aprovados na verificação pode ser essencial para interpretação de resultados como os obtidos na análise da "posição dos revestimentos", visto que, estruturada como mostrado no decorrer do trabalho, essa especificação aponta grande parte dos elementos como reprovados mas, na verdade, este é o esperado, visto que todos os elementos de paredes do interior da edificação devem ter o valor "false" na propriedade *IsExternal* e apenas os revestimentos de fachadas ou dutos, a depender do definido para o projeto, devem ter o valor verdadeiro.

A dificuldade maior quanto ao Blender é atribuída à resistência dos interessados nos projetos em incluir um novo *software* em suas rotinas, especialmente neste caso, em que é necessário um empenho para instalação e configuração do *plugin* Bonsai. Na tentativa de contornar esse problema é que foi proposta neste trabalho a verificação utilizando a biblioteca *Ifc Open Shell* do python, com o intuito de se consolidar uma automação simples que executasse o processo sem novos softwares ou novos investimentos e sem que o usuário final precise programar.

Ambos os *softwares* apresentam os resultados de maneira gráfica em seu ambiente, com destaque para o Solibri pela facilidade de isolar e visualizar os elementos com falhas. Outra possibilidade comum aos dois é a extração de resultados através do BCF que, mesmo no Solibri, garante interoperabilidade ao processo.

De maneira geral, a expectativa é que tanto o Solibri quanto o Blender passem por grandes melhorias quanto ao uso do IDS em um futuro próximo. Contudo, para a extração de resultados em relatórios, garantia de interoperabilidade e possibilidade de uso pelos projetistas o Blender se mostra

mais eficaz e barato, enquanto o Solibri apresenta forte potencial para ter um uso mais suave e fácil com funcionalidades importantes para a visualização dos resultados no próprio ambiente.

7 Conclusão

A partir dos resultados obtidos, percebe-se que apesar de estar condicionado a boas definições dos requisitos e à padronização da interpretação pelos *softwares*, o IDS mostra potencial para criação, comunicação e verificação de requisitos de informações para projetos BIM e em tempo menor que gasto atualmente pelas equipes de coordenação. No entanto, o padrão também evidencia uma falta de cuidado e padronização na definição desses requisitos no início dos projetos de engenharia.

A definição do conteúdo, da forma e do formato são igualmente importantes para o sucesso da criação do arquivo que será utilizado para balizar as propriedades que acompanham as entidades. Erros cometidos nessas definições e repassadas ao IDS podem perpetuar problemas no modelo até as fases finais do projeto, devido a inconsistências nos filtros e requisitos, gerando, para casos como o deste trabalho, um erro considerável na retirada de quantitativos de obras.

Isso pode ser combatido, visto que o IDS apresenta potencial para definição e comunicação de maneira satisfatória do conteúdo, da forma e do formato, três dos fatores colocados pela ISO 19650 como essenciais ao se pensar nas informações do projeto, podendo ser utilizado com documentos auxiliares para garantir, também, que o motivo de cada requisito seja entendido pelas pessoas envolvidas no projeto.

Paralelamente, identificou-se que os *softwares* utilizados apresentam inconsistências de interpretação do IDS entre si, mostrando que ainda se trata de algo novo, que passará por padronizações e enfrentará erros que colaboram com o aprimoramento das funções, em especial, com surgimento de bibliotecas de programação específicas para criar e ler o IDS, facilitando a criação de aplicações em *softwares* individuais para leitura e aplicação correta. Mesmo apresentando essas diferenças na interpretação, ainda assim é positiva a implementação da função de verificação com IDS nesses aplicativos, visto que é um padrão emergente no mercado.

Outro cuidado importante está relacionado as versões dos arquivos utilizados como dados de entrada do processo, tanto do IDS quanto do IFC, que podem estar disponíveis em múltiplas versões no mercado, gerando incertezas no recebimento das informações entregues pelos projetistas, como é o caso deste trabalho em que foi necessário lidar, no caso da utilização do Blender, com a diferença entre versões dos modelos IFC para montar o modelo federado. Mesmo assim, também fica evidente a eficiência na conversão da versão de arquivos IFC do Blender, já que mesmo com uma atualização da versão do modelo arquitetônico, os resultados obtidos foram os mesmos entre os dois *softwares* utilizados.

Algumas limitações foram encontradas durante o desenvolvimento desse estudo, tais como: a utilização de apenas dois *softwares*, um de cunho privado e outro público para a verificação do atendimento aos requisitos, a utilização de um único projeto para aplicação do IDS, a não utilização

de um modelo federado com todas as disciplinas de projeto possíveis e a ausência de testes de requisitos para verificação de informações que não deveriam estar no projeto, garantindo o NiN.

Sendo assim, sugere-se para futuros estudos uma possível proposta de desenvolvimento de automação da verificação dos requisitos em um arquivo IFC sem a utilização de novos programas no processo, ou seja, utilizando o `lfcOpenShell` e a `lfcTester`, visto que há resistência do mercado quanto a inclusão de novos *softwares* na rotina; o teste de compatibilização com outros *softwares* disponíveis no mercado; e a aplicação do IDS no ciclo de projeto da perspectiva dos projetistas, garantindo a utilização do IDS para comunicação efetiva dos requisitos.

Referências

19650. *ISO 19650:2022 - Sistemas de gestão da qualidade - Fundamentos e vocabulário*. [S.l.], 2022. Disponível em: <URL>. Acesso em: dia mês ano.
- Aleixo, J.; Couto, J. P.; Pereira, J. D.; Silva, J. M.; Azenha, M. Conceptualização de um ambiente comum de dados (cde) orientado para pequenas e médias empresas. UMinho Editora, 2024.
- 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.
- Anumba, C.; Ugwu, O.; Newnham, L.; Thorpe, A. Collaborative design of structures using intelligent agents. **Automation in construction**, Elsevier, v. 11, n. 1, p. 89–103, 2002.
- Bannon, L.; Ehn, P.; Greif, I.; Howard, R.; Kling, R.; Stefik, M. Cscw—what does it mean? (panel session). In: **Proceedings of the 1988 ACM Conference on Computer-Supported Cooperative Work**. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 1988. (CSCW '88), p. 191–192. ISBN 0897912829. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/62266.570363>>.
- Callegari, S. et al. **Análise da compatibilização de projetos em três edifícios residenciais multifamiliares**. [S.l.]: Florianópolis, SC, 2007.
- Djukic, A.; Caires, B.; Lino, J. C. Definição e controlo dos requisitos de informação bim. UMinho Editora, 2024.
- Doukari, O.; Motamedi, A. An ontology to enable semantic bim-based data quality assurance and quality control. In: . [S.l.: s.n.], 2022.
- Eastman, C.; Lee, J.-m.; Jeong, Y.-s.; Lee, J.-k. Automatic rule-based checking of building designs. **Automation in construction**, Elsevier, v. 18, n. 8, p. 1011–1033, 2009.
- Eastman, C. M. **BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2011.
- GCR, N. Cost analysis of inadequate interoperability in the us capital facilities industry. **National Institute of Standards and Technology (NIST)**, p. 223–253, 2004.
- GOES, R.; Santos, E. Compatibilização de projetos: Comparação entre o bim e cad 2d. **ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, V**, 2011.
- Haagenrud, S.; HYVÄRINEN, J.; BELL, H.; BJRKHAUG, L.; LIEBICH, T. Standinn deliverable d15 ifc and ifd feasibility for innovative sustainable housing. **EUROPA INNOVA**, p. 86, 2007.
- Justi, A. R. Implantação da plataforma revit nos escritórios brasileiros. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 3, n. 1, p. 140–152, 2008.
- Kalay, Y. E. P3: Computational environment to support design collaboration. **Automation in construction**, Elsevier, v. 8, n. 1, p. 37–48, 1998.
- Khemlani, L. The ifc building model: A look under the hood. **AECbytes feature**, v. 1, p. 1–12, 2004.

- Laakso, M.; Kiviniemi, A. The ifc standard: A review of history, development, and standardization, information technology. **ITcon**, v. 17, n. 9, 2012.
- Leicht, R. M. **A framework for planning effective collaboration using interactive workspaces**. [S.l.]: The Pennsylvania State University, 2009.
- Manziona, L. **Estudo de métodos de planejamento do processo de projeto de edifícios**. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2006.
- Manziona, L. Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do bim. **São Paulo**, v. 371, 2013.
- Marco, G. de; Slongo, C.; Siegele, D. Enriching building information modeling models through information delivery specification. **Buildings**, MDPI, v. 14, n. 7, p. 2206, 2024.
- Martins, J. Z. Interoperabilidade no processo building information modeling (bim). **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do conhecimento**, 2023.
- Melhado, S. B.; Agopyan, V. Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção. 1994.
- Melhado, S. B.; Souza, A. L. R. d.; Fontenelle, E.; Aquino, J. P. R. d.; Grilo, L. M.; Franco, L. S.; Julia, M. M.; Peña, M. D.; Fabricio, M. M.; Oliveira, O. J. d. Coordenação de projetos de edificações. 2005.
- Mikaldo, J.; Scheer, S. Compatibilização de projetos ou engenharia simultânea: Qual é a melhor solução? **Gestão & tecnologia de projetos**, v. 3, n. 1, p. 79–99, 2008.
- Mills, K. L. Computer-supported cooperative work (cscw). In: **Encyclopedia of library and information sciences**. [S.l.]: CRC Press, 2009. p. 1234–1249.
- Sacks, R.; Eastman, C.; Teicholz, P.; Lee, G. **Manual de BIM-: Um Guia de Modelagem da Informação da Construção para Arquitetos, Engenheiros, Gerentes, Construtores e Incorporadores**. [S.l.]: Bookman Editora, 2021.
- Scheer, S.; ITO, A.; Filho, C. A.; Azuma, F.; Beber, M. Impactos do uso do sistema cad geométrico e do uso do sistema cad-bim no processo de projeto em escritórios de arquitetura. In: **VII Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projetos na Construção de Edifícios**. Curitiba: UFPR. [S.l.: s.n.], 2007.
- Standardization, I. O. for. **ISO 9000:2015 - Sistemas de gestão da qualidade - Fundamentos e vocabulário**. [S.l.], 2015. Disponível em: <URL>. Acesso em: dia mês ano.
- Tomczak, A.; Berlo, L. v.; Krijnen, T.; Borrmann, A.; Bolpagni, M. A review of methods to specify information requirements in digital construction projects. In: IOP PUBLISHING. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. [S.l.], 2022. v. 1101, n. 9, p. 092024.