



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA E BIOMÉDICA

THIAGO BEZERRA TONI

**A IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA BUILDING INFORMATION
MODELLING (BIM) NO CONTEXTO DE UM PROJETO ELÉTRICO**

BELÉM
2025

THIAGO BEZERRA TONI

**A IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA BUILDING INFORMATION
MODELLING (BIM) NO CONTEXTO DE UM PROJETO ELÉTRICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal do Pará (UFPA), como pré-
requisito para a obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Elétrica.

Orientador(a): Prof. Dr. Allan Rodrigo Arrifano
Manito

BELÉM
2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

T663i Toni, Thiago Bezerra.
A IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA BUILDING
INFORMATION MODELLING (BIM) NO CONTEXTO DE UM
PROJETO ELÉTRICO / Thiago Bezerra Toni. — 2025.
91 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Allan Rodrigo Arrifano Manito
Trabalho de Conclusão (Graduação) - Universidade Federal do
Pará, Instituto de Tecnologia, Faculdade de Engenharia Elétrica,
Belém, 2025.

1. Metodologia BIM. 2. Projeto Elétrico. 3. Modelagem. I.
Título.

CDD 621.31098115

THIAGO BEZERRA TONI

A IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA BUILDING INFORMATION MODELLING
(BIM) NO CONTEXTO DE UM PROJETO ELÉTRICO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal do Pará (UFPA), como pré-
requisito para a obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Elétrica.

Data da aprovação: ____/____/____

Conceito: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Allan Rodrigo Arrifano Manito
Examinador

Prof. Dr. Reinaldo Corrêa Leite
Examinador

Eng. Robson do Nascimento Silva
Examinador

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, pela força e pela sabedoria concedidas em cada etapa desta jornada, permitindo-me superar os desafios e alcançar esta conquista.

À minha família, pelo amor incondicional, paciência e apoio inabalável ao longo de toda a graduação.

À Fabiana Flores, pela ajuda incansável e pelo suporte fundamental durante o desenvolvimento deste Trabalho de Conclusão de Curso.

À empresa HTBR S.A., pela disponibilidade e confiança ao cederem o projeto que serviu de base para o estudo de caso desta pesquisa.

A todos que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a concretização deste trabalho, deixo registrado meu sincero reconhecimento e gratidão.

RESUMO

Este trabalho apresenta a aplicação da metodologia BIM (*Building Information Modelling*) no desenvolvimento de um projeto de instalações elétricas, destacando seus benefícios, desafios e impactos no processo projetual e na gestão da informação. Foi realizada revisão bibliográfica sobre o estado da arte do BIM, sua metodologia, interoperabilidade, trabalho colaborativo, modelo federado e compatibilização multidisciplinar, com contextualização no cenário nacional e internacional. O estudo evidenciou que o BIM, ao centralizar informações em um modelo digital integrado, possibilita a detecção precoce de interferências, a automação de listas de materiais e a verificação de conformidade com normas técnicas. Também favorece a comunicação entre as disciplinas envolvidas, reduzindo retrabalhos, otimizando recursos e elevando a qualidade dos projetos. No estudo de caso, softwares como Autodesk Revit e Navisworks foram utilizados para modelagem e análise, com implementação de modelo federado e Ambiente Comum de Dados (CDE). Essa abordagem resultou em melhor coordenação entre equipes, atualização em tempo real e rastreabilidade das decisões, consolidando maior eficiência e confiabilidade. Conclui-se que o BIM vai além da inovação tecnológica, representando uma mudança de paradigma na gestão da informação e na colaboração no setor da construção, sua adoção estruturada e integrada que está transformando o desenvolvimento de projetos, aumentando eficiência, qualidade e sustentabilidade.

Palavras-chave: BIM. Projeto elétrico. Compatibilização multidisciplinar. Interoperabilidade. Modelo federado.

ABSTRACT

This study presents the application of the BIM (*Building Information Modeling*) methodology in the development of an electrical installation project, highlighting its benefits, challenges, and impacts on the design process and information management. A literature review was conducted on the state of the art of BIM, its methodology, interoperability, collaborative work, federated model, and multidisciplinary coordination, with contextualization in both national and international scenarios. The research showed that BIM, by centralizing information in an integrated digital model, enables early clash detection, automated material take-off, and verification of compliance with technical standards. It also improves communication among the disciplines involved, reducing rework, optimizing resources, and enhancing project quality. In the case study, software tools such as Autodesk Revit and Navisworks were used for modeling and analysis, implementing a federated model and a Common Data Environment (CDE). This approach resulted in better coordination between teams, real-time updates, and decision traceability, consolidating greater efficiency and reliability. It is concluded that BIM goes beyond technological innovation, representing a paradigm shift in information management and collaboration in the construction sector, its structured and integrated adoption is transforming project development, increasing efficiency, quality and sustainability.

Keywords: BIM. Electrical project. Multidisciplinary coordination. Interoperability. Federated model.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Países com adoção de políticas e requisitos para uso do BIM	21
Figura 2 – Modelo BIM do Estádio Nacional de Brasília (Mané Garrincha)	22
Figura 3 – Modelo BIM da Estação Eucaliptos (Linha 5 do Metrô de São Paulo)	22
Figura 4 – BIM aplicado em projetos de edifícios (por país)	23
Figura 5 – Percentual de contratantes que reportam ROI positivo com o uso do BIM (por país).....	24
Figura 6 – Representação visual do conceito BIM	26
Figura 7 – Comparação entre o processo tradicional de projeto e o processo BIM ..	26
Figura 8 – Comparação entre BIM e projeto tradicional nos quesitos tomada de decisão e custos.....	27
Figura 9 – Os três estágios de metodologia BIM.....	28
Figura 10 – Relações da colaboração BIM.....	29
Figura 11 – Caos de comunicação e informações compartilhadas	30
Figura 12 – Disciplinas Integradas ao Modelo Federado	31
Figura 13 – Interoperabilidade no BIM	32
Figura 14 – Interoperabilidade no BIM	33
Figura 15 – Representação Visual de LOD	36
Figura 16 – Dimensões do BIM	38
Figura 17 – Curva de MacLeamy: representação dos esforços entre a metodologia de projeto integrado em relação à metodologia tradicional	40
Figura 18 – Compatibilização no Modelo federado	44
Figura 19 – Vista via Satélite do empreendimento	47
Figura 20 – Fachada do empreendimento	48
Figura 21 – Levantamento realizado via drone	49
Figura 22 – Ferramentas utilizadas	50
Figura 23 – Organização de pastas no CDE.....	51
Figura 24 – Organização arquivos nas pastas das disciplinas	51
Figura 25 – Atribuição de tarefas durante o projeto	52
Figura 26 – Exemplo de Gráfico de Gantt de projeto	52
Figura 27 – Modelo BIM arquitetônico.....	55
Figura 28 – Modelo BIM Estrutural.....	55
Figura 29 – Modelo BIM Hidrossanitário	56

Figura 30 – Modelo BIM do PPCI.....	57
Figura 31 – Modelo BIM de telecomunicações.....	57
Figura 32 – Fluxograma de trabalho para equipe ELE.....	60
Figura 33 – Fluxograma de trabalho equipe SPD	61
Figura 34 – Vista em planta baixa da biblioteca no Dialux	62
Figura 35 – Vista em perspectiva da biblioteca no Dialux	63
Figura 36 – Luminárias inseridas no Modelo BIM (Autodesk Revit)	64
Figura 37 – Vista em planta baixa da biblioteca no Autodesk Revit	64
Figura 38 – vista em perspectiva da biblioteca.....	65
Figura 39 – Modelagem da Subestação.....	66
Figura 40 – Subestação alocada no modelo	67
Figura 41 – Vista em planta baixa da modelagem dos alimentadores	67
Figura 42 – Vista em perspectiva do encaminhamento dos alimentadores	68
Figura 43 – Modelagem BIM do sistema de iluminação, tomadas e força	69
Figura 44 – Modelagem do QGBT	69
Figura 45 – Estudo Eletrogeométrico	70
Figura 46 – Modelagem do sistema por blocos.....	71
Figura 47 – Modelagem do projeto de SPDA.....	71
Figura 48 – Modelo federado disponibilizado online	72
Figura 49 – Modelo federado no Autodesk Navisworks	73
Figura 50 – Verificação de interferência entre elétrica e telecomunicações.....	73
Figura 51 – Verificação de interferência entre elétrica e estrutural	74
Figura 52 – Verificação de interferência entre elétrica e hidrossanitário	74
Figura 53 – Notas BCF.....	75
Figura 54 – Execução do projeto elétrico abordado	77

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
AECO	Arquitetura, Engenharia, Construção e Operações
AP	Anteprojeto
BCF	<i>BIM Collaboration Format</i> (Formato de Colaboração BIM)
BIM	<i>Building Information Modelling</i>
CDE	<i>Common Data Enviroment</i> (Ambiente Comum de Dados)
CFTV	Circuito Fechado de Televisão
CE	Caderno de Encargos
CIS/2	<i>CIMsteel Integration Standard V. 2</i> (Padrão de Integração CIMsteel)
DBMS	<i>Database Management System</i> (Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados)
DPS	Desenvolvimento Simultâneo de Projetos
DXF	<i>Drawing Exchange Format</i> (Formato de Intercâmbio de Desenho)
ELE	Elétrica
ET	Especificações Técnicas
FM	<i>Facilty Management</i> (Gestão de Facilidades)
FNDE	Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação
LOD	<i>Level of Development</i> (Nível de Desenvolvimento)
LOI	<i>Level of Information</i> (Nível de Informação)
IAI	<i>International Alliance for Interoperability</i> (Aliança Internacional para Interoperabilidade)
IFC	<i>Industry Foundation Classes</i> (Classes de Fundação da Indústria)
IGES	<i>Initial Graphic Exchange Specification</i> (Especificação Inicial de Intercâmbio Gráfico)
IPD	<i>Integrated Project Delivery</i> (Entrega Integrada de Projeto)
ISO	<i>International Organization for Standardization</i> (Organização Internacional de Normalização)
MC	Memorial de Cálculo
MEA	<i>Model Element Author</i> (Autor do Elemento de Modelo)
MHC	<i>McGraw Hill Contruction</i> (McGraw Hill Construção)
NBIMS	<i>National BIM Standards</i> (Padrões Nacionais de BIM)

NIBS	<i>National Building Information Model Standard</i> (Instituto Nacional de Ciências da Construção)
PB	Projeto Básico
PCCI	Projeto de Prevenção e Proteção Contra Incêndio
PEB	Plano de Execução BIM
PMI	<i>Project Management Institute</i> (Instituto de Gerenciamento de Projetos)
QGBT	Quadro Geral de Distribuição em Baixa Tensão
RFI	<i>Requests for Information</i> (Solicitação de Informação)
ROI	<i>Return on Investment</i> (Retorno sobre o Investimento)
RT	Relatório Técnico
RVT	Formato de arquivo <i>Revit</i>
SE	Subestação Elétrica
SPDA	Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
1.1. Contextualização do Tema	14
1.2. Relevância do Tema	16
1.3. Problema de Pesquisa.....	17
1.4. Objetivos do Trabalho.....	18
1.4.1. Objetivo Geral	18
1.4.2. Objetivos Específicos.....	18
1.5. Justificativa	18
1.6. Metodologia Resumida	19
1.7. Estrutura do Trabalho	19
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	20
2.1. Estado da Arte	20
2.2. Metodologia BIM.....	24
2.2.1. Trabalho Colaborativo e Modelo Federado/Integrado.....	28
2.2.2. Interoperabilidade BIM e IFC	31
2.2.3. Nível de Desenvolvimento (LOD).....	34
2.3. Aplicações da Metodologia BIM.....	36
2.3.1. BIM em Projetos de Engenharia	37
2.3.2. BIM em Projetos Elétricos.....	41
2.3.3. Compatibilização Multidisciplinar	43
2.4. Implementação do BIM no Setor Público.....	45
3. DESCRIÇÃO DO PROJETO E METODOLOGIA DE TRABALHO.....	46
3.1. Empreendimento	47
3.2. Plano de Execução BIM (PEB).....	49
3.3. Ferramentas BIM	49
3.3.1. Ambiente Comum de Dados (CDE)	50
3.3.2. Gerenciamento de tarefas	51
3.3.3. Softwares de Modelagem 3D.....	53
3.3.4. Dimensionamentos de Dispositivos Elétricos	53
3.3.5. Edição de Documentos	53
3.4. Modelagem BIM – Demais Disciplinas.....	54
3.4.1. Projeto Arquitetônico.....	54

3.4.2.	Projeto Estrutural	55
3.4.3.	Projeto Hidrossanitário	56
3.4.4.	Projeto de PPCI	56
3.4.5.	Projeto de Telecomunicações	57
3.5.	Modelagem BIM – Projeto Elétrico	58
3.5.1.	Composição da equipe	58
3.5.2.	Fluxo de trabalho	59
3.5.3.	Estudo luminotécnico	62
3.5.4.	Pontos elétricos	64
3.5.5.	Subestação e alimentadores	65
3.5.6.	Quadros elétricos	69
3.5.7.	SPDA e Aterramento	70
3.6.	Compatibilização	72
3.7.	Documentação do Projeto	75
4.	ANÁLISE CRÍTICA DA METODOLOGIA BIM NO PROJETO ELÉTRICO	76
4.1.	Pontos fortes da Metodologia BIM no Projeto Elétrico	76
4.2.	Compatibilização Multidisciplinar	78
4.3.	Análise dos Ferramentas BIM Utilizadas	79
4.4.	Desafios Encontrados na Implementação BIM	79
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	80
6.	REFERÊNCIAS	83
7.	ANEXO A – LINK DO ARQUIVO FEDERADO	91

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de projetos de engenharia vem passando por intensas transformações diante dos avanços tecnológicos das últimas décadas. A crescente complexidade das edificações, a demanda por maior eficiência e a busca por soluções integradas impulsionaram a adoção de novas metodologias e ferramentas digitais no setor da construção civil. Nesse contexto, destaca-se o Building Information Modelling (BIM), que representa uma evolução significativa em relação aos métodos tradicionais de projeto, trazendo consigo novas possibilidades e desafios para profissionais e empresas.

A transição do desenho bidimensional para a modelagem informacional tridimensional permitiu não apenas um salto na representação gráfica das soluções, mas também uma mudança profunda na forma como as informações são produzidas, compartilhadas e gerenciadas ao longo do ciclo de vida dos empreendimentos. O BIM surge como um ambiente colaborativo que reúne múltiplas disciplinas em torno de um modelo integrado, tornando o processo projetual mais transparente, dinâmico e assertivo.

Apesar do potencial transformador do BIM, sua implementação prática ainda requer estudos e adaptações, sobretudo no contexto brasileiro, onde a literatura e a normatização sobre o tema ainda estão em desenvolvimento. Essa lacuna evidencia a necessidade de trabalhos que abordem, de forma aplicada, os benefícios, limitações e melhores práticas da metodologia, especialmente em áreas como a Engenharia Elétrica, marcada pela necessidade de precisão, compatibilização multidisciplinar e controle rigoroso das informações técnicas.

Diante disso, este trabalho busca contribuir para o debate e a consolidação do BIM no cenário nacional, analisando sua aplicação na elaboração de projetos elétricos, em uma edificação pública. Ao longo dos próximos subtópicos, serão apresentados o contexto histórico, a relevância do tema, a definição do problema, os objetivos, justificativa, metodologia adotada e a estrutura geral do estudo, fundamentando o leitor para a compreensão dos aspectos centrais desta pesquisa.

1.1. Contextualização do Tema

Nas últimas décadas, a área da construção civil e do projeto arquitetônico vivenciou uma verdadeira revolução com o avanço das ferramentas computacionais,

especialmente aquelas voltadas à modelagem tridimensional. Esse movimento transformou profundamente os processos de concepção, planejamento e execução de obras, indo além da simples representação gráfica e incorporando uma nova dimensão informacional aos objetos modelados. Como é apontado por Caixeta (2013), nos anos mais recentes, a modelagem digital passou a privilegiar ferramentas que integram parâmetros informacionais aos elementos construtivos, viabilizando não apenas a prototipagem digital de maquetes, mas até a fabricação de componentes estruturais em escala real. Tal evolução evidencia o papel fundamental dessas tecnologias como suporte técnico e construtivo para os profissionais da área.

Dentro desse contexto, o BIM se consolidou como a principal referência em modelagem da informação na construção civil. A adoção do BIM representa uma ruptura significativa em relação ao uso tradicional das plataformas CAD, pois, segundo Krygiel (2010), os softwares BIM são projetados para atender diretamente ao processo produtivo do edifício, indo muito além da simples representação visual. Com isso, cria-se um ambiente propício à integração de agentes e etapas distintas, promovendo maior precisão documental, potencial para simulação de desempenho e planejamento mais assertivo ao longo do ciclo de vida da edificação.

Apesar do avanço, a implantação do BIM ainda é considerada uma inovação relativamente recente nas áreas de Engenharia, Arquitetura e Construção, trazendo consigo desafios regulatórios e conceituais. Para corroborar Kassem; Leusin de Amorim (2015) destacam que a estrutura normativa para a prática do BIM ainda é incipiente em diversos países, incluindo o Brasil, e poucos contextos possuem um arcabouço regulatório plenamente consolidado para sua adoção em larga escala. Essa situação revela que há um amplo espaço para a evolução e amadurecimento do tema, tanto na esfera acadêmica quanto no setor produtivo.

No cenário brasileiro, observa-se também uma lacuna de bibliografia de referência sobre BIM, especialmente no que diz respeito à explanação clara dos conceitos e das transformações metodológicas trazidas pelo novo paradigma. Segundo Checcucci (2014), grande parte do conhecimento nacional sobre BIM está dispersa em eventos científicos, periódicos e trabalhos de pós-graduação, com poucas publicações de caráter abrangente e sistematizado. Uma exceção notável é a tradução do “Manual de BIM” (BIM Handbook), de Eastman *et al* (2014), que se tornou referência internacional e nacional sobre o tema, oferecendo uma visão abrangente e estruturada dos princípios e práticas da modelagem da informação.

Diante dessa realidade, tanto as universidades quanto o mercado vêm buscando estratégias para incorporar o BIM de forma consistente à formação acadêmica e à prática profissional. Diversos cursos superiores têm ajustado seus currículos para contemplar essa inovação (Barison, 2015; Delatorre, 2014), ao passo que empresas e profissionais investem em capacitação para garantir melhores resultados em todas as fases do ciclo de vida das construções (Manziona, 2013). Nesse cenário de transformação, surge a relevância do presente trabalho, que se propõe a abordar, de maneira prática e aplicada, a implementação de um projeto elétrico utilizando a metodologia BIM, contribuindo para o desenvolvimento do conhecimento técnico e para a consolidação dessa inovação no contexto brasileiro.

1.2. Relevância do Tema

A introdução da metodologia BIM no contexto da Engenharia Elétrica representa uma transformação paradigmática nos processos de concepção, detalhamento e execução de projetos. Ao possibilitar a criação de modelos tridimensionais enriquecidos com informações técnicas, o BIM não apenas aprimora a visualização e o entendimento do projeto, mas também viabiliza uma gestão mais eficiente durante todas as etapas do ciclo de vida da edificação, desde o planejamento inicial até a operação e manutenção.

Segundo Manziona (2013), este cenário de transformação é refletido no mercado de trabalho, que vive uma fase de transição e passa a demandar profissionais especializados, aptos a integrar a tecnologia BIM às práticas de gerenciamento e execução.

Além de impactar positivamente o perfil dos profissionais e a dinâmica das equipes, a adoção do BIM traz vantagens concretas e mensuráveis para a indústria da construção. Entre esses benefícios, destacam-se a melhor compreensão dos requisitos desde as fases iniciais, a redução das modificações tardias e retrabalhos, a automação dos processos de extração de quantitativos para orçamentos e o aprimoramento do controle sobre os custos e prazos dos empreendimentos. Conforme Eastman *et al.* (2014) e Sakamori (2015), essas vantagens são perceptíveis em todas as etapas do ciclo construtivo, tornando o BIM um recurso estratégico para o aumento da produtividade e eficiência na construção civil.

No contexto específico dos projetos elétricos, essas características assumem especial relevância. Projetos desse tipo exigem alto grau de precisão nos

quantitativos, detalhamento rigoroso das soluções e capacidade de compatibilização com as demais disciplinas do empreendimento. O BIM, ao promover um ambiente colaborativo e integrado entre as equipes, conforme observam Arayici *et al.* (2010 *apud* Sakamori, 2015), potencializa a gestão das informações, contribui para a redução de erros e eleva o padrão de qualidade das entregas técnicas. Florio (2007 *apud* Sakamori, 2015) reforça que a precisão nas quantificações e o detalhamento paramétrico são fatores determinantes para o sucesso dos projetos elétricos desenvolvidos com base no BIM.

Outro aspecto relevante é a automatização dos processos de geração de documentos e dados técnicos proporcionada pelo BIM. Como afirmam Matipa (2008) e Nassar (2012), essa característica reduz a intervenção manual, diminui a probabilidade de erros e proporciona maior agilidade e confiabilidade à etapa de orçamentação, uma vez que os quantitativos podem ser extraídos automaticamente dos modelos. Essa automatização ainda permite análises rápidas de múltiplas alternativas de projeto (Witicovski, 2011), otimizando a tomada de decisão e permitindo a antecipação de conflitos entre disciplinas antes da execução em campo.

A relevância do BIM cresce ainda mais diante dos avanços recentes na integração entre diferentes plataformas e soluções tecnológicas, como GIS, RFID, GPS, inteligência artificial e robótica, que potencializam a interoperabilidade e a construção de cidades inteligentes (Lu *et al.*, 2018).

Dessa maneira, a implementação do BIM em projetos elétricos não só moderniza os processos tradicionais, mas também agrega valor ao empreendimento por meio da compatibilização eficiente, da produtividade ampliada e da significativa redução de falhas em obra, consolidando-se como uma metodologia indispensável para a evolução do setor e o atendimento das novas demandas do mercado.

1.3. Problema de Pesquisa

O presente trabalho tem como problema central investigar como a aplicação da metodologia BIM pode contribuir para o aumento da eficiência e qualidade no desenvolvimento de projetos elétricos, com o estudo de caso em uma edificação pública. Busca-se entender, especificamente, quais benefícios práticos e operacionais são obtidos com a utilização da metodologia BIM, considerando aspectos como precisão, produtividade, redução de incompatibilidades entre disciplinas e aprimoramento da documentação técnica gerada.

1.4. Objetivos do Trabalho

1.4.1. Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é demonstrar e analisar criticamente a implementação prática de um projeto elétrico em uma edificação pública escolar utilizando a metodologia BIM.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Realizar a modelagem detalhada das instalações elétricas em ambiente BIM, contemplando infraestrutura, iluminação, quadros de distribuição e proteção contra descargas atmosféricas;
- Integrar e compatibilizar o projeto elétrico com as demais disciplinas envolvidas (arquitetônica, estrutural, hidrossanitária, telecomunicações e PPCI) por meio de modelo federado;
- Avaliar os benefícios da metodologia BIM na redução de interferências e conflitos durante as etapas de desenvolvimento do projeto.

1.5. Justificativa

A implementação da metodologia BIM em projetos elétricos é um tema de relevância crescente na indústria da construção civil, especialmente diante da tendência de exigência governamental do uso dessa metodologia em obras públicas. Esse estudo se justifica tanto pelo seu potencial acadêmico, uma vez que contribuirá para a ampliação da bibliografia nacional sobre a aplicação prática do BIM em instalações elétricas, quanto pela sua importância prática para profissionais e empresas do setor, que buscam alternativas tecnológicas para melhorar o desempenho, a precisão e a eficácia operacional de seus projetos.

Além disso, considerando que projetos em CAD apresentam limitações significativas, como retrabalho frequente, inconsistências na documentação técnica e dificuldade de compatibilização multidisciplinar, este estudo proporcionará uma base concreta e fundamentada que demonstra como o BIM pode superar essas dificuldades, ampliando a produtividade, reduzindo custos e elevando a qualidade final das instalações elétricas executadas.

1.6. Metodologia Resumida

A metodologia adotada neste estudo é de caráter prático e aplicado, contemplando inicialmente uma revisão bibliográfica sobre BIM e sua aplicação específica em projetos elétricos. Em seguida, foi realizado um estudo de caso em uma escola pública, objeto de reforma e ampliação, onde a metodologia BIM foi empregada integralmente no desenvolvimento do projeto elétrico. Para a modelagem e compatibilização, foram utilizados softwares especializados, destacando-se o Autodesk Revit, Navisworks e Dialux Evo, além de ferramentas complementares como o DCE Prysmian e planilhas automatizadas em VBA.

Durante o desenvolvimento do projeto, foi implementado um Ambiente Comum de Dados para armazenamento centralizado e colaborativo dos arquivos, garantindo uma gestão eficiente e integrada das informações técnicas geradas. O estudo de caso permitiu uma análise crítica dos benefícios e desafios encontrados na aplicação prática do BIM, contribuindo diretamente para o alcance dos objetivos propostos.

1.7. Estrutura do Trabalho

Este Trabalho de Conclusão de Curso está estruturado em seis capítulos principais. O Capítulo 1 apresenta a introdução geral ao tema, contendo a contextualização, relevância, problema, objetivos, justificativa e metodologia adotada. O Capítulo 2 aborda o Estado da Arte, discutindo o panorama atual da metodologia BIM e sua aplicação em projetos elétricos.

O Capítulo 3 detalha a Descrição do Projeto e a Metodologia de Trabalho adotada, apresentando o empreendimento escolhido, as ferramentas utilizadas, a composição das equipes e os fluxos de trabalho desenvolvidos. O Capítulo 4 realiza uma Análise Crítica da Metodologia BIM aplicada ao Projeto Elétrico, evidenciando os pontos fortes, desafios e oportunidades de melhoria identificados durante o estudo.

As Considerações Finais são apresentadas no Capítulo 5, contendo a síntese das conclusões obtidas e recomendações para futuros trabalhos e projetos. Por fim, o Capítulo 6 lista as Referências utilizadas no desenvolvimento do trabalho, seguido de anexos que incluem materiais complementares e documentos técnicos importantes relacionados ao estudo desenvolvido.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A presente seção tem como objetivo apresentar o embasamento conceitual e técnico necessário para compreender a aplicação da metodologia BIM no desenvolvimento de projetos, com foco especial em sua utilização em projetos elétricos. Para tanto, serão discutidos os conceitos fundamentais, o estado atual de adoção da metodologia no Brasil e no cenário global, bem como as suas principais características. Essa base teórica é essencial para contextualizar a proposta do trabalho, oferecendo subsídios para a análise crítica e para a implementação prática da metodologia no âmbito acadêmico e profissional.

Ao longo deste capítulo, serão abordados temas como o panorama do BIM, a definição e os princípios que norteiam sua aplicação, os níveis de desenvolvimento (*Level of Development* – LOD) e de informação (*Level of Information* – LOI), além de suas múltiplas aplicações em diferentes disciplinas da engenharia. Serão explorados exemplos práticos e casos de uso relevantes, destacando sua contribuição para a compatibilização multidisciplinar, gerenciamento de projetos e implementação no setor público, estabelecendo assim um referencial sólido para a compreensão e aprofundamento das etapas seguintes deste trabalho.

2.1. Estado da Arte

O cenário atual do setor da construção civil é marcado pelo contínuo avanço e pela adoção crescente de ferramentas baseadas na metodologia BIM. Tais ferramentas têm promovido melhorias significativas no desenvolvimento de projetos, inclusive em projetos elétricos. Segundo Romcy (2017) a utilização do BIM resultou em ganhos notáveis de precisão e em uma manipulação mais eficiente dos objetos modelados, além de proporcionar visualizações detalhadas em múltiplos ângulos. Essas características facilitam a identificação e resolução de conflitos que poderiam comprometer a execução da obra. Soma-se a isso a agilidade na geração de alternativas de projeto e a facilidade para elaboração de maquetes eletrônicas realistas e detalhadas, aspectos que tornam o BIM especialmente vantajoso.

O avanço da tecnologia BIM não se limita apenas à modelagem digital. Conforme destaca Romcy (2017), a incorporação de técnicas complementares, como prototipagem rápida e digitalização de ambientes por meio de *scanners* 3D, elevou ainda mais o padrão de velocidade, versatilidade e precisão na construção de modelos físicos. Tais inovações reforçam a importância do BIM como metodologia que integra

diversas disciplinas do projeto, incluindo a elétrica, promovendo uma coordenação eficiente e uma gestão mais eficaz das informações ao longo de todo o ciclo de vida da edificação.

No âmbito internacional, o National BIM Standard (2015) destaca que o interesse pelo BIM vem crescendo continuamente, levando governos de diversos países a adotarem sua utilização como requisito obrigatório para projetos públicos. Essa disseminação pode ser observada na figura 1, que apresenta um panorama mundial de países que já implementaram políticas de uso do BIM, incluindo Reino Unido, Finlândia, Cingapura, China, Japão, Emirados Árabes Unidos, Qatar, Estados Unidos, Brasil e Chile.

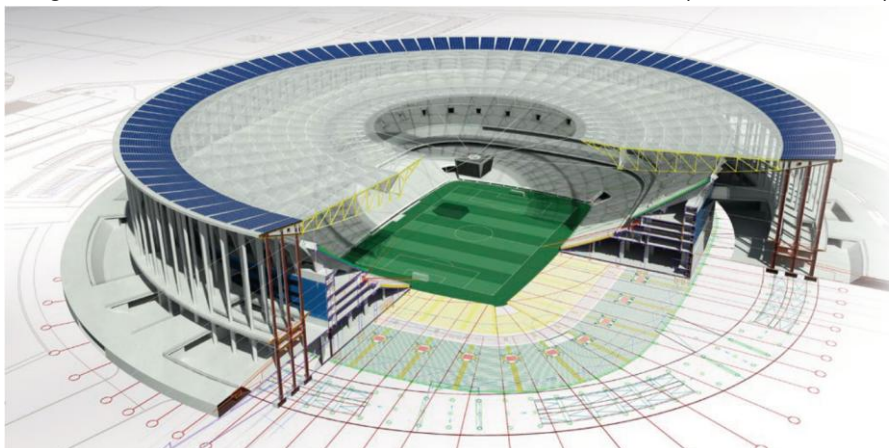
Figura 1 – Países com adoção de políticas e requisitos para uso do BIM



Fonte: CBIC (2017).

Experiências em países que já adotaram o BIM como requisito obrigatório mostram que a padronização de processos aumenta a qualidade dos projetos, reduz custos e eleva a competitividade do setor. A perspectiva para o Brasil é que, num futuro próximo, a adoção do BIM deixe de ser apenas um diferencial e se torne requisito essencial para atuação no mercado. No Brasil, há casos emblemáticos que demonstram o potencial do BIM para empreendimentos de grande porte. Um exemplo é o Estádio Nacional de Brasília, Mané Garrincha (presente na figura 2), cuja modelagem tridimensional permitiu a integração das disciplinas e a visualização de interferências antes da execução da reforma, reduzindo retrabalhos e garantindo maior precisão construtiva.

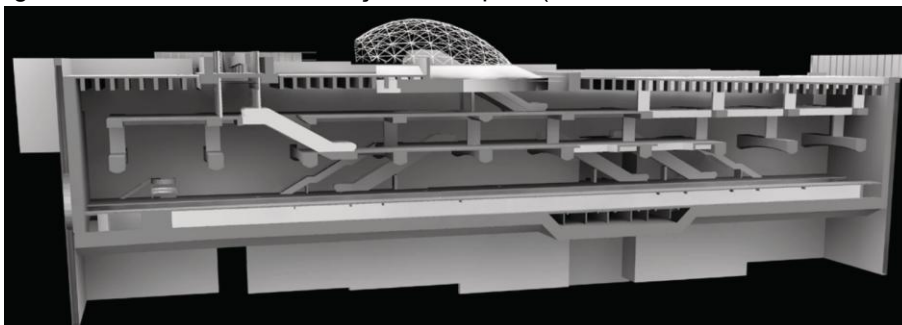
Figura 2 – Modelo BIM do Estádio Nacional de Brasília (Mané Garrincha)



Fonte: CBIC (2017).

A aplicação da metodologia também é observada em obras de infraestrutura de transporte, como a Estação Eucaliptos da Linha 5 do Metrô de São Paulo (figura 3). Nesse caso, o BIM foi utilizado para coordenar projetos de arquitetura, estrutura e instalações, garantindo compatibilidade e melhor planejamento executivo.

Figura 3 – Modelo BIM da Estação Eucaliptos (Linha 5 do Metrô de São Paulo)



Fonte: CBIC (2017).

Complementarmente, a CBIC (2017) define o BIM como um conjunto de políticas, processos e tecnologias que, combinados, permitem projetar, simular e gerenciar edificações e instalações por meio de plataformas digitais, aplicando-se a todas as fases do ciclo de vida do empreendimento. De acordo com Cardoso (2021), a aplicação do BIM em escritórios de pequeno porte no Brasil, embora enfrente desafios relacionados à capacitação técnica e resistência cultural, apresenta viabilidade comprovada e resultados positivos na otimização de fluxos de trabalho e na melhoria da comunicação entre equipes.

No contexto nacional, estudos recentes indicam que o uso do BIM no Brasil está em expansão, especialmente em empreendimentos de edificações comerciais, que representam aproximadamente 53% das aplicações (McGraw Hill Construction, 2014 *apud* Corrêa, 2023). Por outro lado, quando se trata de empreendimentos não relacionados a edificações, a adoção média cai para cerca de 20%, evidenciando que a implementação da metodologia ainda ocorre de forma mais consistente no setor de edificações do que no de infraestrutura. A figura 4 apresenta um comparativo internacional da aplicação do BIM em diferentes tipologias de projetos de edifícios, revelando que o Brasil acompanha a tendência global de maior uso em empreendimentos comerciais, mas com índices inferiores aos de países como Reino Unido, Estados Unidos e Austrália.

Figura 4 – BIM aplicado em projetos de edifícios (por país)

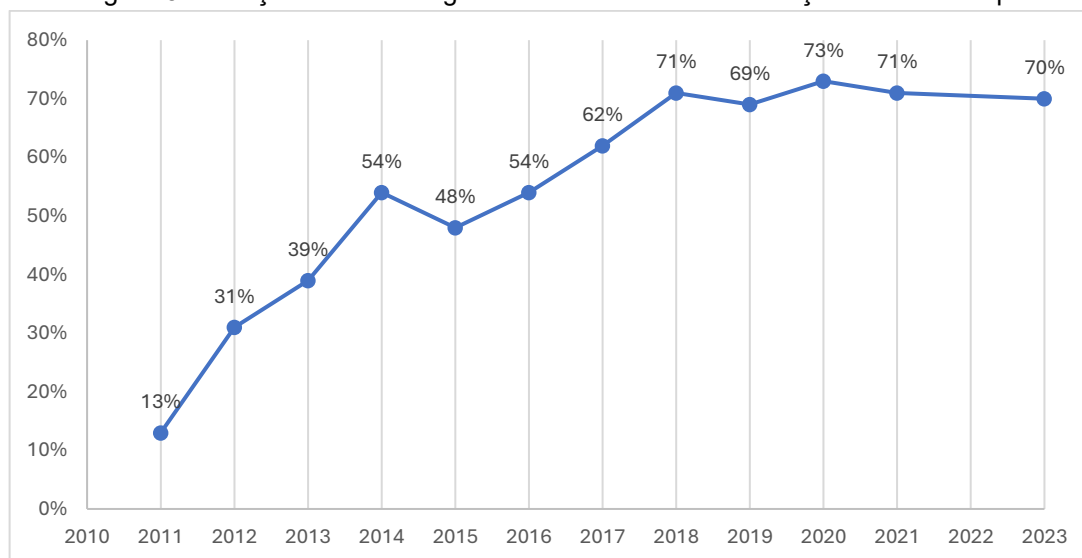
Projetos de edifícios	Reino Unido	França	Alemanha	EUA	Canadá	Brasil	Japão	Coreia do Sul	Austrália / NZ
Comerciais (escritórios, varejo, hotéis)	69%	68%	59%	66%	54%	53%	63%	48%	70%
Institucionais (educação, hospitais, religiosos)	61%	32%	31%	77%	41%	31%	23%	35%	39%
Governamentais / públicos (fóruns, embaixadas, esportes e convenções)	54%	10%	22%	68%	44%	12%	0%	51%	37%
Residenciais multifamiliares	33%	35%	44%	18%	26%	19%	23%	20%	26%
Residenciais unifamiliares	17%	19%	22%	1%	10%	16%	0%	1%	4%

Fonte: Corrêa (2023).

A Figura 5 apresenta a evolução da adoção do BIM em grandes escritórios de construção civil na Europa, demonstrando crescimento expressivo ao longo dos anos. Em 2011, apenas 13% das empresas utilizavam a metodologia, enquanto em 2014 esse número já havia superado a marca de 50%. A partir de 2017, observa-se uma consolidação mais significativa, alcançando 71% em 2018 e chegando ao patamar de aproximadamente 70% em 2023. Essa trajetória evidencia a consolidação do BIM como prática estratégica no setor, deixando de ser uma inovação pontual para se tornar um padrão amplamente difundido, fundamental para aumentar a produtividade,

a coordenação entre disciplinas e a eficiência dos projetos de engenharia e construção.

Figura 5 – Adoção do BIM em grandes escritórios de construção civil na Europa



Fonte: Adaptado de NBS (2023).

2.2. Metodologia BIM

O *Building Information Modelling* (BIM) é definido como um processo baseado em um modelo inteligente, aplicado ao planejamento, projeto, construção e gerenciamento de empreendimentos (Freire *et al.*, 2015). Sua principal característica é a modelagem paramétrica, na qual os objetos do modelo possuem, além de dados geométricos, informações associadas a propriedades fixas e variáveis. Para Hernandez (2006, p. 312), “um modelo paramétrico é uma representação computacional de um projeto constituído de entidades geométricas que possuem atributos (propriedades) que são fixas e outras que podem variar”. Esse conceito reforça que o BIM vai além da simples modelagem 3D, pois integra informações que impactam diretamente o ciclo de vida do projeto.

O BIM pode ser entendido como uma tecnologia de modelagem e um conjunto associado de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção, com componentes inteligentes associados a informações e regras paramétricas, cujos dados são consistentes, não redundantes e coordenados (Eastman *et al.*, 2014). O Brasil vem se movimentando para uma adoção mais sistemática da metodologia, tendo lançado, em 2018, a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM, prevendo

exigências graduais para projetos, obras e serviços até 2028, com foco em ganhos de produtividade, redução de prazos e de custos no ciclo de vida dos empreendimentos (BRASIL, 2024).

Apesar de sua crescente adoção, o BIM ainda é, por vezes, percebido como uma solução universal para todos os desafios da construção, sendo necessário desmistificá-lo. Lu, Lai e Tse (2018) destacam que o BIM deve ser compreendido como uma metodologia abrangente, que integra teorias, avanços tecnológicos, formatos de informação e padrões ajustados à realidade de cada economia. O diferencial do BIM está na estruturação e gestão da informação ao longo de todo o ciclo de vida do empreendimento, proporcionando ganhos significativos de produtividade e eficiência.

A eficácia dessa metodologia está diretamente ligada à gestão eficiente de recursos, tempo, custo e qualidade, monitorados segundo critérios claros e alinhados aos interesses de todas as partes envolvidas. Segundo PMI (2013), o gerenciamento de projetos é estruturado em cinco fases: início, planejamento, execução, monitoramento e controle. Cada uma dessas etapas, desde os estudos preliminares até a operação e manutenção, é fundamental para o sucesso do empreendimento. Essa gestão envolve diversos agentes (Fabricio e Melhado, 2001), como o empreendedor, os projetistas, as construtoras e o usuário final, cuja integração é essencial em projetos desenvolvidos com BIM.

No contexto do setor da construção, Santos (2018) reforça que o desenvolvimento de um empreendimento envolve múltiplas decisões e interfaces, sendo imprescindível a compatibilização entre as disciplinas para garantir coerência e harmonia das definições projetuais. Azhar, Khalfan e Maqsood (2012) ilustram o conceito do BIM na figura 6, representando a integração entre as dimensões do BIM, desde o planejamento até a operação.

Figura 6 – Representação visual do conceito de BIM

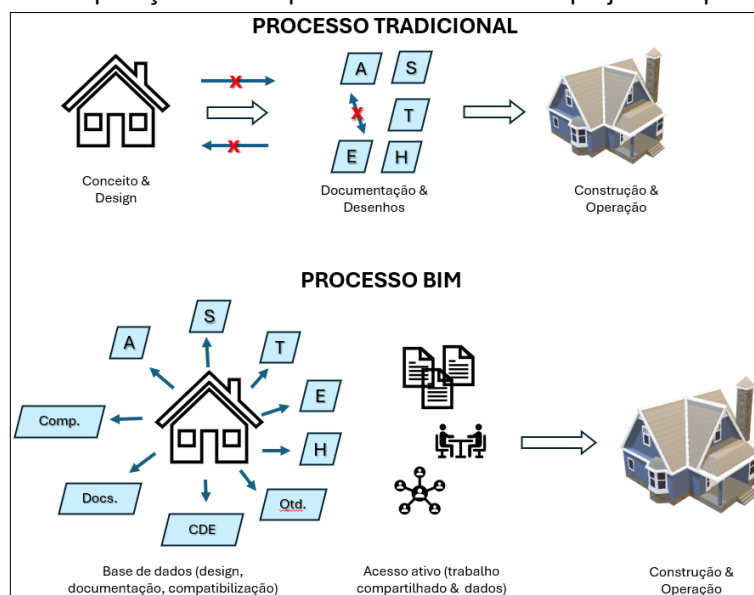


Fonte: Santos (2024).

A distinção fundamental entre o BIM e o CAD tradicional é que, enquanto o CAD se limita a vistas 2D/3D independentes, o BIM utiliza um modelo integrado/federado, no qual cada objeto inteligente contém dados físicos, funcionais e de ciclo de vida, como fornecedor, requisitos de manutenção e desempenho (Azhar; Richter, 2009; CRC, 2007).

Essa diferença também é evidenciada na figura 7, que compara o processo tradicional de projeto e o processo BIM, destacando a mudança para um banco de dados relacional e compartilhamento ativo de informações.

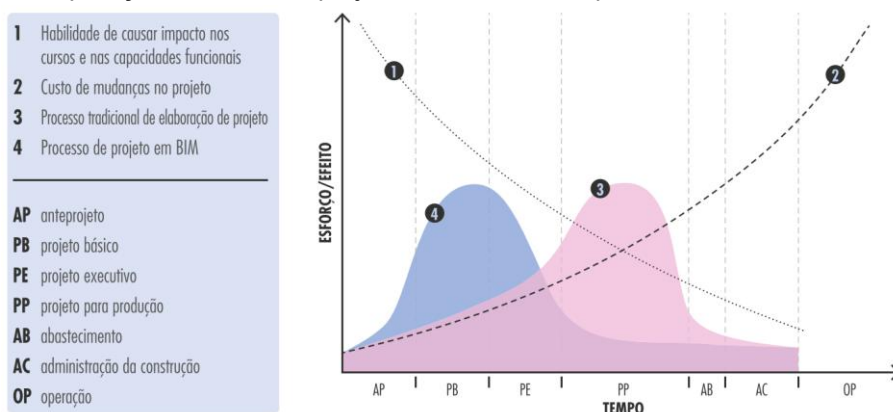
Figura 7 – Comparação entre o processo tradicional de projeto e o processo BIM



Fonte: Adaptado de Azhar *et al.* (2012).

A adoção do BIM altera significativamente a distribuição do esforço ao longo das fases de projeto, antecipando etapas de análise e decisão para momentos em que o custo de modificações ainda é baixo e a capacidade de impactar o desempenho final do empreendimento é alta. Conforme ilustrado na Figura 8, ao concentrar maior esforço nas fases iniciais — como anteprojeto (AP) e projeto básico (PB) — o processo BIM permite identificar e corrigir inconsistências antes que cheguem ao canteiro de obras, evitando retrabalhos onerosos e melhorando o desempenho global da edificação. Para Eastman *et al.* (2014), essa antecipação possibilita vincular o modelo a simulações de desempenho, criando oportunidades para otimizar aspectos como eficiência energética e funcionalidade.

Figura 8 – Comparação entre BIM e projeto tradicional nos quesitos tomada de decisão e custos



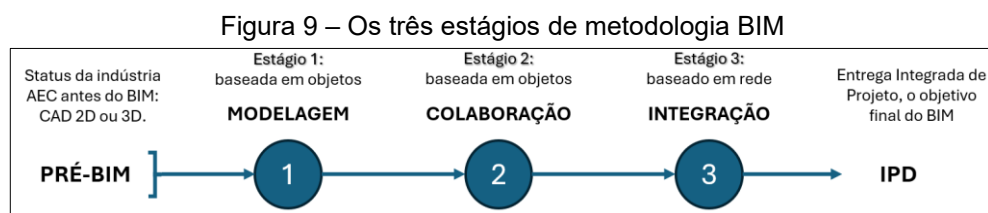
Fonte: Reis (2023).

De acordo com Hosseini *et al.* (2021), o BIM deve ser entendido como uma ferramenta integrada que eleva significativamente o nível de colaboração entre equipes de projeto. No contexto da quarta revolução industrial, a qual impulsiona a criação de edificações inteligentes e conectadas a sistemas de simulação, o setor de AEC caminha para uma transformação digital profunda. Essa transição demanda novas competências e práticas, nas quais a metodologia BIM se destaca como eixo central para a integração de processos, otimização de recursos e alcance de níveis superiores de qualidade e eficiência na construção civil.

Scheer e Filho (2009) alertam que reduzir o BIM à definição de um software limita seu potencial, pois ele é, na realidade, um processo contínuo de aprimoramento das práticas construtivas. Succar (2009) complementa, definindo o BIM como um

conjunto integrado de políticas, processos e tecnologias para gerenciar dados digitais ao longo do ciclo de vida do edifício. O autor descreve três estágios de adoção do BIM, presentes na figura 9, que ajudam a compreender sua implementação progressiva:

- **Estágio 1 (Modelagem baseada em objetos):** geralmente monodisciplinar, produzindo modelos 3D, quantitativos e documentação.
- **Estágio 2 (Colaboração baseada em modelos):** multidisciplinar, com modelos 4D (tempo) e 5D (custos), incluindo verificação de interferências.
- **Estágio 3 (Integração baseada em rede):** colaboração simultânea entre disciplinas, com concepção, construção e operação, adotando a Entrega Integrada de Projeto (IPD — *Integrated Project Delivery*).



Fonte: Adaptado de Succar (2009).

A modelagem paramétrica, como enfatizam Eastman *et al.* (2014) e Larivour (2017) garante consistência e elimina redundâncias, pois alterações em um elemento afetam automaticamente os componentes relacionados. Isso reduz erros, aumenta a precisão e permite análises detalhadas, planejamento de obras e operação, vinculando dados de materiais, acústica e eficiência energética a um único modelo integrado.

Assim, a modelagem paramétrica no BIM não se limita à representação tridimensional, mas à gestão eficiente de informações que impactam diretamente à execução e manutenção de um projeto. Esse avanço tecnológico é sustentado pela interoperabilidade, essencial para permitir que modelos digitais sejam utilizados de forma eficaz por todas as partes interessadas ao longo de todas as fases do ciclo de vida do empreendimento.

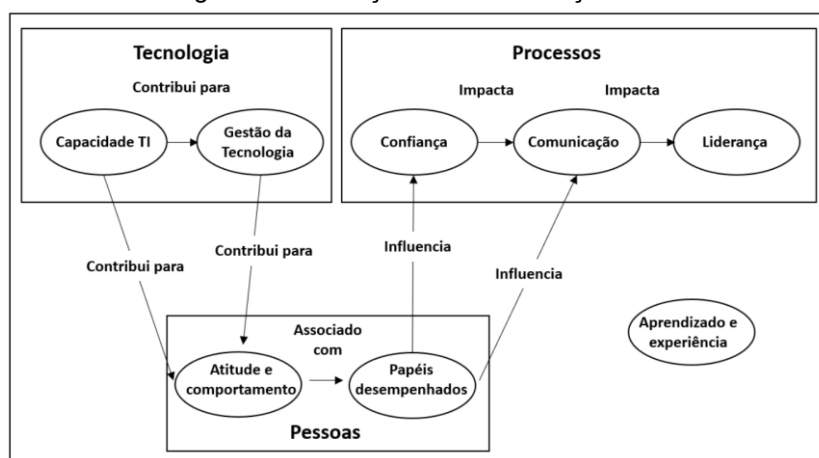
2.2.1. Trabalho Colaborativo e Modelo Federado/Integrado

O modelo BIM, por ser rico em informações, favorece um fluxo de trabalho colaborativo, permitindo que ações simultâneas sejam realizadas sobre um único

modelo consistente (Freire *et al.*, 2015). Segundo Holness e Gordon (2006), o uso dessa metodologia pode gerar economia de custos entre 15% e 40%, reduzir prazos de execução e melhorar a qualidade final da obra. A coordenação de dados e a comunicação direta entre os membros da equipe, operando no mesmo modelo, contribuem para uma transferência de conhecimento eficiente entre as disciplinas envolvidas, reduzindo retrabalhos e inconsistências (Azhar *et al.*, 2012).

Medeiros (2015) destaca que a gestão integrada da informação, centralizando todos os dados do projeto em uma única plataforma, é um dos principais diferenciais do BIM. Essa centralização melhora a coordenação entre arquitetura, estrutura e instalações, facilitando a troca de informações e apoiando decisões mais precisas ao longo das fases de planejamento, construção e operação (Clayton *et al.*, 2008 e Kowaltowski *et al.*, 2011). Esse modelo colaborativo rompe com o fluxo linear tradicional de projeto, reduzindo erros e custos, e potencializando a eficiência do ciclo de vida do empreendimento, a figura 10 demonstra como ocorrem as relações interpessoais na metodologia BIM.

Figura 10 – Relações da colaboração BIM



Fonte: Sena (2021).

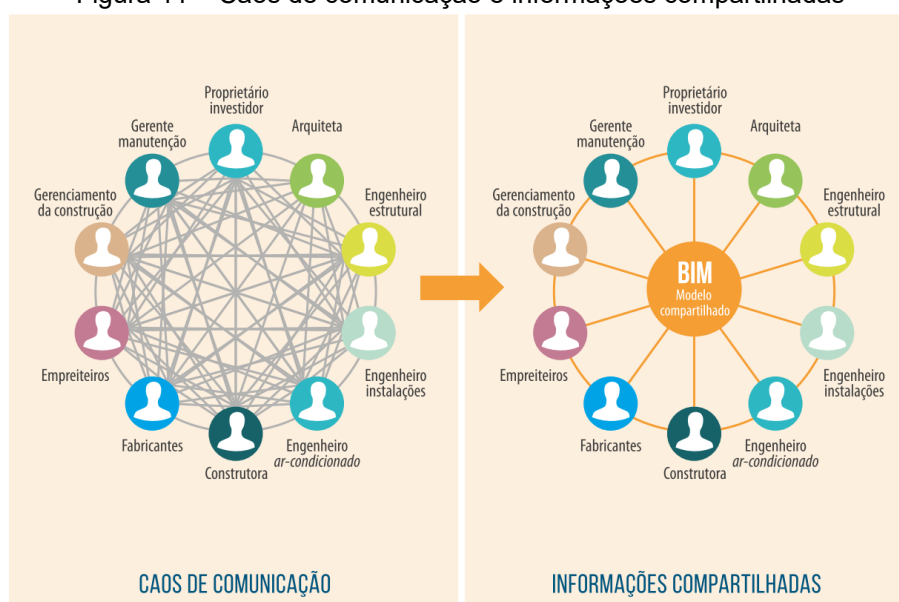
A execução de um empreendimento envolve uma rede complexa de stakeholders, investidores, projetistas, construtores, fabricantes, órgãos reguladores e usuários finais, onde o desempenho de cada agente impacta diretamente os demais (Chiu, 2002). A colaboração é, portanto, um requisito essencial, demandando canais de comunicação eficientes e coordenação contínua entre todos os envolvidos (Sena, 2021).

Pikas *et al.* (2016) identificam três razões principais para a colaboração entre projetistas: (1) atender aos requisitos de demanda do projeto, (2) garantir o

cumprimento dos prazos e entregas e (3) assegurar que cada elemento projetado se encaixe e funcione como esperado no conjunto. Tais necessidades abrangem dependências de escopo, prazos e dados, evidenciando a importância da integração e da compatibilização desde as fases iniciais.

O BIM atua como catalisador dessa integração, como é visto na figura 11, ele estimulando a colaboração interorganizacional e não apenas interna (Zheng *et al.*, 2017). Para isso, é necessário rever processos e paradigmas, migrando de uma comunicação fragmentada, típica do CAD 2D, para uma comunicação centralizada em modelos digitais tridimensionais (Sena, 2021).

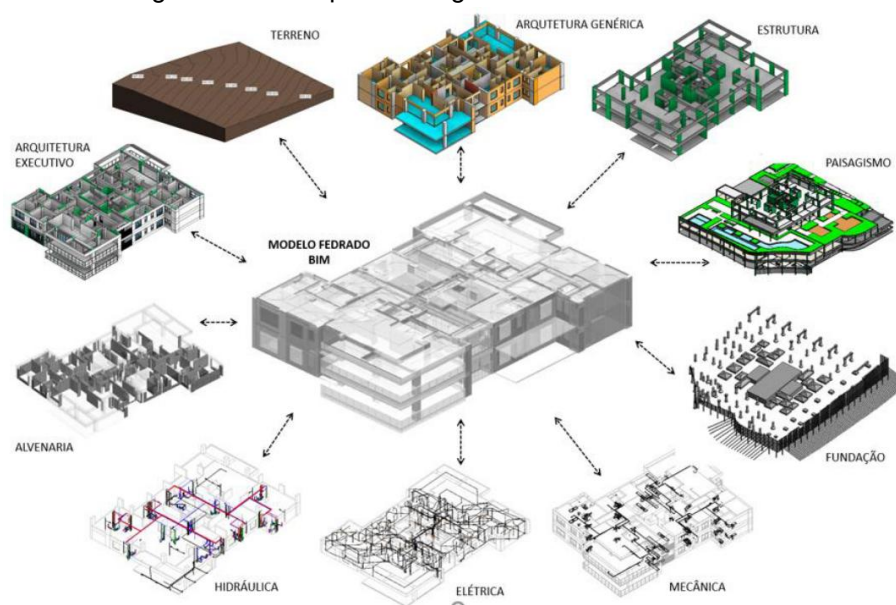
Figura 11 – Caos de comunicação e informações compartilhadas



Fonte: CBIC (2016).

Essa centralização de informações ocorre, de forma otimizada, por meio do modelo federado, apresentado na figura 12, este definido por Lowe e Muncey (2009) como a composição de modelos vinculados, porém independentes, que preservam sua identidade e integridade. Apesar de limitações, como a incompletude temporária quando um modelo vinculado é descarregado (Solihin *et al.*, 2016), a abordagem é flexível (Torma, 2013) e permite a integração de dados para detecção de conflitos, acompanhamento de alterações e extração de informações para gestão. A dinâmica do modelo federado com as disciplinas é notada na figura 12.

Figura 12 – Disciplinas Integradas ao Modelo Federado



Fonte: Sena (2021).

Segundo Lea *et al.* (2015), o BIM, quando bem estruturado, torna-se uma base de conhecimento compartilhado para decisões ao longo de todo o ciclo de vida do edifício. Contudo, para usufruir plenamente desse potencial, é necessária infraestrutura adequada e processos de colaboração que assegurem o acesso a todos os stakeholders (Arayici *et al.*, 2011). Liu, van Nederveen e Hertogh (2017) complementam que a colaboração efetiva depende de três pilares: processos, técnicas e pessoas; falhas em qualquer um deles comprometem a adoção.

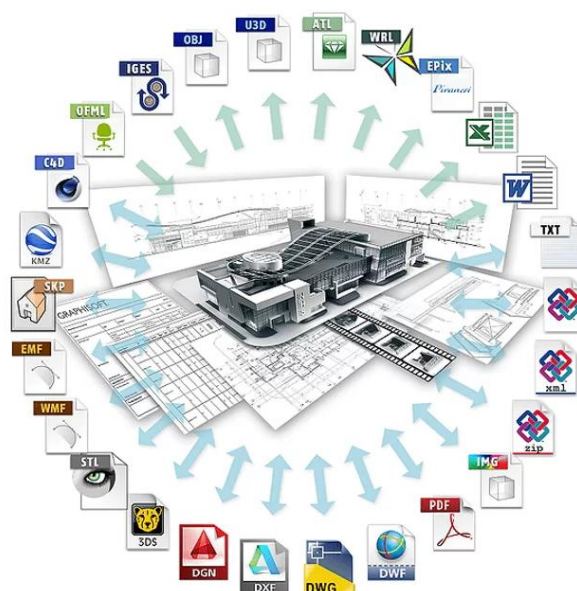
Assim, o trabalho colaborativo no BIM, apoiado pelo modelo federado/integrado, não apenas melhora a eficiência e a precisão dos projetos, mas também promove uma cultura de integração, confiança e comunicação. Essa abordagem garante maior previsibilidade, redução de riscos e alinhamento entre as diferentes áreas, consolidando o BIM como uma ferramenta estratégica para a indústria da construção.

2.2.2. Interoperabilidade BIM e IFC

A interoperabilidade no contexto do BIM é um fator determinante para garantir a integração entre diferentes plataformas utilizadas na indústria da construção. Conforme Delatorre (2014), a troca de dados é essencial para viabilizar a comunicação entre softwares distintos (ilustrado na figura 13) historicamente realizada

por meio de formatos de geometria como DXF (*Drawing Exchange Format* — Formato de troca de desenho) e IGES (*Initial Graphic Exchange Specification* — Especificação Inicial de Troca Gráfica), desenvolvidos desde a década de 1980 com a colaboração da ISO (*International Organization for Standardization* — *Organização Internacional para Padronização*) e setores industriais. Esses formatos, apesar de sua relevância histórica, apresentam limitações para atender às necessidades complexas do fluxo de trabalho BIM, que requer a preservação de informações paramétricas e semânticas dos elementos modelados.

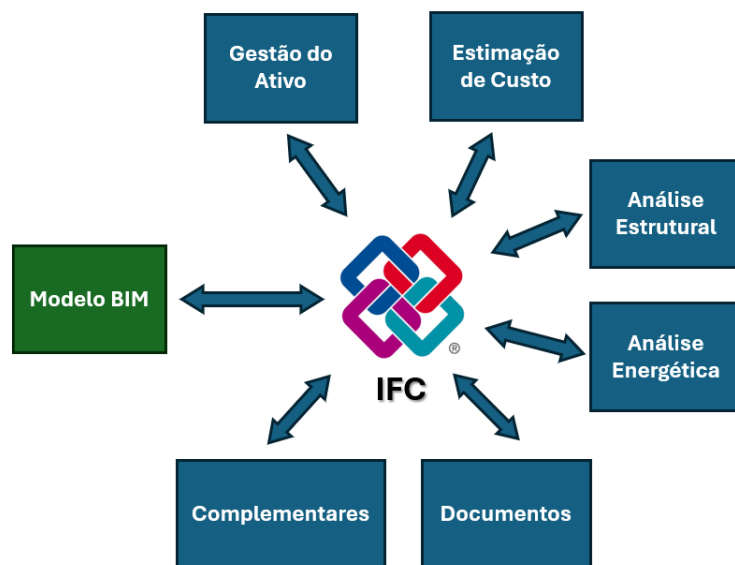
Figura 13 – Interoperabilidade no BIM



Fonte: Martins e Buzar (2023).

Dentre os formatos mais relevantes, destacam-se o IFC (*Industry Foundation Classes*) e o CIS/2 (*CIMsteel Integration Standard Version 2* — Versão 2 do Padrão de Integração CIMsteel). Segundo Eastman *et al.* (2014), o IFC é o padrão mais utilizado para a interoperabilidade no setor AECO (Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação), permitindo o intercâmbio de dados entre diferentes plataformas BIM de forma aberta e neutra. Para Juan e Zheng (2014), o uso do IFC é crucial para a integração de ferramentas, viabilizando fluxos de trabalho colaborativos e reduzindo a dependência de formatos proprietários (figura 14). A troca de dados pode ocorrer por conexões diretas, formatos proprietários, modelos públicos ou intercâmbio baseado em XML, sendo o IFC o principal formato aberto adotado internacionalmente.

Figura 14 – Interoperabilidade no BIM



Fonte: BuildingSmart (2019).

Segundo Pereira *et al.* (2009), a interoperabilidade é um dos conceitos mais inovadores da metodologia BIM, pois possibilita que profissionais de diferentes disciplinas alterem e atualizem modelos simultaneamente, promovendo a interdisciplinaridade no desenvolvimento dos projetos. A adoção de padrões internacionais, como os estabelecidos pela National BIM Standard (2015), busca elevar a padronização dos dados e melhorar a comunicação entre as plataformas, reduzindo perdas de informação. Nesse sentido, a utilização do IFC como linguagem comum é um passo decisivo para garantir consistência e continuidade ao longo do ciclo de vida do empreendimento.

“O fluxo livre de informações é um requisito básico de um processo interoperável. Sem informações compartilhadas, o BIM e a prática integrada são severamente limitados” (Jernigan, 2007, p. 142). Isso reforça a necessidade de um ambiente em que o modelo possa interagir com outras plataformas, transferindo dados com mínima perda de informação. No entanto, como apontam Sacks *et al.* (2018), problemas podem surgir devido à cobertura limitada de informações, erros de tradução e incompatibilidades de escopo. Essas barreiras tornam indispensável a escolha criteriosa dos formatos e plataformas utilizadas.

Atualmente, existem quatro abordagens principais para a interoperabilidade: (1) uso de servidores de troca de informações (DBMS) baseados em padrões como

IFC ou CIS/2; (2) utilização de softwares de um mesmo fornecedor; (3) adoção de softwares de fornecedores diferentes que firmaram parcerias para integração; e (4) emprego de padrões abertos da indústria, com destaque para o IFC (Andrade, 2012). O IFC, conforme a norma (ISO 16739-1, 2024), é uma descrição digital padronizada de ativos construídos, de caráter aberto, neutro e aplicável a diferentes dispositivos, plataformas e interfaces.

Dessa forma, uma interoperabilidade elevada, com baixa perda de dados na transferência, é requisito essencial para processos construtivos que envolvam múltiplas fases e disciplinas. A correta implementação do IFC não apenas facilita a integração técnica entre softwares, mas também amplia o potencial de análises, simulações e gestão do empreendimento, consolidando o BIM como ferramenta estratégica para colaboração e eficiência na construção civil.

2.2.3. *Nível de Desenvolvimento (LOD)*

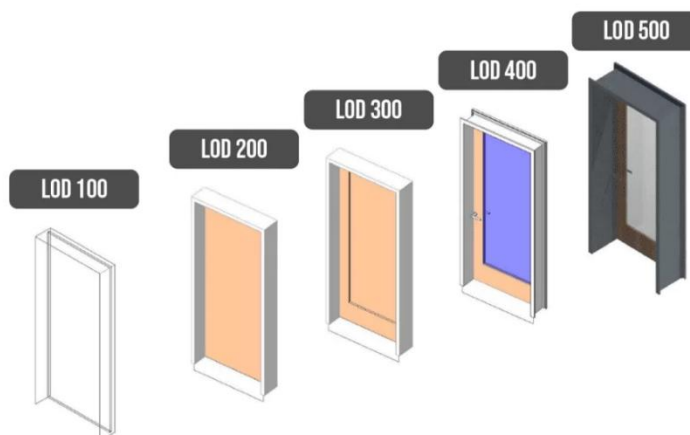
Outro conceito fundamental à metodologia BIM é o Nível de Desenvolvimento (*Level of Development* – LOD), que estabelece uma linguagem comum para definir o grau de precisão e confiabilidade das informações do modelo em cada etapa do projeto (Lu *et al.*, 2018). A aplicação do LOD permite que todos os envolvidos compreendam e confiem nas informações fornecidas pelo modelo, tornando o processo mais transparente e assertivo.

Medeiros (2015) descreve o conceito de LOD dentro da metodologia BIM como um grau de detalhamento e confiabilidade das informações associadas a um modelo. Ele é fundamental para garantir que os modelos atendam às necessidades específicas de cada fase do projeto. A definição dos diferentes níveis de LOD varia entre as fases do projeto, sendo que, quanto mais detalhado o modelo, maior será o seu nível de desenvolvimento. De acordo com o documento AIA (2013), os níveis de LOD são definidos como segue:

- LOD 100: o elemento do modelo pode ser representado graficamente, no modelo, com um símbolo, ou outra representação genérica, mas não satisfaz os requisitos para LOD 200. As informações relacionadas ao elemento do modelo (ou seja, o custo por metro quadrado, etc.) podem ser derivadas de outros elementos do modelo. Exemplo: fase de estudo preliminar, a geometria do modelo pode ser considerada conceitual.

- LOD 200: o elemento do modelo é graficamente representado, dentro do modelo, como um sistema genérico, objeto ou montagem, com quantidades aproximadas, tamanho, forma, localização e orientação. Informações não gráficas também podem ser conectadas ao elemento do modelo. Exemplo: fase de anteprojeto, ou projeto em desenvolvimento, cuja geometria é aproximada.
- LOD 300: o elemento do modelo é representado graficamente, dentro do modelo, como um sistema específico, objeto ou o conjunto, tais como quantidade, tamanho, forma, localização e orientação. Informações não gráficas também podem ser conectadas ao elemento do modelo. Exemplo: fase de projeto executivo, necessita de uma geometria mais precisa, envolvendo detalhes e toda a documentação
- LOD 400: o elemento do modelo é representado graficamente, dentro do modelo, como um sistema específico, objeto ou o conjunto em termos de tamanho, forma, localização, quantidade e orientação com detalhamento, fabricação, montagem e informações da instalação. Informações não gráficas também podem ser conectadas ao elemento de modelo. Exemplo: fase de preparação da obra, construção e montagem, envolvendo as etapas de fabricação e construção.
- LOD 500: o elemento do modelo é uma representação de campo verificada em termos de tamanho, forma, localização, quantidade e orientação. Informações não gráficas também podem estar ligadas aos elementos do modelo. Exemplo: fase de pós ocupação, ou seja, o modelo tridimensional é utilizado para operação e manutenção. Na figura 15 se encontra a representação de cada nível de detalhe, na modelagem de uma porta.

Figura 15 – Representação Visual de LOD



Fonte: EPE (2021).

Esses níveis são utilizados para determinar as permissões de uso dos elementos no modelo, que podem variar de visualizações conceituais para planejamento até detalhamento completo para a construção. As permissões são refletidas no conceito de "*Model Element Author*" (MEA ou "autor do elemento modelo"), que especifica os responsáveis pela autoria e controle de cada elemento do modelo, assegurando que as modificações e atualizações sejam feitas de acordo com a fase e a complexidade exigidas (Medeiros, 2015).

Segundo o AIA (2013), LOD define o mínimo de conteúdo exigido para cada nível, ajudando na comunicação de detalhes e no uso de elementos do modelo. O LOD ajuda a superar problemas de interpretação errada do nível de detalhamento no modelo. Por exemplo, embora um modelo de elemento detalhado seja mostrado, o nível de desenvolvimento pode ser baixo, já que, frequentemente, objetos de biblioteca são usados apenas como substitutos até que o designer decida a informação final (AIA, 2013).

Logo, essas definições e práticas relacionadas ao LOD contribuem significativamente para uma maior transparência e eficiência na gestão de modelos BIM, ajudando a superar um dos principais desafios do uso dessa tecnologia: a interoperabilidade entre as diversas plataformas BIM (AIA, 2013).

2.3. Aplicações da Metodologia BIM

O presente tópico visa explorar a forma como o BIM é aplicado em projetos, de maneira expositiva, através da revisão da literatura.

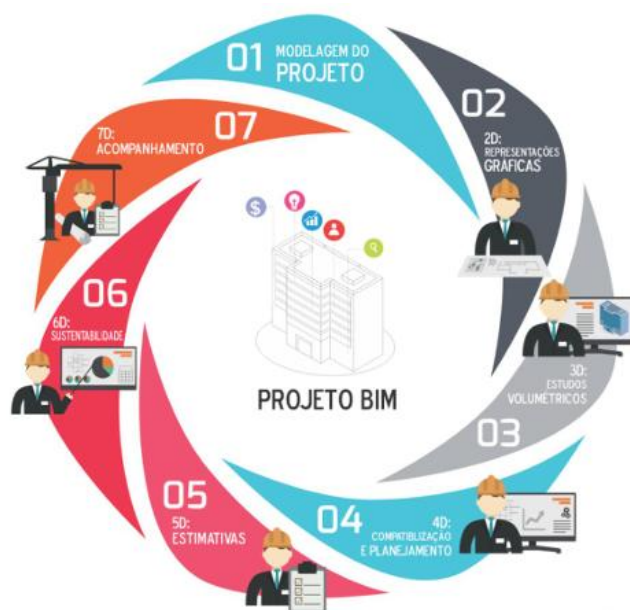
2.3.1. BIM em Projetos de Engenharia

A Modelagem da Informação da Construção (BIM) representa uma das mais relevantes inovações tecnológicas da indústria da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operações (AECO), transformando significativamente as práticas de projeto, construção e gestão de empreendimentos. O BIM é entendido como uma metodologia que permite a criação de modelos digitais inteligentes e interoperáveis, capazes de simular o comportamento real de uma construção antes de sua execução. Segundo Howard, Restrepo e Chang (2017), apontam que o BIM é uma tecnologia emergente capaz de catalisar mudanças substanciais na cadeia produtiva da construção civil, ao passo que Ghaffarianhoseini *et al.* (2017) destacam que sua digitalização contínua oferece a oportunidade de reinventar os métodos tradicionais do setor.

Comparado ao CAD tradicional, o BIM agrega capacidades de inteligência e interoperabilidade, proporcionando ganhos expressivos de produtividade ao longo de todo o ciclo de vida dos empreendimentos (Miettinen; Paavola, 2014 e Zhou *et al.*, 2017). A utilização de ferramentas de modelagem paramétrica permite uma visualização espacial aprimorada, maior controle sobre os elementos do projeto e simulação de comportamentos construtivos, o que viabiliza a análise precisa das alternativas de execução (Ghaffarianhoseini *et al.*, 2017). De acordo com Succar (2009), o BIM consolida-se como um campo interdisciplinar de pesquisa e prática, integrando domínios distintos da AECO e promovendo uma nova cultura de colaboração entre os profissionais envolvidos.

Segundo Campestrini *et al.* (2015 *apud* Araujo, 2019), os modelos BIM podem ser organizados em diferentes dimensões, do 3D ao 7D, ilustrado na figura 16, onde cada nova dimensão incorpora informações complementares que potencializam o gerenciamento do ciclo de vida da edificação.

Figura 16 – Dimensões do BIM



Fonte: Leite (2016).

No modelo 3D, por exemplo, é possível representar graficamente a arquitetura, estrutura e instalações, facilitando a compatibilização entre disciplinas e a extração de dados relevantes para a execução. Essa integração tridimensional amplia a compreensão entre projetistas, construtores e clientes, reduzindo significativamente os conflitos de projeto. No modelo BIM 4D, conforme descrito por Peters (2009), amplia-se o controle sobre o cronograma físico da obra, possibilitando o acompanhamento visual do progresso construtivo em relação ao planejado. Essa abordagem permite a antecipação de desvios e a análise crítica da logística de execução, o que resulta em decisões mais assertivas por parte da equipe técnica. Dessa forma, o uso do BIM promove não apenas maior precisão documental, mas também contribui diretamente para uma gestão mais eficiente das informações e para a melhoria da qualidade da obra em todas as suas fases.

No modelo 5D do BIM, a dimensão orçamentária é incorporada à modelagem, permitindo a vinculação dos quantitativos extraídos do modelo tridimensional às composições de preços unitários do orçamento. Essa associação automatizada entre projeto e custo proporciona maior precisão na elaboração orçamentária e viabiliza a simulação do impacto financeiro de alterações no projeto em tempo real. Além disso, possibilita a visualização do andamento físico da obra correlacionado com os desembolsos financeiros, otimizando o controle de custos durante a execução (Campestrini *et al.*, 2015 *apud* Araujo, 2019).

Já o modelo 6D agrega informações relacionadas à sustentabilidade e ao desempenho energético do edifício, permitindo que decisões projetuais sejam embasadas em critérios ambientais ainda nas fases iniciais. Essa dimensão favorece a seleção de materiais e sistemas construtivos com melhor eficiência térmica e menor impacto ambiental (Araujo, 2019).

Por fim, no modelo 7D, o enfoque recai sobre a operação e manutenção do empreendimento, fornecendo ao usuário final um banco de dados que documenta as especificidades dos sistemas instalados, procedimentos de manutenção preventiva e corretiva, além de informações críticas para a gestão do ciclo de vida do ativo construído (Araujo, 2019). Assim, o BIM não se limita a uma ferramenta de projeto, mas configura-se como uma metodologia integrada para toda a cadeia da construção civil, a tabela 1 resume as descrições das dimensões do BIM.

Tabela 1 – Descrição resumida das dimensões do BIM

Dimensão	Descrição
3D	Representação tridimensional da arquitetura, estrutura e instalações.
4D	Integração do modelo com o cronograma físico da obra.
5D	Incorporação da dimensão orçamentária (custos).
6D	Sustentabilidade e desempenho energético.
7D	Operação e manutenção do empreendimento.

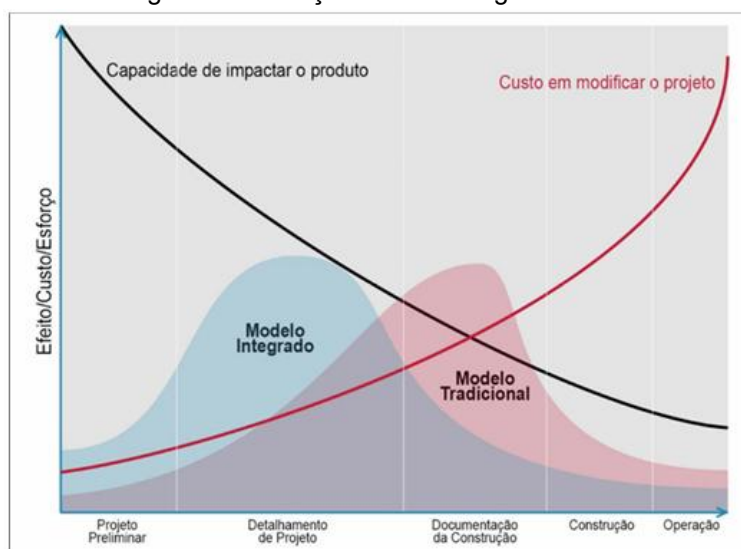
Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

Dentre os benefícios mais destacados, incluem-se a herança e o armazenamento das informações construtivas, o rastreamento eficiente de dados, o controle de qualidade, bem como o monitoramento contínuo do processo construtivo. Além disso, a possibilidade de geração de imagens e visualizações realísticas da construção ainda na fase de projeto facilita a tomada de decisões e permite uma gestão mais eficaz das intercorrências, contribuindo para a previsibilidade e confiabilidade das obras (Ghaffarianhoseini *et al.*, 2017).

De forma complementar, estudos apontam que o uso do BIM 3D proporciona elevado Retorno sobre o investimento (ROI — *Return on Investment*), sobretudo pela sua capacidade de reduzir atrasos no cronograma e mitigar retrabalhos. A ferramenta foi desenvolvida para responder às crescentes complexidades da indústria da construção, por meio de uma abordagem colaborativa entre projetistas, construtores, contratantes e gestores. Essa integração favorece uma gestão mais eficiente dos

empreendimentos desde a concepção até a manutenção, contribuindo, ainda, para o avanço técnico das áreas da arquitetura e engenharia. A representação gráfica proposta por MacLeamy em 2004, na figura 17, fundamentada nas ideias de Boyd Paulson em 1976, reforça que o esforço despendido nas fases iniciais de projeto em BIM resulta em menor custo e maior assertividade nas etapas construtivas, confirmando os achados de Ghaffarianhoseini *et al.* (2017).

Figura 17 – Curva de *MacLeamy*: representação dos esforços entre a metodologia de projeto integrado em relação à metodologia tradicional



Fonte: Adaptado de Davis (2011).

Azhar (2011) aponta o BIM como um dos avanços mais promissores para a indústria da construção, ao permitir que profissionais de diferentes áreas visualizem de forma precisa o que será construído, além de fornecer apoio à tomada de decisão em situações críticas relacionadas ao projeto, à execução ou à operação da edificação. Em consonância, Chen, Cox e Dib (2012) argumentam que a diversidade de aplicações do BIM inviabiliza a limitação de seu conceito a uma única definição, dada a amplitude de interpretações possíveis entre os profissionais da área.

No entanto, Medeiros (2015) ressalta que o BIM surge como uma solução que potencializa a eficiência dessa prática integrada, promovendo maior interoperabilidade entre os softwares utilizados nos diferentes tipos de projetos. Isso facilita a colaboração entre os projetistas e outros profissionais envolvidos, como construtores e fabricantes. O autor destaca que, embora o BIM não seja considerado uma condição fundamental para a prática integrada, ele é um fator que pode melhorar

significativamente a eficiência do processo, funcionando como um meio para alcançar estágios mais avançados de integração entre as equipes de projeto

Entre os benefícios mais recorrentes apontados na literatura, a integração entre projeto e construção tem papel fundamental na elevação do desempenho dos empreendimentos. Conforme Chen e Luo (2014), essa integração se reflete especialmente na fase de execução, ao permitir uma interação dinâmica entre as disciplinas envolvidas. Eastman *et al.* (2014) enfatizam ainda que o BIM é determinante para o aprimoramento do planejamento, do controle de custos e do cumprimento dos prazos contratuais. Succar (2009), ao analisar diferentes conotações do BIM, reforça sua relevância como estrutura de referência para processos colaborativos e precisos na construção civil.

Complementarmente, destacam-se a redução de conflitos entre disciplinas, a melhoria da comunicação e a eliminação de redundâncias, além do aumento da produtividade e da precisão documental (Underwood; Isikdag, 2011). Conforme Li *et al.* (2014), o BIM possibilita ganhos em todas as fases do ciclo de vida de um empreendimento, desde o entendimento inicial das necessidades do cliente, passando pela modelagem e análise do projeto, até a construção e operação da edificação. Migilinskas *et al.* (2013) observam que, ao reduzir retrabalhos e facilitar a colaboração entre os agentes, o BIM torna-se um instrumento estratégico para garantir maior eficiência, segurança e sustentabilidade nos processos construtivos. Assim, sua adoção contribui decisivamente para a criação de valor e para a excelência na entrega dos empreendimentos (Zheng *et al.*, 2017).

2.3.2. BIM em Projetos Elétricos

A aplicação do BIM em projetos de instalações elétricas apresenta características que exigem atenção específica, tanto do ponto de vista técnico quanto gerencial. Segundo Teles e Rocha (2013), a adoção do BIM, apesar de seus reconhecidos benefícios na redução de desperdícios e na simulação de cenários construtivos, ainda enfrenta resistência, sobretudo por conta da “atual cultura de trabalho e a falta de vontade dos profissionais em mudar as práticas de trabalho tradicionais” (Kouider; Paterson; Thomson, 2007 *apud* Borges, 2020, p. 24). Esse cenário se agrava nas disciplinas de instalações elétricas, em que há necessidade de compatibilização precisa com elementos estruturais e arquitetônicos, além da gestão de informações técnicas complexas, como cargas, circuitos, condutores e dispositivos.

O BIM permite que a construção virtual anteceda a física, possibilitando o planejamento, coordenação e simulação detalhada das instalações elétricas, desde o lançamento dos pontos de luz até o balanceamento de circuitos e verificação de interferências com outras disciplinas da edificação (Annes *et al.*, 2021)

Entre as principais particularidades da aplicação do BIM em projetos elétricos está a possibilidade de se trabalhar com modelagem tridimensional aliada a sistemas de informação semântica, o que favorece não apenas a representação geométrica das instalações, mas também a análise de desempenho, dimensionamento automático de condutores, cálculo luminotécnico, roteamento de cabos e balanceamento de quadros, entre outros aspectos (Maia; Galvão; Matias, 2024). Softwares como o Autodesk Revit, AltoQi QiElétrico e DDS-CAD Electrical apresentam recursos específicos para o projeto elétrico, destacando-se, por exemplo, o suporte a normas brasileiras, automatização de tarefas e verificação de conflitos entre elementos (Annes *et al.*, 2021)

No contexto de interoperabilidade, destaca-se a importância da comunicação entre diferentes plataformas. Os modelos arquitetônicos, estruturais e hidrossanitários podem ser importados via IFC, viabilizando o trabalho conjunto com outros softwares, como o Dialux (para simulação luminotécnica) e o Navisworks (para coordenação e detecção de interferências multidisciplinares). A interoperabilidade é apontada como um dos maiores diferenciais do BIM, pois “permite interações por meio de softwares de diversas fontes e formatos durante as fases do projeto de forma colaborativa entre diferentes partes interessadas” (Nunes; Leão, 2018, p. 47)

Cabe salientar que a automação proporcionada pelo BIM também facilita a geração de pranchas, diagramas multifilares e unifilares, mapas de cabos, cálculo luminotécnico e outros documentos essenciais ao projeto elétrico. Segundo Annes, Cuperschmid e Guimarães Filho (2021), “a principal vantagem do BIM em projetos elétricos é a modelagem tridimensional suportada por sistemas de informação semântica de sistemas como iluminação, energia, roteamento de cabos e sistemas de baixa tensão” (Annes *et al.*, 2021).

Do ponto de vista de colaboração e coordenação, o BIM viabiliza o trabalho em equipe, centralizando o modelo digital e promovendo a atualização em tempo real das informações, o que é essencial para garantir a compatibilização entre as disciplinas envolvidas no projeto (Hugo; Victor, 2025). Isso resulta em maior produtividade, rastreabilidade e segurança na execução, além de facilitar o controle e

a manutenção futura das instalações. Por fim, é importante ressaltar que o uso da metodologia BIM em projetos elétricos representa um avanço significativo em relação ao método tradicional em CAD, proporcionando maior controle, qualidade e eficiência, e atendendo às crescentes demandas normativas e de desempenho do setor da construção civil

2.3.3. *Compatibilização Multidisciplinar*

Conforme Teles e Rocha (2013), embora os benefícios do BIM na redução de desperdícios e na simulação de cenários construtivos sejam amplamente reconhecidos, sua adoção ainda encontra barreiras culturais, relacionadas à resistência em modificar práticas tradicionais (Kouider; Paterson; Thomson, 2007 *apud* Borges, 2020, p. 25). Essa dificuldade é particularmente relevante na área de instalações elétricas, que exige compatibilização precisa com elementos estruturais e arquitetônicos, além da gestão de informações técnicas complexas como cargas, circuitos, condutores e dispositivos.

De acordo com Azevedo (2009 *apud* Teles; Rocha, 2013), os métodos convencionais já não acompanham a crescente complexidade das edificações, tornando-se insuficientes para garantir a integração e o controle de qualidade necessários. Nesse cenário, o BIM se apresenta como solução estratégica, promovendo um ambiente colaborativo que antecipa interferências, otimiza o uso de materiais e assegura maior confiabilidade à documentação técnica. No caso das instalações elétricas, essa abordagem viabiliza a automação de listas de materiais, a verificação de conformidade com normas e a integração com sistemas de gerenciamento predial (Borges, 2020).

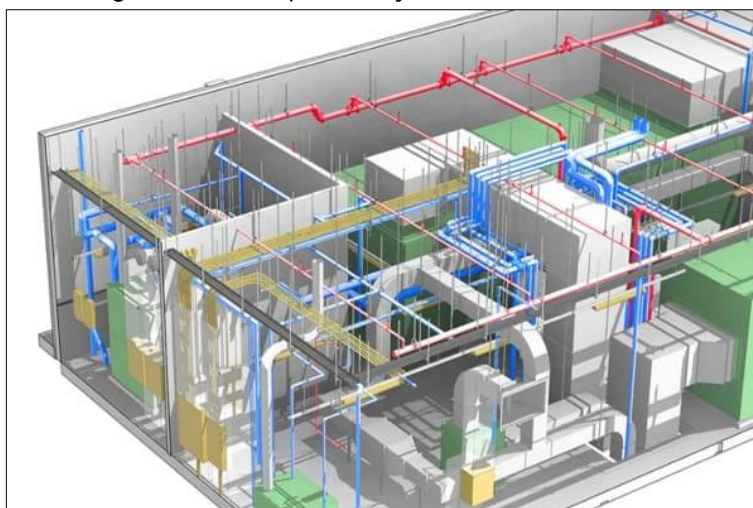
A compatibilização multidisciplinar é fundamental para evitar falhas, retrabalhos e conflitos em obras de alta complexidade, sobretudo em empreendimentos públicos. Na abordagem tradicional, a interação limitada entre disciplinas como elétrica, estrutural, hidráulica e arquitetura frequentemente resulta em sobreposição de elementos e incompatibilidades, elevando custos e prazos (Sotovia, 2022). Com o BIM, o desenvolvimento colaborativo de modelos centralizados em um ambiente digital permite a interoperabilidade entre especialidades e amplia a eficiência do processo construtivo.

Para Addor *et al.* (2010), o BIM é uma ferramenta essencial para a compatibilização, pois possibilita a análise integrada dos modelos e a detecção

precoce de interferências. Softwares como Navisworks e Solibri representam avanços significativos, permitindo a identificação automática de conflitos ainda na fase de projeto, diferentemente do método tradicional, no qual problemas são identificados apenas durante a execução da obra, gerando custos adicionais e atrasos (PARANÁ, 2023; Sotovia, 2022). Além da compatibilização geométrica, o BIM permite coordenar parâmetros técnicos como níveis de detalhamento (LOD), especificações de materiais e requisitos normativos de cada disciplina, estabelecendo critérios objetivos para verificação e validação (Sotovia, 2022).

Outra vantagem do processo de compatibilização no ambiente BIM é a centralização e atualização em tempo real das informações no modelo federado, que integra os modelos autorais de cada disciplina (figura 18). Isso garante que alterações realizadas por uma equipe sejam imediatamente refletidas nas demais, evitando o uso de documentos desatualizados e assegurando transparência e rastreabilidade aspectos críticos em contratos públicos (PARANÁ, 2023). Associado a isso, o uso de Ambientes Comuns de Dados (CDE) facilita o armazenamento, a revisão e a validação das informações por todos os envolvidos, permitindo que relatórios de conflitos e notas colaborativas (BCF) sejam emitidos e rastreados de forma estruturada (Borges, 2020).

Figura 18 – Compatibilização no Modelo federado



Fonte: Carvalho (2025).

Por fim, é importante destacar que a compatibilização multidisciplinar com BIM exige mais que tecnologia: requer mudança de cultura organizacional e desenvolvimento contínuo das competências das equipes. Como reforça PARANÁ

(2023, p. 28), “a simples adoção do BIM não garante resultados positivos, sendo imprescindível a criação de rotinas de coordenação, revisão periódica dos modelos e alinhamento entre os profissionais para que o potencial da metodologia seja efetivamente alcançado”. Assim, o verdadeiro diferencial do BIM está na integração entre pessoas, processos e tecnologias, promovendo um ambiente colaborativo e eficiente ao longo de todo o ciclo de vida do empreendimento.

2.4. Implementação do BIM no Setor Público

A implementação da metodologia BIM no setor público é considerada um marco fundamental para a modernização da gestão de obras públicas e para a promoção de transparência e eficiência em contratos governamentais. Conforme evidenciado a seguir:

“a obrigatoriedade do uso do BIM em licitações públicas tem impulsionado mudanças estruturais nos órgãos federais, estaduais e municipais, estimulando a criação de normativos, treinamentos e ambientes colaborativos para adequação à nova realidade digital” (Tufanini, 2024, p. 82).

Essa transformação, além de alinhar o Brasil a padrões internacionais, contribui para a integração dos diversos agentes da cadeia produtiva.

Experiências internacionais, como as do Reino Unido, Noruega e Finlândia, têm demonstrado que políticas nacionais claras, incentivos à capacitação e definição de padrões de interoperabilidade são fundamentais para o sucesso do BIM em obras públicas (Nunes; Leão, 2018). Nesses países, a exigência da metodologia resultou na redução de retrabalhos, no aumento do controle sobre o ciclo de vida dos empreendimentos e na elevação da qualidade das entregas ao setor público.

No Brasil, a formalização da Estratégia Nacional BIM pelo Decreto Federal nº 10.306/2020 tornou a adoção do BIM obrigatória nas contratações públicas federais de obras e serviços de arquitetura e engenharia. O artigo 5º do Decreto estabelece que “a utilização do BIM será obrigatória nas contratações de obras e serviços de arquitetura e engenharia realizadas pelos órgãos e entidades da administração pública federal direta, autárquica e fundacional” (BRASIL, 2024, p. 2). O cronograma gradual para implementação do BIM nessas contratações tem garantido um tempo adequado de adaptação dos órgãos e dos profissionais, além de estimular o desenvolvimento do mercado nacional de softwares, consultorias e treinamento especializado.

Diversos estudos de caso nacionais apontam benefícios concretos, como o aumento da rastreabilidade e confiabilidade das informações, a redução de aditivos contratuais e o aprimoramento da fiscalização de obras públicas. Como evidenciam Salgado e Cruz (2025, p. 12), “o uso do BIM propicia controle mais efetivo sobre todas as etapas do empreendimento, permitindo a integração dos agentes e facilitando auditorias e revisões técnicas”. O Caderno BIM do Paraná (2023, p. 16) complementa que “a exigência de entregas em formato BIM nas licitações públicas eleva o nível de detalhamento e confiabilidade das informações, permitindo uma análise mais criteriosa das propostas técnicas e facilitando o acompanhamento das etapas de obra”.

Entretanto, os desafios para a disseminação efetiva do BIM no setor público brasileiro persistem, sendo os principais a capacitação dos servidores, a adequação dos processos licitatórios e a atualização dos sistemas de gestão utilizados pelos órgãos governamentais (Cardoso, 2021; Carneiro; Ribeiro, 2024). A literatura reforça que a maturidade institucional e o compromisso com a formação continuada são indispensáveis para que a adoção do BIM vá além da digitalização de documentos, tornando-se efetivamente uma metodologia estruturante de gestão pública (Nunes; Leão, 2018).

Diante desse contexto, a efetiva implementação do BIM no setor público brasileiro requer não apenas o cumprimento do arcabouço normativo, mas, sobretudo, o fortalecimento de políticas de governança, padronização de processos e promoção de uma cultura colaborativa entre os agentes públicos e privados. Experiências nacionais e internacionais demonstram que, quando adotado de forma planejada e estratégica, o BIM proporciona ganhos expressivos em controle, eficiência, qualidade e transparência na administração dos recursos públicos, consolidando-se como uma das principais inovações para a transformação digital da infraestrutura nacional.

3. DESCRIÇÃO DO PROJETO E METODOLOGIA DE TRABALHO

Este capítulo apresenta detalhadamente o processo de desenvolvimento do projeto elétrico com base na metodologia BIM, conforme diretrizes estabelecidas no Plano de Execução BIM (PEB). A seguir, são descritos o empreendimento, os procedimentos, ferramentas, fluxos de trabalho, composição das equipes e padrões adotados ao longo do projeto.

3.1. Empreendimento

O empreendimento objeto deste projeto consiste em uma escola pública estadual existente, presente na figura 19, que passa por um processo de reforma e ampliação. Trata-se de uma edificação, cuja estrutura física demanda intervenções pontuais para modernização das instalações, adequação à legislação vigente e ampliação das áreas construídas. O conjunto edificado, conforme ilustrado nas imagens, possui elementos arquitetônicos tradicionais, amplas áreas externas e múltiplas edificações auxiliares, demandando atenção especial quanto à integração e à compatibilidade do novo sistema elétrico com as instalações pré-existentes.

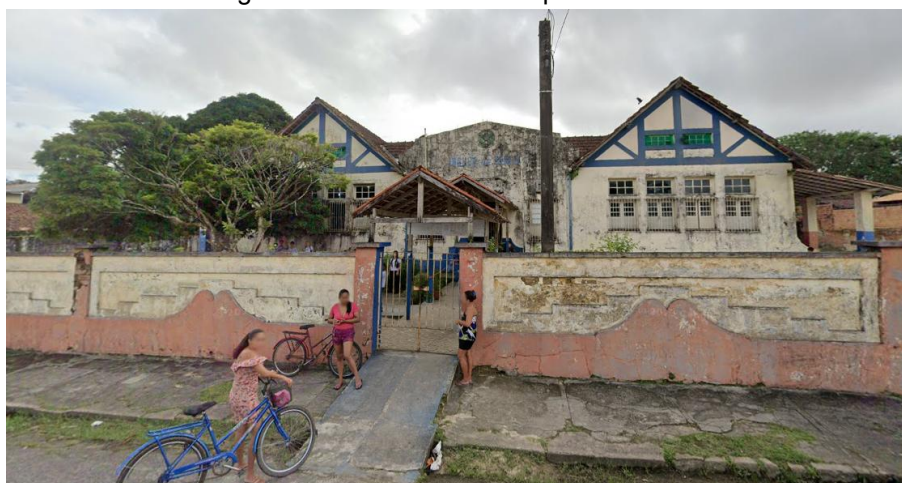
Figura 19 – Vista via Satélite do empreendimento



Fonte: Google Maps (2023).

A figura 20 mostra a fachada do empreendimento, onde se nota o estado arquitetônico e estrutural da edificação.

Figura 20 – Fachada do empreendimento



Fonte: Google Maps (2023).

As intervenções propostas consideram as diretrizes estabelecidas pelo FNDE (Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação), seguindo rigorosamente normas específicas voltadas à infraestrutura escolar. Desta forma, o projeto elétrico leva em consideração critérios detalhados de iluminação, distribuição elétrica, acessibilidade e segurança. A instalação é projetada para atender às necessidades educacionais, administrativas e operacionais da unidade escolar, contemplando instalações robustas e flexíveis que possibilitam futuras adequações e expansões sem comprometer a continuidade operacional do empreendimento.

A edificação (figura 21) compreendia ambientes típicos de uma instituição escolar, como salas de aula, biblioteca, refeitório, blocos administrativos e áreas de convivência, exigindo um sistema elétrico compatível com o uso educacional e com os padrões de eficiência e segurança estabelecidos pela legislação vigente. a seguir o registro feito por drone da estrutura existente.

Figura 21 – Levantamento realizado via drone



Fonte: Autor (2025).

A caracterização do empreendimento é essencial para a definição dos critérios de projeto, impactando diretamente nas simulações luminotécnicas, na modelagem das infraestruturas e na seleção dos dispositivos de proteção. Todos esses aspectos foram detalhados no modelo BIM e nos documentos técnicos, compondo o conjunto de entregas definidas no PEB.

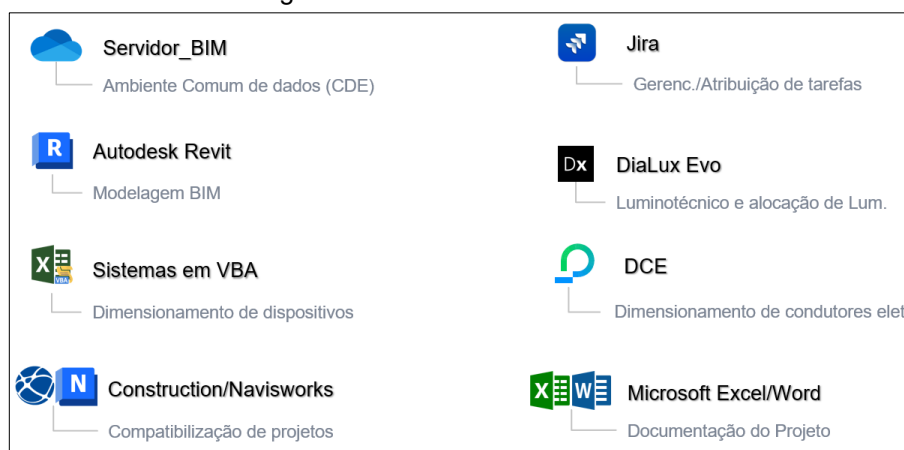
3.2. Plano de Execução BIM (PEB)

Inicialmente os projetistas de todas as disciplinas são apresentados ao plano de execução BIM vigente para o projeto, isto ocorreu por meio de apresentações orais, assim como vídeos didáticos, para que os projetistas tomem conhecimento dos padrões e procedimentos empregados durante a vida útil do projeto.

3.3. Ferramentas BIM

Durante a execução do projeto elétrico baseado na metodologia BIM, diversas ferramentas especializadas foram utilizadas para garantir a precisão do projeto elétrico e modelagem, como mostra a figura 22, o controle das informações e a integração entre as disciplinas. Cada ferramenta foi selecionada conforme sua função específica dentro do fluxo de trabalho estabelecido no PEB, contribuindo para a eficiência e a padronização das entregas. Na imagem seguir, se encontram as principais ferramentas utilizadas.

Figura 22 – Ferramentas utilizadas



Fonte: Elaborada pelo Autor (2025).

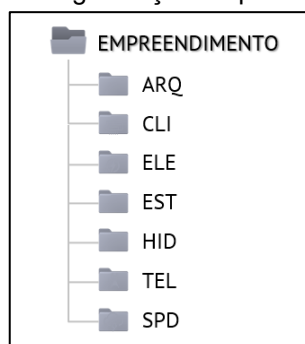
Dessa maneira são relatadas as maneiras de como ferramentas mostradas foram aplicadas nas diferentes etapas do desenvolvimento do projeto.

3.3.1. Ambiente Comum de Dados (CDE)

Durante o desenvolvimento do projeto, foi utilizado o Ambiente Comum de Dados (CDE) como plataforma central de armazenamento e compartilhamento de arquivos. Esse ambiente, identificado na imagem anterior como *Servidor_BIM*, permitiu que todos os participantes acessassem as versões mais atualizadas dos modelos e documentos, assegurando a rastreabilidade das informações e a integridade dos dados ao longo das fases do projeto.

Todos os arquivos importantes, como modelos em formato IFC, pranchas em PDF, relatórios técnicos e cadernos de encargos, foram organizados no CDE conforme o cronograma de entregas previsto. A estrutura padronizada de pastas e nomenclatura seguiu as diretrizes do PEB, facilitando a localização e o versionamento dos arquivos e documentos. A figura 23 ilustra a estrutura de organização das pastas, por empreendimento no CDE, cada pasta foi nomeada de acordo com as diretrizes do PEB e contém os arquivos da respectiva disciplina.

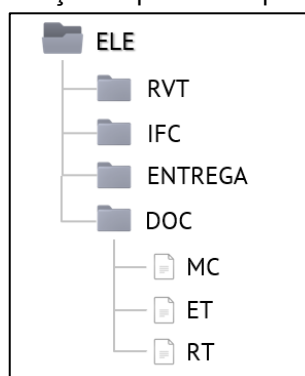
Figura 23 – Organização de pastas no CDE.



Fonte: Autor (2025).

Em cada disciplina se seguiu uma estrutura hierárquica clara e alinhada às diretrizes (PEB). A pasta principal, na figura 24, identificada como "ELE" centralizou os arquivos relacionados especificamente ao projeto elétrico. Dentro desta pasta, foram criados diretórios específicos como "RVT", contendo os modelos nativos em Revit, "IFC", para os modelos interoperáveis, e "ENTREGA", para versões finais destinadas à submissão formal, como se nota a seguir.

Figura 24 – Organização arquivos nas pastas das disciplinas



Fonte: Autor (2025).

Além dessas pastas principais, a pasta "DOC" armazenou documentos essenciais como memoriais de cálculo (MC), especificações técnicas (ET), relatórios técnicos (RT) e caderno de encargos (CE). Essa segmentação garantiu maior eficiência na recuperação e gerenciamento dos arquivos, permitindo aos membros da equipe acessarem rapidamente as informações necessárias, facilitando o controle das versões e promovendo transparência e agilidade nas edições, revisões e entregas.

3.3.2. Gerenciamento de tarefas

O controle das atividades e a gestão do progresso do projeto foram realizados através da ferramenta *Jira*, presente na figura 25, que serviu como plataforma para o

desdobramento e atribuição de tarefas. Durante a fase inicial, o coordenador do projeto organizou o *backlog* das entregas e estruturou as tarefas semanais, com definição clara de responsáveis, prazos e prioridades. Cada atividade foi registrada, permitindo que modificações e solicitações fossem documentadas com histórico completo de interações. Essa abordagem garantiu a rastreabilidade das decisões e facilitou a auditoria de alterações feitas nos modelos.

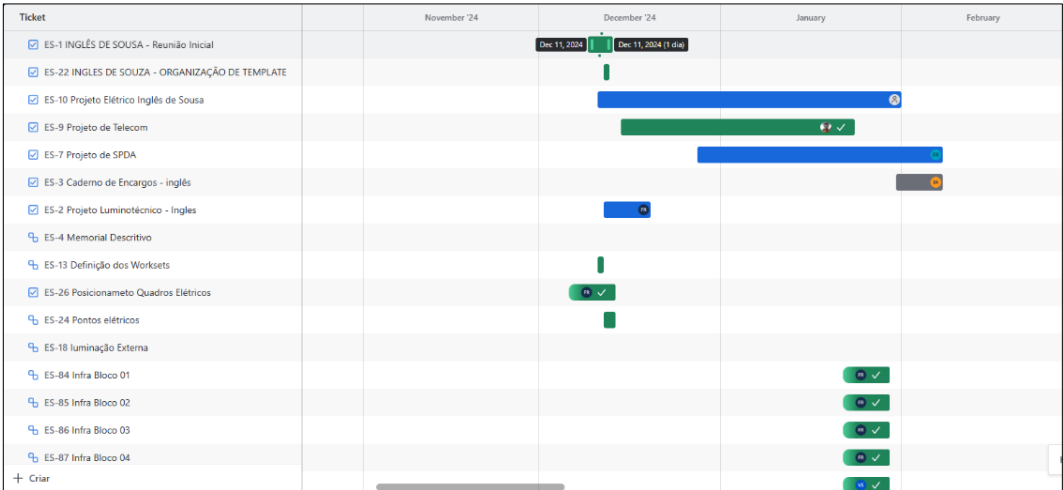
Figura 25 – Atribuição de tarefas durante o projeto

	Tipo	Chave	Resumo	Status	Prioridade	Comentários	Categoria	Categorias	Responsável
☐	▼	TAREFAS PENDENTES	+						
☐	☑	ES-3	Caderno de Encargos – Inglês	TAREFAS PENDENTES	▼	Adicionar comentário	[INS]	[doc]	Isaac de Lima Almeida
☐	☑	ES-4	Memorial Descritivo	TAREFAS PENDENTES	▬	Adicionar comentário	[INS]	[doc]	Thiago Toni
☐	▼	EM ANDAMENTO	+						
☐	☑	ES-10	Projeto Elétrico Inglês de Sousa	EM ANDAMENTO	▲	4 comentários	[INS]	[rv]	
☐	☑	ES-7	Projeto de SPDA	EM ANDAMENTO	▬	Adicionar comentário	[INS]	[rv]	Daniel Santos
☐	☑	ES-2	Projeto Luminotécnico – Inglês	EM ANDAMENTO	▲	7 comentários	[INS]	[doc] [ev] [rv]	Flávio Luis Torres Ramos
☐	▼	CONCLUÍDO	+						
☐	☑	ES-1	INGLÊS DE SOUZA – Reunião Inicial	CONCLUÍDO	▲	Adicionar comentário	[INS]	[rv]	Vitor Silva
☐	☑	ES-22	INGLÊS DE SOUZA – ORGANIZAÇÃO DE TEMPLATE	CONCLUÍDO	▲	5 comentários	[INS]	[rv]	
☐	☑	ES-10	Definição dos Worksets	CONCLUÍDO	▬	Adicionar comentário	[INS]	[rv]	Flávio Luis Torres Ramos
☐	☑	ES-9	Pontos elétricos	CONCLUÍDO	▬	Adicionar comentário	[INS]	[rv]	Flávio Luis Torres Ramos
☐	☑	ES-18	Iluminação Externa	CONCLUÍDO	▲	Adicionar comentário	[INS]	[rv]	Thiago Toni
☐	☑	ES-84	Infra Bloco 01	CONCLUÍDO	▲	Adicionar comentário	[INS]	[rv]	Flávio Luis Torres Ramos
☐	☑	ES-85	Infra Bloco 02	CONCLUÍDO	▲	Adicionar comentário	[INS]	[rv]	Flávio Luis Torres Ramos
☐	☑	ES-86	Infra Bloco 03	CONCLUÍDO	▲	Adicionar comentário	[INS]	[rv]	Flávio Luis Torres Ramos
☐	☑	ES-87	Infra Bloco 04	CONCLUÍDO	▲	Adicionar comentário	[INS]	[rv]	Flávio Luis Torres Ramos

Fonte: Autor (2025).

O uso do *Jira* também proporcionou maior visibilidade sobre o andamento das tarefas entre as equipes, além de carga de trabalho para cada integrante e horas registradas em cada tarefa, contribuindo diretamente para a identificação antecipada de gargalos e para a coordenação mais eficaz das entregas, a seguir na figura 26, se nota o andamento das tarefas e subtarefas em forma de cronograma, também conhecido como gráfico de *Gantt*.

Figura 26 – Exemplo de Gráfico de *Gantt* de projeto



Fonte: Autor (2025).

3.3.3. *Softwares de Modelagem 3D*

A modelagem do projeto elétrico foi desenvolvida majoritariamente na plataforma Autodesk Revit, atendendo ao nível de detalhamento LOD 400, conforme estabelecido no PEB. O Revit permitiu a inserção de elementos específicos como quadros elétricos, eletrocalhas, eletrodutos e dispositivos de proteção, com seus respectivos parâmetros técnicos.

A interoperabilidade foi garantida por meio da exportação de modelos no formato IFC, os quais foram utilizados na plataforma *Navisworks* para análises de compatibilização multidisciplinar. Foram identificados e resolvidos conflitos com outras disciplinas, como hidráulica, estrutura e arquitetura, evitando retrabalhos em obra.

As famílias utilizadas foram adaptadas ou desenvolvidas pela equipe de elétrica para atender aos padrões do projeto. Todas incluíam informações completas como carga, tensão, fabricante e normas aplicáveis, o que possibilitou a extração automatizada de tabelas e relatórios.

3.3.4. *Dimensionamentos de Dispositivos Elétricos*

O dimensionamento dos circuitos elétricos foi realizado por meio de planilhas desenvolvidas em VBA, configuradas para realizar cálculos automáticos conforme as exigências da NBR 5410. Esse sistema considerava entradas como potência, distância e características da carga para calcular a bitola dos condutores, correntes de projeto e proteção adequada. Complementarmente, o software DiaLux Evo foi utilizado para realizar as análises luminotécnicas. Com ele, foram simuladas as condições de iluminação dos ambientes, definindo a quantidade e distribuição das luminárias necessárias para atender aos níveis de iluminância exigidos pelas normas.

Os resultados desses cálculos foram compilados em relatórios técnicos e inseridos no CDE, formando parte da base de documentação entregue. O uso conjunto dessas ferramentas permitiu maior precisão técnica e facilitou a validação dos parâmetros adotados no projeto.

3.3.5. *Edição de Documentos*

A documentação técnica foi produzida com os softwares Microsoft Excel e Word, que foram empregados para elaborar listas de materiais, memórias de cálculo,

cadernos de encargos e relatórios. Esses arquivos seguiram padrões de formatação definidos no PEB, garantindo consistência visual e técnica em todas as entregas.

O Excel foi utilizado de forma intensiva, com a implementação de macros em VBA para automatizar cálculos de dimensionamento, como seção de cabos, quedas de tensão e corrente nominal, o que aumentou a confiabilidade dos dados e reduziu o tempo de elaboração.

A edição colaborativa dos documentos foi realizada através do compartilhamento em ambiente comum, possibilitando que vários profissionais revisassem e atualizassem simultaneamente os conteúdos. Isso foi fundamental para manter a sincronia entre a documentação e os modelos BIM.

3.4. Modelagem BIM – Demais Disciplinas

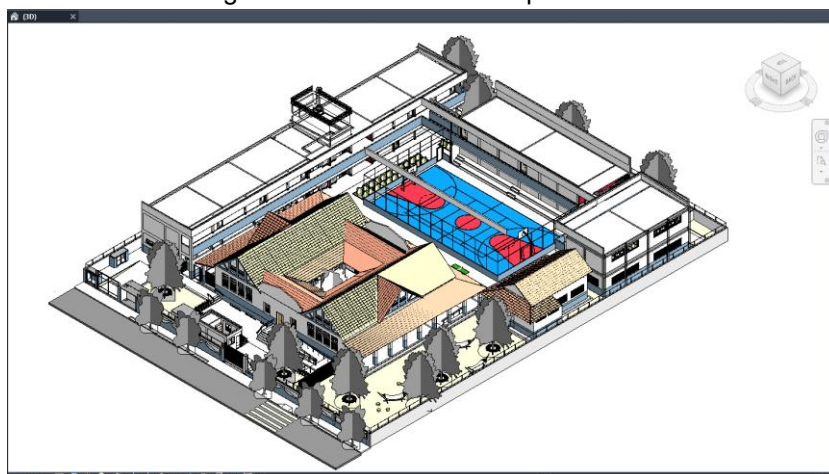
A modelagem do projeto elétrico não ocorre de forma isolada, dependendo diretamente de outras disciplinas que compõem o projeto como um todo. Os modelos são vinculados ao modelo da disciplina elétrica e tomados como base para a sua modelagem, garantindo que as soluções adotadas estejam em conformidade com os demais sistemas da edificação.

Durante o processo de modelagem, os arquivos dessas disciplinas foram constantemente analisados com atenção minuciosa, uma vez que qualquer alteração em seus elementos impactava diretamente nas decisões de projeto elétrico. Interferências físicas, mudanças de *layout* ou variações em infraestruturas e elementos construtivos precisavam ser monitoradas e integradas de forma contínua ao modelo elétrico para garantir compatibilidade, segurança e eficiência técnica.

3.4.1. Projeto Arquitetônico

O modelo arquitetônico constitui a base essencial para o desenvolvimento do projeto elétrico dentro da metodologia BIM, servindo como referência espacial e funcional para a correta implantação dos sistemas (Figura 27). A partir dele, definem-se a distribuição de circuitos, pontos de consumo e localização dos quadros, considerando dimensões, cotas, níveis e elementos fixos que impactam diretamente no traçado de eletrocalhas e eletrodutos.

Figura 27 – Modelo BIM arquitetônico



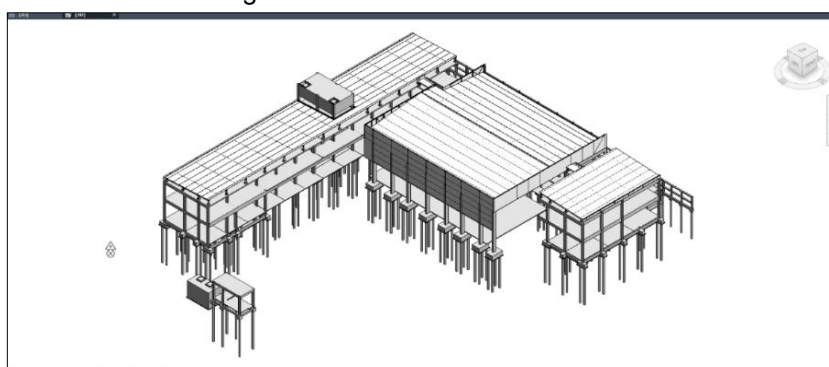
Fonte: Autor (2025).

Além disso, o modelo assegura conformidade com normas de acessibilidade e segurança, permitindo a inclusão de iluminação de emergência, sinalizações e comandos acessíveis.

3.4.2. Projeto Estrutural

O modelo estrutural exerce papel fundamental na modelagem do projeto elétrico, pois define os elementos construtivos que funcionam tanto como suportes quanto como obstáculos à passagem da infraestrutura elétrica (Figura 28). Vigas, pilares, lajes e paredes estruturais influenciam diretamente no traçado de eletrodutos, eletrocalhas e shafts, exigindo compatibilização precisa das instalações com a geometria e tipologia estrutural do edifício.

Figura 28 – Modelo BIM Estrutural



Fonte: Autor (2025).

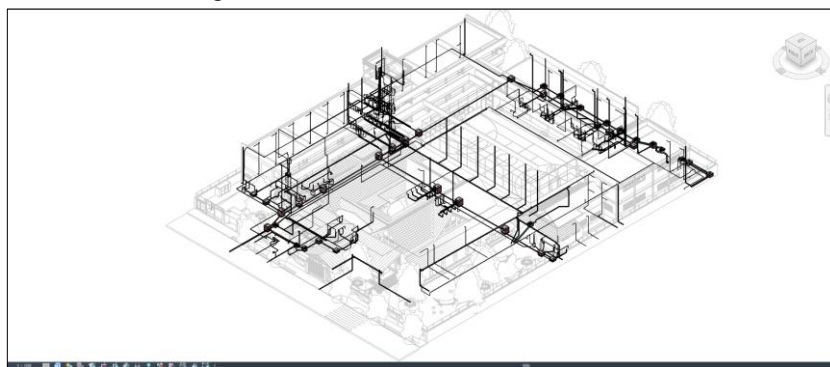
Durante a modelagem, o modelo estrutural foi vinculado ao modelo elétrico, servindo de base para definir pontos de transposição de pavimentos, posicionamento

de quadros elétricos e a distribuição de circuitos verticais, sempre respeitando o alinhamento de pilares e a posição das vigas.

3.4.3. Projeto Hidrossanitário

O modelo hidrossanitário exerce influência direta sobre a modelagem do projeto elétrico, especialmente na compatibilização de espaços e definição do traçado das infraestruturas (Figura 29). Tubulações de água fria, esgoto, águas pluviais e ventilação percorrem o edifício em áreas como forros, shafts e dutos técnicos, locais frequentemente compartilhados pelas instalações elétricas. Por esse motivo, a análise prévia do modelo é essencial para evitar conflitos físicos e assegurar que os sistemas funcionem de forma harmônica e segura.

Figura 29 – Modelo BIM Hidrossanitário

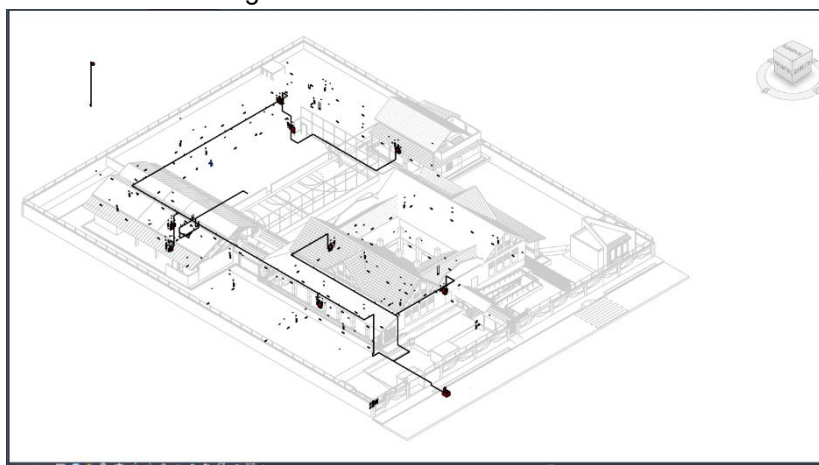


Fonte: Autor (2025).

3.4.4. Projeto de PPCI

O modelo do Projeto de Prevenção e Proteção Contra Incêndio (PPCI) é fundamental para a modelagem do projeto elétrico, pois define diretrizes de segurança que impactam diretamente na instalação e no posicionamento de dispositivos elétricos (figura 30). Equipamentos como luminárias de emergência, blocos autônomos, sinalizações luminosas, botoeiras de alarme e sistemas de detecção devem ser implantados de acordo com o layout estabelecido pelo PPCI.

Figura 30 – Modelo BIM do PPCI



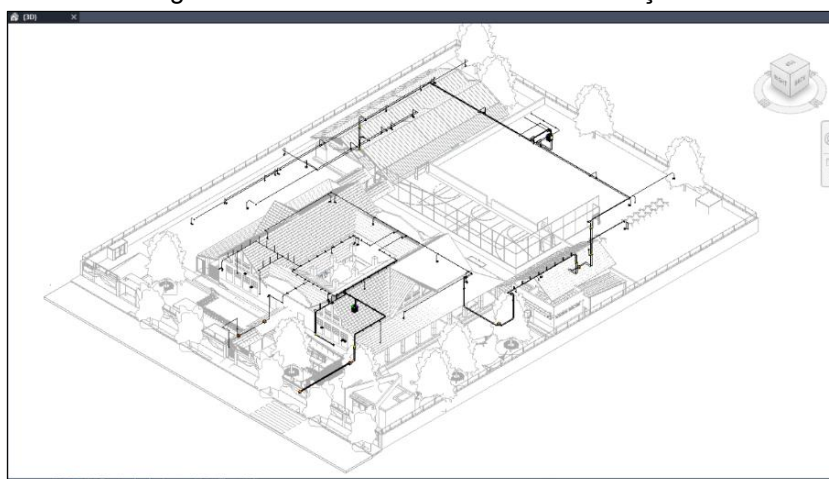
Fonte: Autor (2025).

Esse modelo determina rotas de fuga, saídas de emergência, extintores e áreas de risco, fornecendo as referências necessárias para o atendimento às normas técnicas, como a NBR 17240, e às exigências do Corpo de Bombeiros.

3.4.5. Projeto de Telecomunicações

O modelo de telecomunicações, na figura 31, possui grande relevância para a modelagem do projeto elétrico, especialmente na definição das infraestruturas compartilhadas e na coordenação dos pontos de energia dedicados aos sistemas de comunicação. Sistemas como rede lógica, telefonia, câmeras de segurança (CFTV), interfonia e controle de acesso exigem pontos de alimentação elétrica próximos aos equipamentos e compatibilidade espacial com eletrocalhas, *shafts* e dutos utilizados pelas instalações elétricas.

Figura 31 – Modelo BIM de Telecomunicações



Fonte: Autor (2025).

A compatibilização com o modelo de telecomunicações também possibilitou prever antecipadamente a reserva de espaço em eletrocalhas e caixas de passagem, evitando a saturação das infraestruturas e facilitando futuras manutenções.

3.5. Modelagem BIM – Projeto Elétrico

A modelagem BIM da disciplina elétrica foi executada no Autodesk Revit, seguindo o padrão LOD 400, conforme previsto no PEB. A modelagem contemplou todos os subsistemas elétricos, incluindo alimentação geral, quadros de distribuição, circuitos terminais, sistema de iluminação, tomadas e proteção contra descargas atmosféricas. Cada componente foi inserido no modelo com informações paramétricas completas, o que permitiu a extração de dados quantitativos e qualitativos diretamente do ambiente de modelagem. As famílias foram previamente padronizadas e adaptadas conforme a necessidade, garantindo a uniformidade entre os diferentes modelos elaborados pelas equipes.

Durante a modelagem, foi dada atenção à compatibilização entre as disciplinas, sendo feitas verificações periódicas por meio do *Navisworks*. Essa prática permitiu identificar interferências com elementos arquitetônicos, estruturais e hidrossanitários, resultando em correções preventivas ainda em fase de projeto e evitando problemas em campo.

3.5.1. Composição da equipe

A equipe responsável pelo desenvolvimento do projeto elétrico foi estruturada em duas subdisciplinas específicas: ELE, voltada para infraestrutura de alimentação, iluminação e tomadas; e SPD, dedicada ao sistema de proteção contra descargas atmosféricas. Cada subdisciplina contou com modeladores BIM alocados exclusivamente para as atividades técnicas, conforme previsto no Plano de Execução BIM, assegurando a especialização e a eficiência na execução das tarefas. A Tabela 2, a seguir, apresenta um resumo das funções e responsabilidades atribuídas a cada membro da equipe.

Tabela 2 – Descrição das atividades por função

Disc.	Função	Atividades Desenvolvidas
E L E	Modelador BIM - Coordenador	Modelar, distribuir e gerenciar tarefas da equipe, além de participar das reuniões de compatibilização entre demais disciplinas.

S P D	Modelador BIM - Apoio	Realizar a modelagem, o detalhamento e a documentação conforme as diretrizes do projeto.
	Modelador BIM - Apoio	Realizar a modelagem, o detalhamento e a documentação conforme as diretrizes do projeto.
	Modelador BIM - Coordenador	Modelar, distribuir e gerenciar tarefas da equipe, além de participar das reuniões de compatibilização entre demais disciplinas.
	Modelador BIM - Apoio	Realizar a modelagem, o detalhamento e a documentação conforme as diretrizes do projeto.

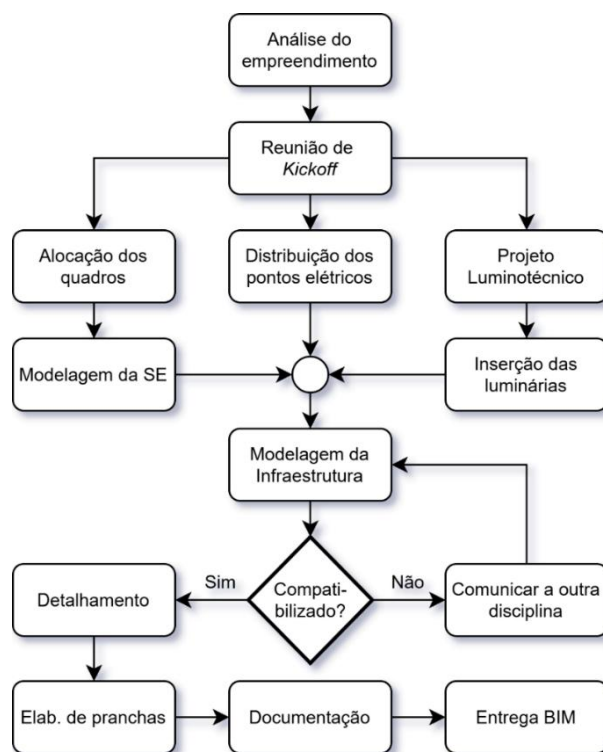
Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

Na subdisciplina ELE, atuaram três modeladores BIM, sendo um coordenador responsável pela gestão das tarefas, organização do cronograma interno e participação nas reuniões de compatibilização entre disciplinas, além de dois modeladores de apoio encarregados da modelagem, detalhamento e documentação técnica do projeto. Já na subdisciplina SPD, foram designados dois modeladores BIM, um coordenador e um apoio técnico, cuja atuação foi focada na modelagem do sistema de proteção contra descargas atmosféricas, abrangendo a captação, descidas e malha de aterramento.

3.5.2. Fluxo de trabalho

O fluxo de trabalho seguido pelas equipes técnicas foi estruturado conforme o cronograma definido no PEB e suportado por uma metodologia ágil baseada em metas semanais. O fluxo de trabalho da equipe ELE, se encontra na figura 32, responsável pela infraestrutura de alimentação, iluminação e tomadas, seguiu uma sequência estruturada conforme o fluxograma apresentado.

Figura 32 – Fluxograma de trabalho para equipe ELE



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

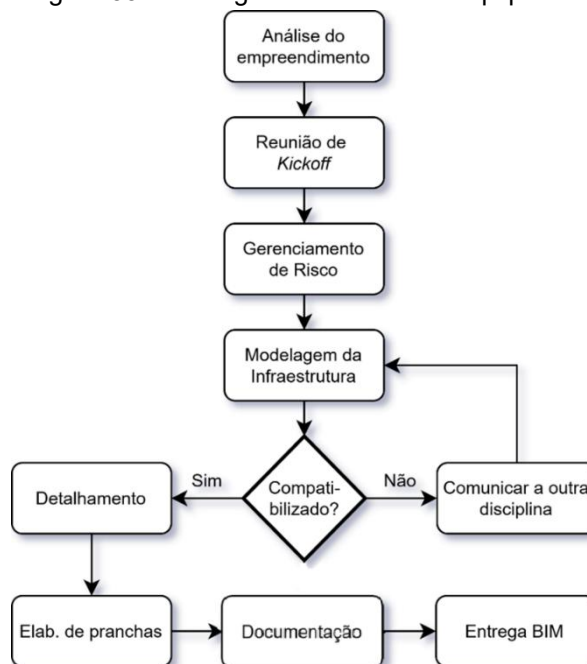
A primeira etapa consistiu na análise do empreendimento, onde foram verificados os dados do modelo arquitetônico e as necessidades específicas da edificação. Em seguida, foi realizada a reunião de *kickoff*, na qual foram definidos os critérios de projeto, os prazos e o cronograma das atividades, conforme o escopo estabelecido no PEB.

Na sequência, foi feita a alocação dos quadros elétricos, considerando a setorização dos ambientes e o balanceamento das cargas, juntamente com a distribuição dos pontos elétricos, com base na tipologia dos espaços e nas normas técnicas aplicáveis. Simultaneamente, foi elaborado o projeto luminotécnico, determinando a quantidade, localização e potência das luminárias, que posteriormente foram inseridas no modelo. Após a definição dos componentes, iniciou-se a modelagem da subestação elétrica (SE) e da infraestrutura elétrica, integrando eletrocalhas, eletrodutos e caixas de passagem. Finalizada essa etapa, procedeu-se à verificação de compatibilização com as demais disciplinas. Quando incompatibilidades eram encontradas, elas eram comunicadas à equipe responsável para correção. Em caso de aprovação, avançava-se para o detalhamento, seguido da

elaboração das pranchas, documentação técnica e, por fim, a entrega dos modelos em ambiente BIM, conforme os padrões estabelecidos no CDE.

A equipe de SPD era responsável pela modelagem do aterramento e sistema de proteção contra descargas atmosféricas, a seguir, na figura 33, é notado seu fluxo de trabalho:

Figura 33 – Fluxograma de trabalho equipe SPD



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

O fluxo da equipe de SPD parte da análise do empreendimento, identificando as necessidades e condições para o projeto do sistema de proteção. Em seguida, foi realizada a reunião de *kickoff*, onde foram definidos o escopo do trabalho, os prazos e as interfaces com as demais disciplinas envolvidas. Após essa etapa, a equipe executou o gerenciamento de risco, avaliando pontos críticos e possíveis interferências no desenvolvimento do sistema de proteção. Na sequência, iniciou-se a modelagem da infraestrutura, com o desenvolvimento do modelo 3D do sistema de captação, descidas e aterramento.

Finalizada a modelagem, o projeto passou pela fase de compatibilização. Se o modelo estivesse compatível com as demais disciplinas, o trabalho prosseguia para o detalhamento e, posteriormente, para a elaboração das pranchas. Caso fossem identificadas incompatibilidades, estas eram comunicadas à disciplina responsável, e os ajustes necessários eram realizados na modelagem. Por fim, após a conclusão e

verificação das etapas, ocorria a entrega dos modelos em ambiente BIM, conforme os requisitos definidos previamente.

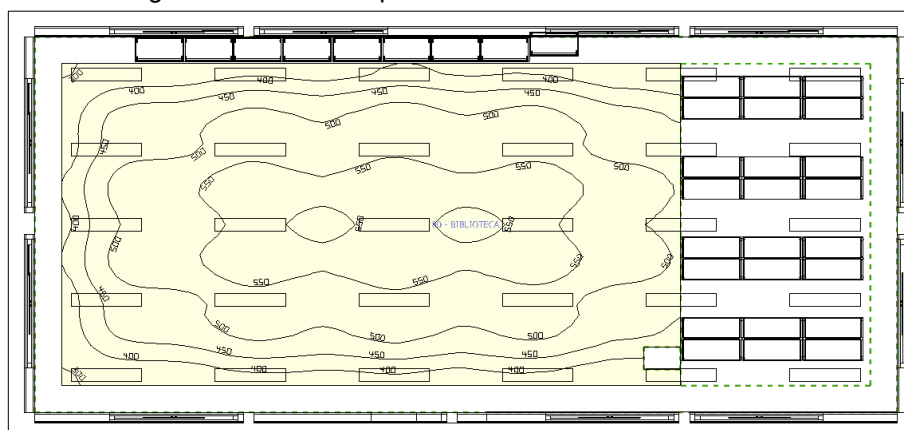
A comunicação entre as disciplinas foi garantida por meio de reuniões periódicas de compatibilização e pelo uso de ferramentas colaborativas como o *Jira* e o CDE. Alterações nos modelos eram solicitadas via tarefas e validadas conforme fluxos de aprovação previamente acordados. Esse processo reduziu retrabalhos e garantiu a consistência entre as versões dos arquivos utilizados por cada equipe.

A cada ciclo de entrega, os modelos eram revisados internamente, exportados no formato IFC e submetidos à verificação em ambiente de compatibilização. Após validação, os entregáveis eram registrados no CDE e compartilhados com os demais envolvidos, respeitando os marcos definidos no cronograma do projeto. Os processos do projeto elétrico são descritos detalhadamente nos tópicos abaixo.

3.5.3. Estudo luminotécnico

Nessa fase, foram definidos os níveis de iluminância necessários para o ambiente, conforme as normas técnicas e as atividades desenvolvidas no local. O software Dialux foi utilizado para simular diferentes configurações de luminárias, determinando a potência, o tipo e a posição ideal de cada ponto de luz, com o objetivo de garantir uniformidade e conforto visual. Na figura 34, é apresentada a vista em planta baixa no Dialux, que corresponde à etapa de estudo luminotécnico para o ambiente da biblioteca.

Figura 34 – Vista em planta baixa da biblioteca no Dialux



Fonte: Autor (2025).

Assim sendo, a figura 35 mostra a vista em perspectiva do ambiente, que o ilustra tridimensionalmente após a definição dos parâmetros luminotécnicos. Nesta

etapa, a posição exata e o tipo das luminárias já estão consolidados no projeto, permitindo a avaliação do efeito de iluminação no espaço real e facilitando a verificação do atendimento aos requisitos visuais e funcionais da biblioteca. Os dados gerados no Dialux, como *layout*, potências e especificações, foram então exportados para o Autodesk Revit para a continuidade do processo de modelagem.

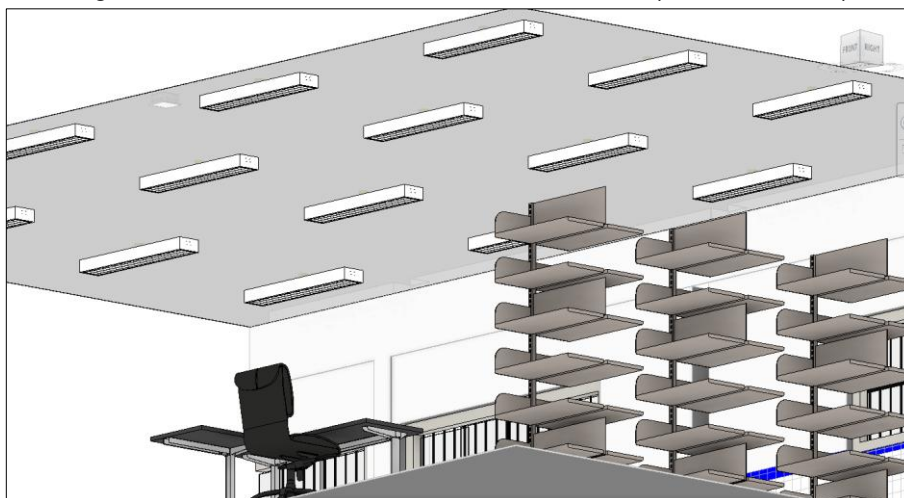
Figura 35 – Vista em perspectiva da biblioteca no Dialux



Fonte: Autor (2025).

Por fim, faz uso da interoperabilidade BIM entre os softwares no, e migra-se para o Autodesk Revit, onde as informações obtidas no estudo luminotécnico foram efetivamente aplicadas ao modelo. As famílias de luminárias correspondentes às características simuladas no Dialux foram posicionadas no modelo 3D da biblioteca, garantindo total compatibilidade entre o projeto luminotécnico e o projeto executivo em BIM, como é apresentado na figura 36. Essa integração entre ferramentas proporcionou precisão no dimensionamento, facilidade na documentação e melhor coordenação com as demais disciplinas envolvidas no empreendimento.

Figura 36 – Luminárias inseridas no Modelo BIM (Autodesk Revit)



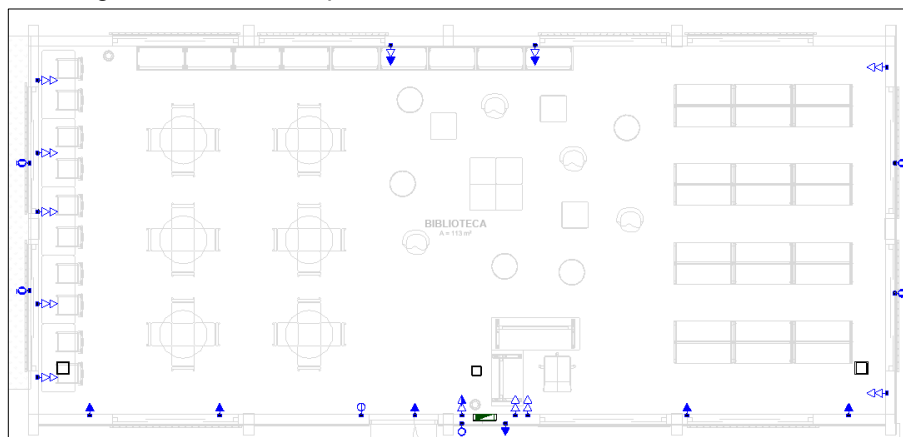
Fonte: Autor (2025).

Neste ponto, é importante frisar que simultaneamente os pontos elétricos eram inseridos no modelo por outro projetista, como foi explicado previamente no fluxo de trabalho da equipe de elétrica, o que é discorrido a seguir.

3.5.4. Pontos elétricos

Nesta etapa, foram inseridos no modelo todos os pontos elétricos do empreendimento, como tomadas, interruptores, pontos de força, atendendo aos critérios de normativos, acessibilidade e uso do ambiente, vale citar que as luminárias, eram inseridas simultaneamente conforme definido no fluxo de trabalho. São ilustrados a distribuição de pontos no ambiente da biblioteca, na figura 37, que está sendo o foco do tópico para exemplificar as fases do projeto.

Figura 37 – Vista em planta baixa da biblioteca no Autodesk Revit

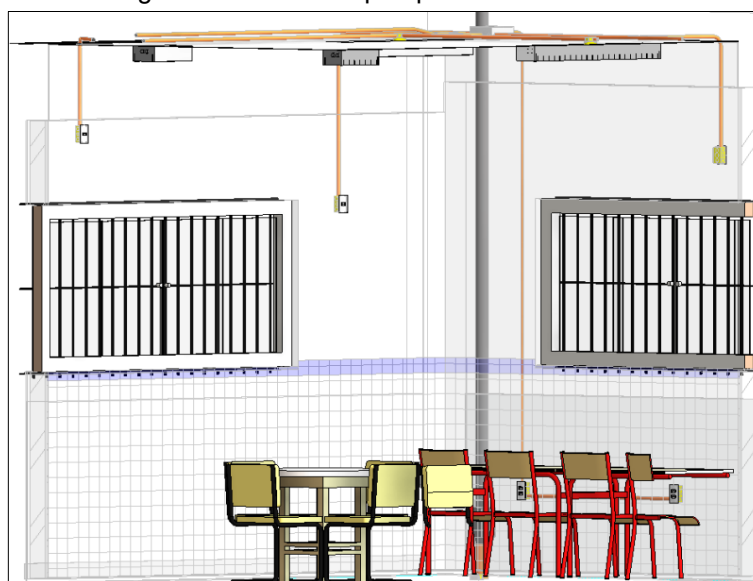


Fonte: Autor (2025).

Após a definição e o lançamento desses pontos, foi possível realizar o dimensionamento da carga demandada, informação imprescindível para o início do projeto da subestação elétrica em outro modelo, garantindo que a infraestrutura de alimentação seja dimensionada de acordo com as necessidades reais do empreendimento.

Em um segundo momento, iniciou-se a fase de maior duração do projeto, voltada à modelagem e ao dimensionamento detalhado da infraestrutura necessária para alimentar todos os dispositivos elétricos previstos. Conforme ilustrado na figura 38, foram inseridas no modelo as eletrocalhas, eletrodutos e demais elementos de infraestrutura, respeitando as rotas, as normas técnicas e as interferências com outras disciplinas.

Figura 38 – vista em perspectiva da biblioteca



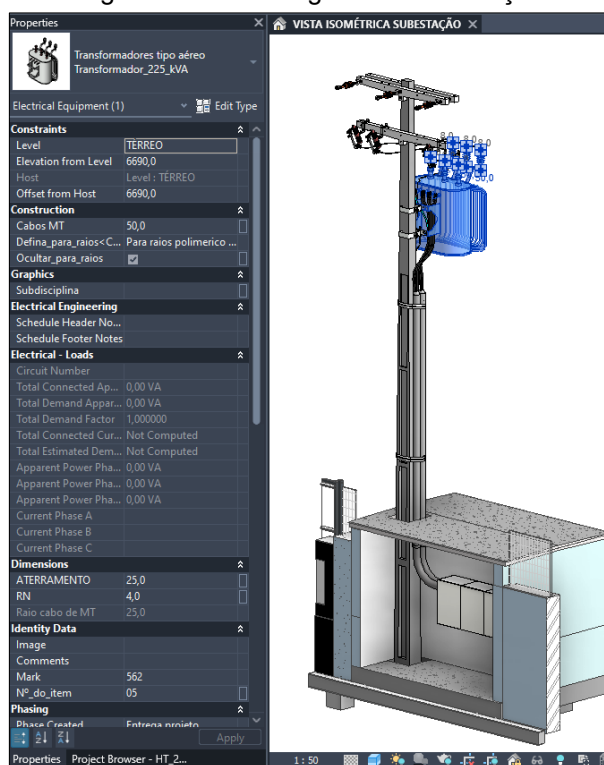
Fonte: Autor (2025).

3.5.5. Subestação e alimentadores

A modelagem da subestação foi realizada após a definição da carga total do empreendimento, que teve como base a alocação dos pontos elétricos, a distribuição das cargas por ambiente e o posicionamento dos quadros de distribuição. Para este empreendimento, foi projetada uma subestação aérea com transformador de 225 kVA, considerada compatível com o perfil de carga identificado durante as fases iniciais do projeto.

A escolha por uma subestação aérea foi baseada em critérios técnicos e operacionais, como facilidade de manutenção, tempo de instalação reduzido e menor impacto na ocupação do solo da edificação, o que se mostrou adequado ao contexto da escola e ao espaço disponível no terreno. A figura 39 ilustra o modelo tridimensional da subestação

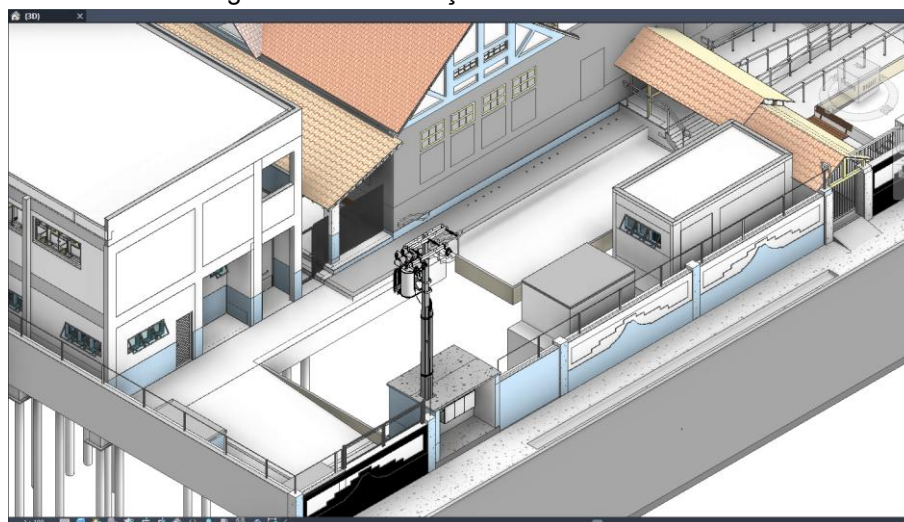
Figura 39 – Modelagem da Subestação



Fonte: Autor (2025).

A modelagem conta com a inserção de elementos paramétricos representando o transformador, os postes de média tensão, os eletrodutos de descida, o ramal de aterramento e o abrigo de medição. Todas as conexões e distâncias mínimas de segurança foram respeitadas, garantindo o correto funcionamento e a segurança do sistema. Abaixo se tem o local da sua implantação no terreno da escola, evidenciando a compatibilização com os demais sistemas e a integração com os espaços da edificação. A localização estratégica da subestação próxima à entrada principal, como se nota na figura 40, facilita o acesso técnico e atende às exigências de concessionárias de energia para pontos de entrega.

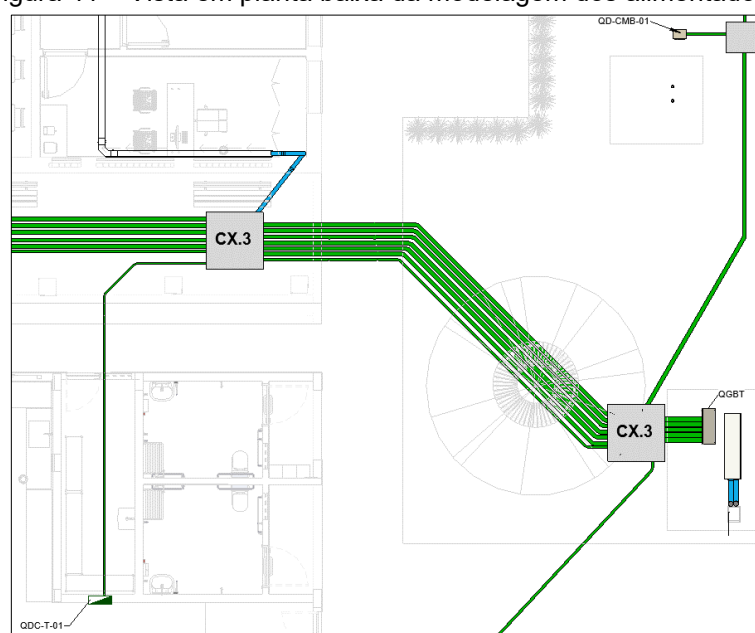
Figura 40 – Subestação alocada no modelo



Fonte: Autor (2025).

Para o projeto dos alimentadores, o encaminhamento dos circuitos foi cuidadosamente planejado em compatibilização com as demais disciplinas, respeitando os espaços técnicos disponíveis e evitando interferências com elementos estruturais, hidrossanitários e arquitetônicos. A modelagem permitiu a visualização precisa das rotas, presente na figura 41, facilitando os ajustes necessários para garantir a execução eficiente e segura do sistema.

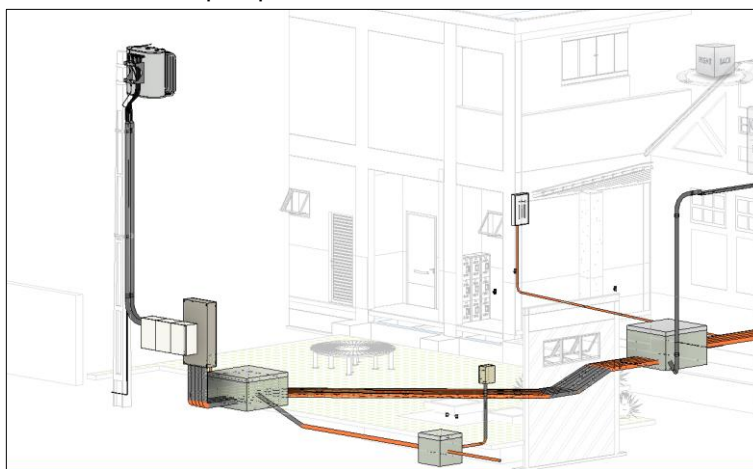
Figura 41 – Vista em planta baixa da modelagem dos alimentadores



Fonte: Autor (2025).

O dimensionamento dos condutores elétricos foi realizado utilizando o software DCE *Prysmian*, que assegura o atendimento às normas técnicas vigentes e proporciona precisão no cálculo da seção adequada dos cabos. Já o dimensionamento dos eletrodutos foi feito por meio de sistemas em VBA, garantindo o correto agrupamento e o espaçamento necessário, conforme os critérios normativos, permitindo a alimentação dos quadros como se nota na figura 42. Essa abordagem integrada possibilitou um projeto mais seguro, eficiente e com rastreabilidade total das informações.

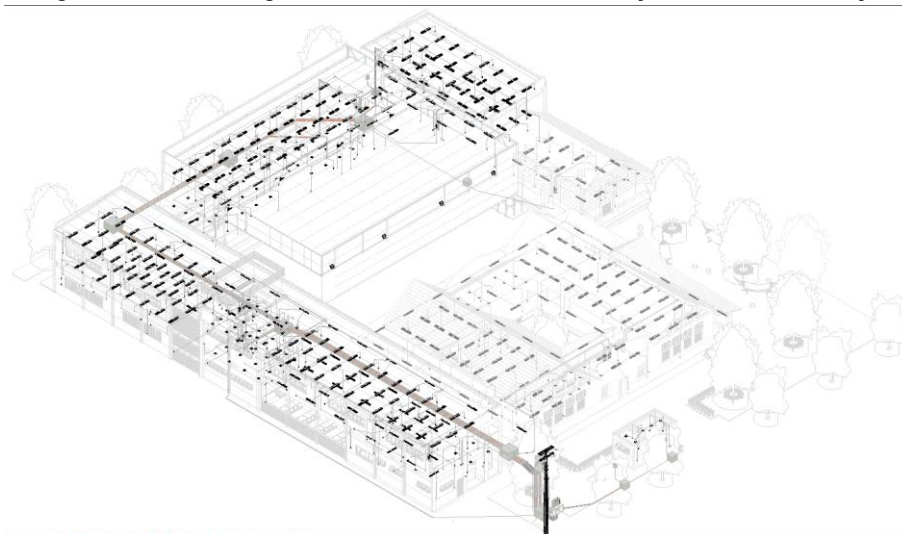
Figura 42 – Vista em perspectiva do encaminhamento dos alimentadores



Fonte: Autor (2025).

Por fim, a modelagem da infraestrutura dos sistemas de iluminação, tomadas e força foi concluída com êxito, como é mostrado na figura 43, sendo assim este arquivo foi disponibilizado no CDE, para que pudesse passar pela auditoria e compatibilização final.

Figura 43 – Modelagem BIM do sistema de iluminação, tomadas e força

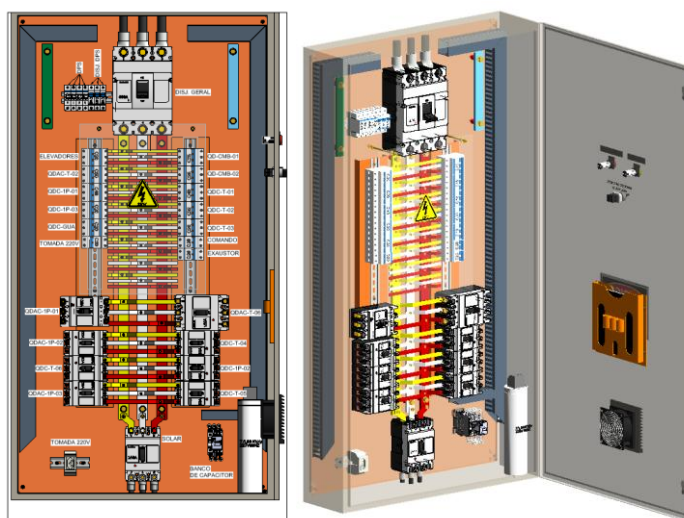


Fonte: Autor (2025).

3.5.6. Quadros elétricos

Os quadros elétricos foram modelados após o dimensionamento preciso dos dispositivos de proteção, levando em consideração as cargas, seletividade e coordenação entre os equipamentos. A modelagem no ambiente BIM representou fielmente o layout interno de cada quadro, como se percebe na figura 44, incluindo a disposição dos disjuntores, barramentos, dispositivos de manobra e proteção, e demais componentes previstos no projeto. A seguir se tem o Quadro geral de distribuição em baixa tensão (QGBT) e seus componentes.

Figura 44 – Modelagem do QGBT



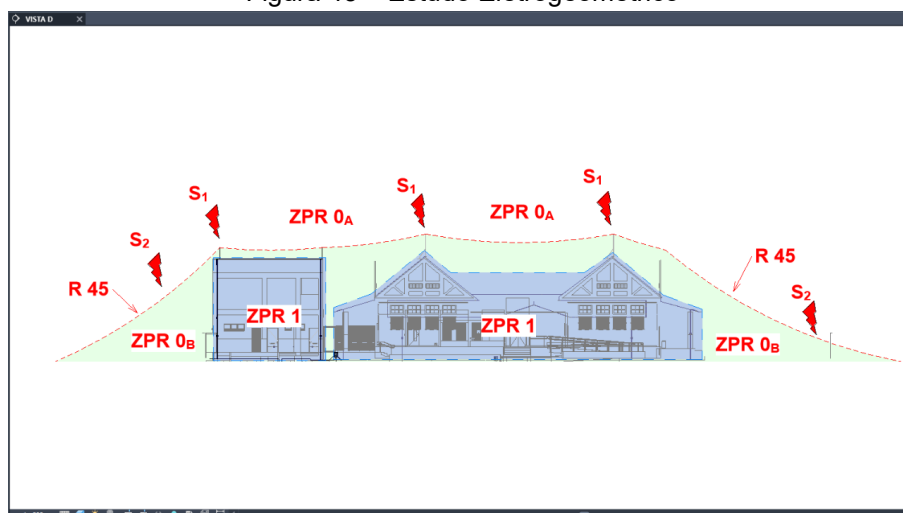
Fonte: Autor (2025).

Esse detalhamento tridimensional permitiu validar o espaço físico necessário, a organização dos circuitos e a facilidade de manutenção, além de garantir a compatibilidade com a infraestrutura elétrica modelada anteriormente. As imagens anexas ilustram o nível de precisão alcançado na modelagem, refletindo exatamente o que será executado em campo, e facilitando a conferência visual e a integração entre as equipes durante as etapas de obra e montagem.

3.5.7. SPDA e Aterramento

No desenvolvimento do sistema de proteção contra descargas atmosféricas e aterramento, o processo teve início com o gerenciamento de risco da edificação, de acordo com as exigências da NBR 5419. Essa etapa envolveu a análise do grau de exposição do empreendimento, identificação das zonas de proteção e determinação dos requisitos mínimos de proteção. Em seguida, foi realizado o estudo eletrogeométrico (figura 45), utilizado para definir o posicionamento ideal dos captores, garantindo que toda a cobertura da edificação estivesse adequadamente protegida contra eventuais descargas.

Figura 45 – Estudo Eletrogeométrico

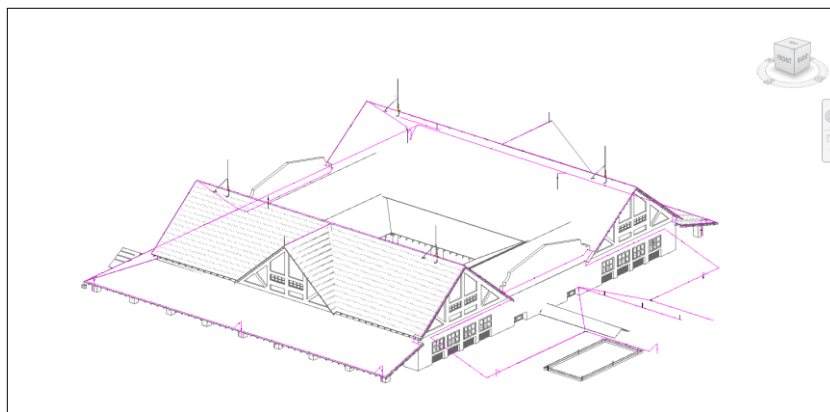


Fonte: Autor (2025).

Com base nesses dados, os captores foram distribuídos estrategicamente sobre as coberturas, conforme representado nas imagens de corte e perspectiva, assegurando o atendimento à zona de proteção e otimizando o uso dos materiais. O estudo eletrogeométrico permitiu definir tanto a altura quanto a posição de cada ponto de captação, considerando as características geométricas da edificação e as áreas

externas a serem protegidas, vale lembrar que a modelagem é realizada por blocos (figura 46), dessa maneira dois projetistas podiam trabalhar simultaneamente no arquivo em questão.

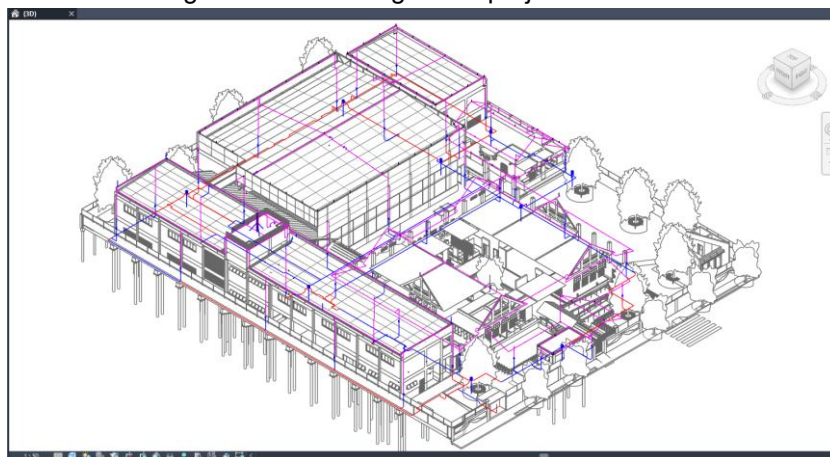
Figura 46 – Modelagem do sistema por blocos



Fonte: Autor (2025).

Na sequência, foi realizada a modelagem do sistema de descidas do SPDA, contemplando os condutores de descida externa e interna, de modo a garantir o caminho mais curto e eficiente para o escoamento das correntes elétricas até o sistema de aterramento. Todo o sistema foi modelado em ambiente BIM, respeitando o traçado das demais disciplinas e evitando interferências com elementos estruturais, instalações elétricas, hidrossanitárias e arquitetura, modelagem final é apresentada na figura 47.

Figura 47 – Modelagem do projeto de SPDA



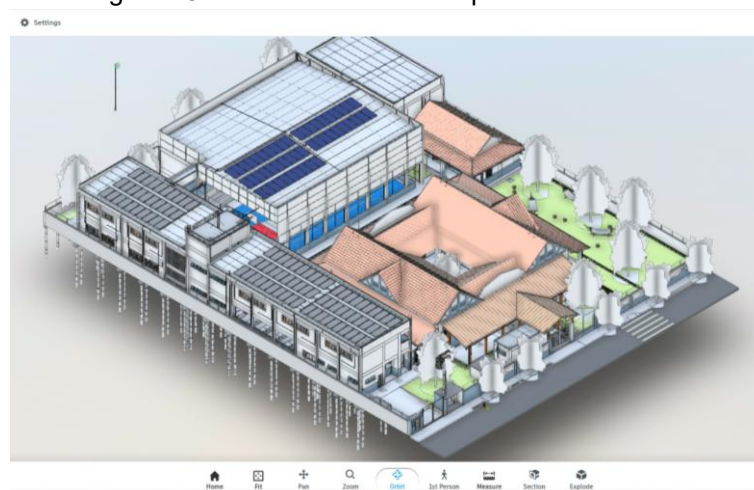
Fonte: Autor (2025).

Por fim, o sistema de aterramento foi dimensionado e modelado para assegurar o correto funcionamento do SPDA, promovendo a dissipação segura das correntes de descarga no solo e garantindo a integridade dos equipamentos e a proteção das pessoas. A compatibilização multidisciplinar permitiu ajustes precisos nos trajetos dos condutores e barras de aterramento, assegurando a execução conforme o projeto e a total conformidade com as normas técnicas aplicáveis.

3.6. Compatibilização

Era realizada de forma contínua e colaborativa ao longo de todo o processo de desenvolvimento, consistia em reunir periodicamente os modelos autorais das diferentes disciplinas para verificar, de maneira integrada e tridimensional, possíveis conflitos físicos e inconsistências entre as soluções projetadas. Por meio da análise do modelo federado, apresentado na figura 48, era possível antecipar interferências que tradicionalmente só seriam identificadas na obra, otimizando o planejamento, reduzindo retrabalhos e promovendo maior assertividade técnica. Além disso, as reuniões de compatibilização e o uso de ferramentas específicas, como o Autodesk *Navisworks*, garantiam a rápida identificação de *clashes* e a comunicação efetiva entre as equipes, assegurando a evolução coordenada dos projetos e a entrega de soluções plenamente integradas e seguras.

Figura 48 – Modelo federado disponibilizado online

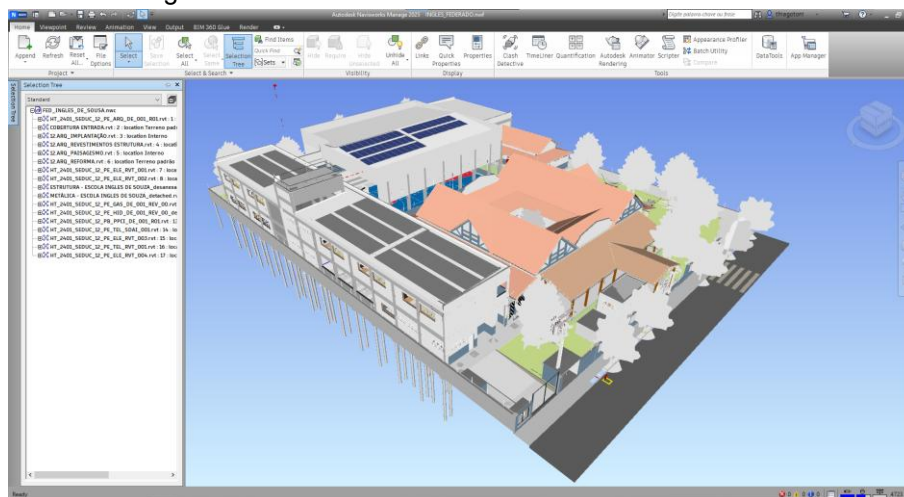


Fonte: Autor (2025).

O modelo federado foi criado a partir da união dos modelos autorais das diversas disciplinas e disponibilizado *online* por meio de um *link* acessível no navegador, mas também pode ser analisado em softwares característicos (figura 49).

Essa estratégia permitiu que tanto os projetistas quanto os administradores do contrato acompanhassem, em tempo real, a evolução do projeto, promovendo transparência, integração e agilidade na tomada de decisões durante todo o desenvolvimento do empreendimento.

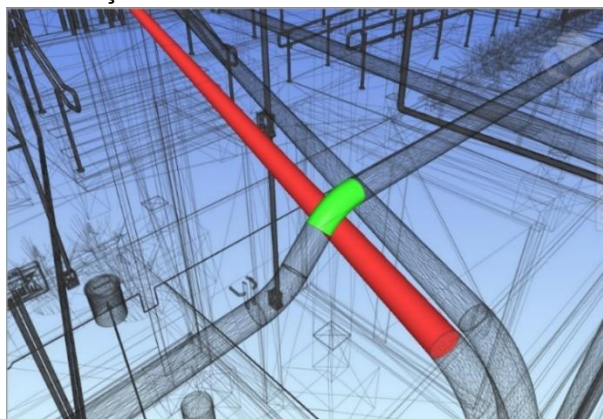
Figura 49 – Modelo federado no Autodesk Navisworks



Fonte: Autor (2025).

No Autodesk Navisworks, o modelo federado foi utilizado para realizar a verificação de interferências (*clash detection*) entre as diferentes disciplinas, além de servir como ferramenta de auditoria para os arquivos IFC. Os casos mais comuns de detecção de *clashes* no projeto elétrico incluíram conflitos entre eletrodutos e sistemas de telecomunicações (figura 50), que ocorreu principalmente no cruzamento de eletrodutos, onde a proximidade ou sobreposição física dos condutos poderia comprometer a execução adequada e a manutenção dos sistemas.

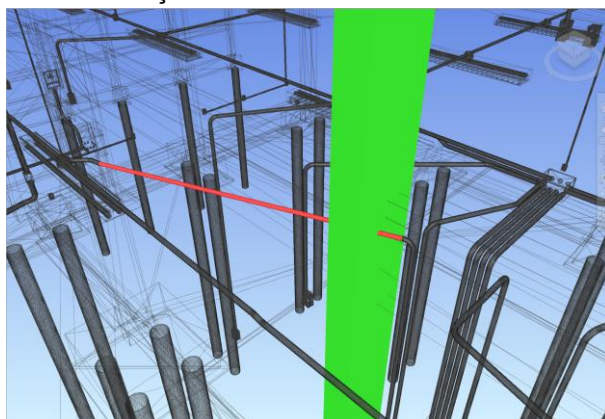
Figura 50 – Verificação de interferência entre elétrica e telecomunicações



Fonte: Autor (2025).

No relacionamento entre elétrica e estrutura (figura 51), os principais conflitos foram verificados entre eletrodutos e pilares, já que o traçado dos condutores muitas vezes coincidia com os elementos estruturais.

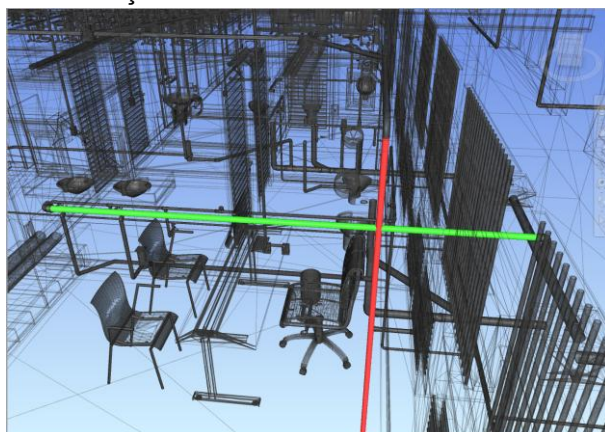
Figura 51 – Verificação de interferência entre elétrica e estrutural



Fonte: Autor (2025).

Já entre elétrica e hidrossanitário (figura 52), as principais interferências envolveram a sobreposição de eletrodutos com tubulações de água e esgoto, o que poderia acarretar riscos tanto à integridade dos sistemas quanto à segurança operacional.

Figura 52 – Verificação de interferência entre elétrica e hidrossanitário



Fonte: Autor (2025).

Por fim, a comunicação das incompatibilidades detectadas era feita por meio de notas BCF (*BIM Collaboration Format* — Formato de Colaboração BIM), extraídas

do *Navisworks* e encaminhadas aos projetistas responsáveis. Essas notas continham informações detalhadas sobre a interferência, sua localização e a ação recomendada, como se percebe na figura 53, viabilizando a rápida atualização dos modelos autorais e promovendo uma gestão colaborativa e eficiente do processo de compatibilização.

Figura 53 – Notas BCF

<

Fonte: Autor (2025).

3.7. Documentação do Projeto

Os padrões adotados para o desenvolvimento do projeto foram definidos no PEB e seguidos por todas as equipes. As famílias utilizadas no Revit foram previamente configuradas com parâmetros técnicos obrigatórios, como potência, corrente, tipo de alimentação e norma aplicável. Essa padronização garantiu que os modelos fossem utilizados como fonte de dados para a geração de documentos técnicos consistentes.

Na produção dos documentos, foram utilizadas nomenclaturas padronizadas para arquivos, conforme indicado nas tabelas do PEB. Cada documento foi classificado por código de disciplina, tipo de documento e sequência numérica. Essa organização foi crucial para o controle de versões e rastreabilidade dos entregáveis durante o projeto.

As pranchas e relatórios finais foram gerados em PDF e submetidos ao CDE. Além disso, os arquivos IFC foram preparados com as informações necessárias para integração futura com outras plataformas, permitindo que os modelos pudessem ser utilizados tanto para planejamento executivo quanto para manutenção pós-obra. A adoção rigorosa desses padrões assegurou a qualidade e a coerência de toda a documentação técnica entregue. Outro produto do projeto é a disponibilização do link do arquivo federado presente no Anexo A.

4. ANÁLISE CRÍTICA DA METODOLOGIA BIM NO PROJETO ELÉTRICO

A implementação da metodologia BIM no projeto elétrico trouxe benefícios consideráveis, refletindo diretamente na qualidade e eficiência do trabalho realizado, entretanto como toda mudança de metodologia, apresenta desafios que podem ser tidos como desvantagens, dependendo do tempo disponível e ocasião de projeto, estes pontos serão analisados no presente tópico.

4.1. Pontos fortes da Metodologia BIM no Projeto Elétrico

Uma das vantagens mais evidentes observadas foi a redução significativa de conflitos e interferências entre disciplinas. A utilização do modelo federado, aliado ao uso frequente do Autodesk *Navisworks*, possibilitou identificar antecipadamente diversos *clashes*, como a sobreposição entre eletrodutos e elementos estruturais, tubulações hidrossanitárias e sistemas de telecomunicações, permitindo que essas situações fossem solucionadas ainda na fase de projeto. Com isso, o risco de retrabalhos, atrasos e aumento dos custos durante a execução foi consideravelmente minimizado.

Outro ponto positivo destacado foi a precisão obtida no dimensionamento dos componentes elétricos. A interoperabilidade entre softwares especializados, como Revit, Dialux Evo e o software DCE *Prysmian*, possibilitou a geração automática de relatórios técnicos detalhados, com dados exatos para especificações técnicas e quantitativas dos materiais necessários. Essa integração garantiu uma maior assertividade no cálculo das cargas elétricas, dimensionamento de condutores, eletrodutos, quadros elétricos e dispositivos de proteção, proporcionando um projeto robusto e seguro, totalmente aderente às normas técnicas vigentes.

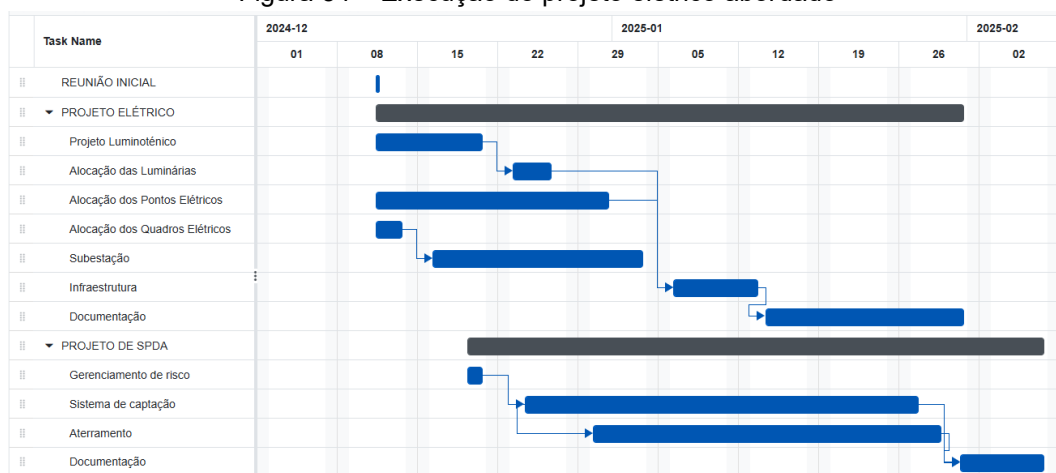
Além disso, o CDE permitiu uma gestão mais organizada, transparente e eficiente das informações geradas durante o projeto. Os arquivos foram organizados em estruturas hierárquicas claras e acessíveis a todos os participantes, o que facilitou o compartilhamento e controle de versões. Essa abordagem proporcionou uma comunicação fluida entre equipes e a rastreabilidade total das decisões tomadas, tornando o processo colaborativo mais ágil e preciso.

É válido citar que umas das vantagens expressivas da metodologia BIM no projeto elétrico em comparação ao desenvolvimento tradicional em CAD é a capacidade de gerar automaticamente atualizações e documentação técnica vinculadas diretamente ao modelo tridimensional. Enquanto no CAD as alterações

realizadas precisam ser reproduzidas manualmente em diversos desenhos técnicos, no BIM qualquer modificação no modelo é refletida instantaneamente em todas as vistas, cortes, tabelas e relatórios associados. Esse recurso elimina inconsistências, reduz drasticamente o tempo gasto em atualizações manuais e aumenta significativamente a confiabilidade dos documentos gerados, proporcionando maior segurança e eficiência durante todo o ciclo de desenvolvimento do projeto elétrico.

A metodologia BIM proporcionou maior eficiência e clareza no gerenciamento das atividades do projeto elétrico, como evidenciado pelo cronograma ilustrado na figura 54. A visualização gráfica permitiu o controle efetivo do sequenciamento e do prazo das tarefas, como projeto luminotécnico, alocação de luminárias, pontos elétricos, quadros elétricos, subestação, infraestrutura e documentação técnica. Essa vantagem da abordagem BIM possibilitou monitorar facilmente o progresso das atividades, identificar antecipadamente possíveis atrasos e realizar ajustes em tempo real, promovendo uma gestão integrada e colaborativa do projeto.

Figura 54 – Execução do projeto elétrico abordado



Fonte: Autor (2025).

Assim sendo, é justo afirmar que o BIM proporcionou benefícios diretos para a etapa de manutenção e operação futura do empreendimento. Os modelos desenvolvidos contêm informações detalhadas sobre cada componente instalado, como especificações técnicas, fabricante e parâmetros operacionais, constituindo uma base de dados confiável para o gerenciamento e manutenção preventiva. Desta forma, o emprego da metodologia BIM transcende as etapas de projeto e construção, agregando valor significativo ao ciclo completo de vida útil da edificação.

4.2. Compatibilização Multidisciplinar

A compatibilização multidisciplinar, proporcionada pela metodologia BIM, foi essencial para a melhoria da qualidade técnica e operacional do projeto elétrico. A integração dos modelos autorais das diversas disciplinas, mediante o modelo federado, permitiu identificar antecipadamente interferências que poderiam comprometer significativamente a execução do projeto em obra. Utilizando ferramentas especializadas como o Autodesk *Navisworks*, foi possível detectar com precisão conflitos entre instalações elétricas e demais sistemas prediais, tais como elementos estruturais, tubulações hidrossanitárias e sistemas de telecomunicações, reduzindo drasticamente a ocorrência de retrabalhos, custos extras e atrasos durante a fase de execução.

Contudo, a prática da compatibilização não esteve livre de desafios. A natureza colaborativa da metodologia exigiu das equipes disciplinares uma comunicação constante, coordenada e clara, bem como atualização regular dos modelos autorais para garantir a coerência das informações. Em determinadas ocasiões, a gestão das versões dos modelos e a definição clara das responsabilidades por ajustes identificados nas análises de interferência demandaram esforços adicionais, resultando em reuniões mais frequentes e, ocasionalmente, processos mais demorados do que o inicialmente planejado.

Outro ponto crítico observado foi a curva de aprendizado associada à adoção do processo de compatibilização multidisciplinar. Algumas equipes tiveram dificuldades iniciais para se adaptar às novas rotinas, especialmente em relação à resolução das interferências identificadas, o que impactou temporariamente o andamento fluido das atividades previstas. Esse cenário reforça a necessidade de programas de capacitação e treinamento contínuos, além do aprimoramento das estratégias de comunicação interdisciplinares.

Apesar dessas dificuldades, os benefícios da compatibilização BIM superaram amplamente as desvantagens iniciais. A antecipação e solução das incompatibilidades resultaram em um projeto executivo mais robusto, tecnicamente preciso e economicamente eficiente, garantindo uma execução segura e previsível, aspectos dificilmente alcançados com métodos tradicionais.

4.3. Análise dos Ferramentas BIM Utilizadas

Durante o desenvolvimento do projeto elétrico em metodologia BIM, foram empregadas diversas ferramentas tecnológicas específicas, cada uma contribuindo com funcionalidades distintas para a modelagem e análise técnica. O Autodesk Revit destacou-se por proporcionar uma plataforma robusta e integrada de modelagem paramétrica, permitindo um controle minucioso e automatizado das informações técnicas e facilitando a geração imediata de pranchas e relatórios detalhados. Ademais, a plataforma ofereceu significativa agilidade no desenvolvimento das documentações técnicas, reduzindo substancialmente erros manuais e inconsistências informacionais.

O software Dialux Evo foi determinante para a execução do estudo luminotécnico, assegurando uma simulação detalhada e precisa dos níveis de iluminação exigidos pelas normas técnicas aplicáveis. Entretanto, apesar da eficácia na simulação e análise luminotécnica, a integração com a plataforma Revit apresentou limitações operacionais, exigindo procedimentos adicionais de exportação e importação de dados entre os softwares, fato que gerou retrabalhos pontuais e demandou atenção especial dos profissionais envolvidos.

O Autodesk Navisworks também teve um papel crucial na execução das atividades de compatibilização multidisciplinar. Sua capacidade de identificar interferências entre diferentes disciplinas do projeto demonstrou-se altamente eficiente, embora suas limitações relacionadas à impossibilidade de realizar ajustes diretos nas geometrias tenham exigido um fluxo de trabalho adicional, no qual ajustes detectados deveriam ser aplicados diretamente nos modelos autorais, aumentando o tempo gasto nas etapas de correção.

Por fim, ferramentas específicas para dimensionamento elétrico, como o software DCE *Prysmian* e as planilhas desenvolvidas em VBA, garantiram precisão técnica nos cálculos e otimizaram o tempo gasto nas atividades repetitivas. Apesar das evidentes vantagens oferecidas por tais ferramentas, seu uso demandou uma qualificação técnica avançada dos profissionais, assim como uma rigorosa verificação de resultados para assegurar total conformidade às normas técnicas vigentes.

4.4. Desafios Encontrados na Implementação BIM

A implementação da metodologia BIM no projeto elétrico apresentou diversos desafios, sendo um dos principais a necessidade de capacitação técnica contínua das

equipes envolvidas. A transição de processos baseados em ferramentas tradicionais, como o AutoCAD, para uma metodologia altamente integrada e colaborativa exigiu dos profissionais grande esforço adaptativo. Esse cenário tornou necessário investimento adicional em treinamentos especializados, gerando demandas extras em recursos e tempo, inicialmente não previstos no cronograma original do projeto.

Outro desafio significativo enfrentado foi a interoperabilidade entre diferentes softwares utilizados no projeto. Embora avanços recentes tenham facilitado a troca de informações entre plataformas, a integração plena dos dados entre ferramentas como Revit, Dialux Evo e *Navisworks* mostrou-se frequentemente complexa, exigindo procedimentos adicionais para garantir a coerência e integridade dos dados compartilhados. Esse aspecto causou atrasos pontuais nas atividades, exigindo adaptações constantes e retrabalho para harmonizar informações técnicas.

A gestão detalhada das informações e do controle de versões também representou um desafio considerável. Devido à complexidade do ambiente comum de dados (CDE), a administração e atualização constante dos modelos autorais exigiram esforços adicionais, especialmente quanto à definição clara dos responsáveis por cada alteração, assegurando que as equipes envolvidas mantivessem sempre os modelos atualizados e alinhados às diretrizes estabelecidas.

Por fim, a resistência inicial ao uso de novas tecnologias e processos por parte de alguns profissionais também configurou um obstáculo relevante. A adaptação cultural e organizacional necessária à plena implementação do BIM demandou atenção especial por parte da coordenação técnica do projeto, visando garantir a adesão efetiva dos participantes e a mitigação das resistências naturais associadas à mudança tecnológica e metodológica proposta. Esses desafios evidenciam a necessidade de planejamento estratégico cuidadoso e acompanhamento constante para garantir o sucesso da implementação do BIM em projetos complexos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo principal analisar e aplicar a metodologia BIM no desenvolvimento de um projeto elétrico, explorando suas potencialidades, desafios e impactos no processo projetual e na gestão da informação. Ao longo dos capítulos, buscou-se compreender o estado da arte do BIM no contexto nacional e internacional, detalhar sua metodologia, discutir aspectos como interoperabilidade, trabalho colaborativo, modelo federado e compatibilização

multidisciplinar, além de apresentar um estudo de caso prático aplicado às instalações elétricas.

A análise realizada evidenciou que a aplicação do BIM em projetos de instalações elétricas proporciona ganhos expressivos em termos de precisão, coordenação e eficiência, sobretudo pela capacidade de centralizar informações em um ambiente digital integrado. Essa centralização permite a detecção precoce de interferências, a automação de processos como a geração de listas de materiais e a verificação de conformidade com normas técnicas, além de facilitar a comunicação entre diferentes disciplinas. O uso de ferramentas de compatibilização e análise, como o Autodesk Revit e o *Navisworks*, demonstrou-se determinante para minimizar conflitos e reduzir retrabalhos, impactando diretamente na qualidade do projeto e na otimização de recursos.

Os resultados obtidos corroboram com a literatura especializada, que aponta o BIM como um catalisador para a mudança de paradigma na indústria da construção civil. No estudo de caso apresentado, foi possível verificar a eficácia da metodologia na integração entre arquitetura, estrutura e instalações, resultando em um projeto mais consistente e alinhado às boas práticas de engenharia. Além disso, observou-se que o uso do modelo federado e de um Ambiente Comum de Dados (CDE) contribuiu para maior transparência, rastreabilidade das decisões e atualização em tempo real das informações, características essenciais para empreendimentos de grande porte e, especialmente, para contratos públicos.

Entretanto, também foram identificados desafios relevantes, como a necessidade de capacitação contínua das equipes, a adaptação de fluxos de trabalho e a mudança cultural em relação aos métodos tradicionais de projeto. A adoção do BIM não deve ser encarada como a simples substituição de ferramentas de desenho, mas como a implementação de um processo colaborativo que integra pessoas, tecnologias e procedimentos. Esse entendimento é crucial para que o potencial da metodologia seja plenamente alcançado e para que se evite o uso restrito do BIM apenas como modelagem tridimensional.

Em termos práticos, a experiência adquirida ao longo deste trabalho evidencia que a aplicação do BIM em projetos elétricos pode servir como referência para a implementação da metodologia em outras disciplinas e tipologias construtivas, incluindo obras de infraestrutura e edificações públicas. A utilização de padrões abertos, como o formato IFC, mostrou-se estratégica para garantir a interoperabilidade

entre diferentes plataformas, ampliando as possibilidades de integração e mitigando problemas de compatibilidade de dados.

Como perspectivas para trabalhos futuros, sugere-se o aprofundamento de pesquisas sobre a integração do BIM com tecnologias emergentes, sistemas de gestão de ativos (FM – Facility Management), realidade aumentada e simulação de desempenho energético, visando ampliar as funcionalidades do modelo digital ao longo de todo o ciclo de vida da edificação. Além disso, recomenda-se o desenvolvimento de estudos comparativos entre diferentes níveis de maturidade BIM, a fim de quantificar de forma mais precisa os ganhos obtidos em cada etapa e estabelecer métricas de desempenho específicas para projetos elétricos.

Dessa forma, é válido afirmar que o BIM representa não apenas uma evolução tecnológica, mas também um novo modelo de gestão da informação e colaboração na construção civil. Sua adoção, quando associada a processos bem estruturados e equipes capacitadas, tem potencial para transformar significativamente a forma como os projetos são concebidos, executados e operados, promovendo maior eficiência, qualidade e sustentabilidade no setor.

6. REFERÊNCIAS

ADDOR, Miriam Roux a *et al.* **Colocando o "i" no BIM**. Usjt - Arq.Urb, [s. l.], v. 4, p. 104–115, 2010. Disponível em: http://www.usjt.br/arq.urb/numero_04/arqurb4_06_miriam.pdf.

AIA, The American Institute of Architects. Guide, Instructions and Commentary to the 2013 AIA Digital Practice Documents. **The Architecture Student's Handbook of Professional Practice**, [s. l.], p. 590–648, 2013.

ANDRADE, Max Lira Veras Xavier de. **Projeto performativo na prática arquitetônica recente: estrutura Conceitual**. 2012. 472 f. - Universidade Estadual de Campinas, [s. l.], 2012.

ANNES, Bruno Paiva; CUPERSCHMID, Ana Regina Mizrahy; GUIMARÃES FILHO, Autimio Batista. BIM para projeto de sistemas elétricos prediais de baixa tensão. *In: , 2021. Anais [...]. [S. l.: s. n.], 2021. p. 1–13. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/sbtic/article/view/568>.*

ARAUJO, Luani Barbosa D E. **A IMPORTÂNCIA DO USO DO BIM NA CONSTRUÇÃO CIVIL: uma ferramenta de otimização dos processos construtivos Paracatu**. 2019. 32 f. - Centro Universitário Atenas, [s. l.], 2019. Disponível em: https://www.atenas.edu.br/uniatenas/assets/files/spic/monography/A_IMPORTANCIA_DO_USO_DO_BIM_NA_CONSTRUCAO_CIVIL_uma_ferramenta_de_otimizacao_dos_processos_construtivos.pdf. Acesso em: 2 jul. 2025.

ARAYICI, Y. *et al.* Technology adoption in the BIM implementation for lean architectural practice. **Automation in Construction**, [s. l.], v. 20, n. 2, p. 189–195, 2011. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0926580510001457>.

AZHAR, Salman. Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. **Leadership and Management in Engineering**, [s. l.], v. 11, n. 3, p. 241–252, 2011.

AZHAR, Salman; KHALFAN, Malik; MAQSOOD, Tayyab. Building information modeling (BIM): Now and beyond. **Australasian Journal of Construction Economics and Building**, [s. l.], v. 12, n. 4, p. 15–28, 2012.

AZHAR, Salman; RICHTER, S. Building Information Modeling (BIM): Case Studies and Return-on-Investment Analysis. **Proceedings of the Fifth International Conference on Construction in the 21st Century (CITC-V)**, [s. l.], p. 1378–1386, 2009.

BARISON, Maria Bernardete. **Introdução de Modelagem da Informação da Construção (BIM) no currículo: uma contribuição para a formação do projetista**. 2015. 390 f. - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, [s. l.], 2015. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-21032016-101815/pt-br.php>. Acesso em: 6 jun. 2025.

BORGES, Gilson. **Integração de Sistema BIM em Projetos Estruturais**. Criciúma: [s. n.], 2020.

BRASIL. **Decreto Nº 11.888 de 22 de Janeiro de 2024**. 2024.

BUILDINGSMART. **Modelling**. [S. l.], 2019. Disponível em: <https://www.buildingsmart.org/the-importance-of-industry-foundation-classes-in-building-information-modelling/>. Acesso em: 10 jul. 2025.

CAIXETA, Luciano Mendes. **Estudo crítico sobre o uso de ferramentas de modelagens tridimensionais de informações digitais BIM no ensino contemporâneo da arquitetura**. 2013. 175 f. - Universidade de Brasília, [s. l.], 2013. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/14380>. Acesso em: 24 jun. 2025.

CARDOSO, João Pedro de Paula. **Viabilidade da implantação de modelagem BIM em escritórios de pequeno porte**. 2021. 45 f. - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, [s. l.], 2021. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/235127>.

CARNEIRO, Carlos; RIBEIRO, Eduardo. Critérios para a verificação de projetos públicos em BIM: diretrizes e desafios. **7º Congresso Internacional A ERA BIM – SINAENCO**, [s. l.], v. 7, 2024. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/392658021> Critérios.

CARVALHO, Matheus. **Compatibilização de Projetos**. [S. l.], 2025. Disponível em: <https://carluc.com.br/planejamento/compatibilizacao-de-projetos/>. Acesso em: 20 jul. 2025.

CBIC, Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **10 Motivos Para Evoluir Com o BIM**. Brasília: [s. n.], 2017. Disponível em: https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2017/11/Cartilha_do_BIM_2016.pdf.

CBIC, Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Volume 2 - Implementação BIM. **Coletânea implementação do BIM para construtoras e incorporadoras**, [s. l.], v. 2, p. 72, 2016. Disponível em: <https://cbic.org.br/inovacao/2017/10/18/coletanea-bim/>.

CHECCUCCI, Érica de Sousa. **Ensino-aprendizagem de BIM nos cursos de graduação em engenharia civil e o papel da expressão gráfica neste contexto**. 2014. 235 f. - Universidade Federal da Bahia, [s. l.], 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/15295>. Acesso em: 3 jun. 2025.

CHEN, Yunfeng; COX, Robert; DIB, Hazar. A Framework for Measuring Building Information Modeling Maturity Based on Perception of Practitioners and Academics Outside the Usa. **Proceedings of the CIB W78; 29th International Conference, 17-19 October**, [s. l.], n. NIBS 2007, p. 17–19, 2012. Disponível em: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1082.424&rep=rep1&type=pdf>.

CHEN, Lijuan; LUO, Hanbin. A BIM-based construction quality management model and its applications. **Automation in Construction**, [s. l.], v. 46, p. 64–73, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2014.05.009>.

CHIU, Mao-Lin. An organizational view of design communication in design collaboration. **Design Studies**, [s. l.], v. 23, n. 2, p. 187–210, 2002. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0142694X01000199>.

CLAYTON, M.J. *et al.* Downstream of Design. **Texas A&M University**, [s. l.], n. January, p. 26, 2008. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/303375976%0ADownstream>.

CORRÊA, Stefania Limp Muniz. O uso do BIM na elaboração de propostas técnicas de obras portuárias. [s. l.], p. 123, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/D.3.2023.tde-18102023-105738>.

CRC, COOPERATIVE RESEARCH COUNCIL FOR CONSTRUCTION INNOVATION. **Adopting BIM for facilities management. Solutions for managing the Sydney Opera House**. Brisbane: [s. n.], 2007.

DAVIS, Daniel. **The MacLeamy curve**. [S. l.], 2011. Disponível em: <https://www.danieldavis.com/macleamy/>. Acesso em: 28 jul. 2025.

DELATORRE, Vivian. **Potencialidades e limites do BIM no ensino de Arquitetura: Uma proposta de implementação**. 2014. 293 f. - Universidade Federal de Santa Catarina, [s. l.], 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/129044>. Acesso em: 6 jun. 2025.

EASTMAN, Chuck *et al.* **Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Porto Alegre: Bookman, 2014.

EPE, Escritório de Projetos Integrados de Engenharia da Universidade Federal do Ceará. **LOD: trabalhando BIM em alto nível**. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://epe.ufc.br/index.php/blog/19-lod-trabalhando-bim-em-alto-nivel>. Acesso em: 5 jul. 2025.

FABRICIO, Márcio Minto; MELHADO, Silvio Burrattino. Desafios para integração do processo de projeto na construção de edifícios. **III Encontro Tecnológico da Engenharia Civil e Arquitetura**, [s. l.], n. November 2001, p. 1–6, 2001.

FREIRE, Gustavo; SOTELINO, Elisa Dominguez; MARTHA, Luiz Fernando Campos Ramos. Interoperabilidade entre Plataforma BIM e Ferramentas de Análise Estrutural utilizando Industry Foundation Classes (IFC). **Proceedings of the XXXVI Iberian Latin American Congress on Computational Methods in Engineering**, [s. l.], n. April, 2015.

GHAFFARIANHOSEINI, Ali *et al.* Building Information Modelling (BIM) uptake: Clear benefits, understanding its implementation, risks and challenges. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 75, p. 1046–1053, 2017. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1364032116308413>.

HERNANDEZ, Carlos Roberto Barrios. Thinking parametric design: introducing parametric Gaudi. **Design Studies**, [s. l.], v. 27, n. 3, p. 309–324, 2006. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0142694X05000876>.

HOLNESS, G.; GORDON, V. R. H. Building Information Modeling. **ASHRAE journal**, [s. l.], v. 48, n. 8, p. 38, 2006.

HOSSEINI, Seyed Mohsen *et al.* Dynamic thermal simulation based on building

information modeling: A review. **International Journal of Energy Research**, [s. l.], v. 45, n. 10, p. 14221–14244, 2021. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/er.6740>.

HOWARD, Robert; RESTREPO, Luis; CHANG, Chen Yu. Addressing individual perceptions: An application of the unified theory of acceptance and use of technology to building information modelling. **International Journal of Project Management**, [s. l.], v. 35, n. 2, p. 107–120, 2017. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/309653420%0AAddressing>.

HUGO, Victor; VICTOR, Fernandes. Metodologia BIM Aplicada em Projetos Elétricos e Luminotécnicos Resende - RJ. [s. l.], n. November 2024, 2025.

ISO 16739-1. **Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries**. 2024.

JERNIGAN, Finith. **BIG BIM little bim**. 1ªed. Salisbury: 4Site Press, 2007.

JUAN, Du; ZHENG, Qin. Cloud and Open BIM-Based Building Information Interoperability Research. **Journal of Service Science and Management**, [s. l.], v. 07, n. 02, p. 47–56, 2014.

KASSEM, Mohamad; LEUSIN DE AMORIM, S R. BIM Building Information Modeling No Brasil e na União Europeia. [s. l.], 2015.

KOWALTOWSKI, Doris Catharine Cornelie Knatz *et al.* **O processo de projeto em arquitetura: da teoria à tecnologia**. São Paulo: Ofina de Textos, 2011.

KRYGIEL, Eddy. Using building information modeling for performance based design. *In*: FABRICATING ARCHITETURE. New York: Princeton Architetural Press, 2010. p. 42–55.

LARIVOIR, Laura do Carmo Baumgratz de Paula. **A utilização de sistemas BIM na fase de projeto de edificações para análise de impactos ambientais dos materiais de construção**. 2017. 95 f. - Universidade Federal do Rio de Janeiro, [s. l.], 2017.

LEA, G. *et al.* Identification and analysis of UK and US BIM standards to aid collaboration. *In*: , 2015. **Anais [...]**. [S. l.: s. n.], 2015. p. 505–516. Disponível em: <http://library.witpress.com/viewpaper.asp?pcode=BIM15-041-1>.

LEITE, Ellen Flávia Weis. **BIM - Um salto na engenharia de projetos**. [S. l.], 2016. Disponível em: <https://blogengenhariadeprojetos.blogspot.com/2016/11/bim-um-salto-na-engenharia-de-projetos.html>. Acesso em: 22 jul. 2025.

LI, Jian *et al.* Benefits of Building Information Modelling in the Project Lifecycle: Construction Projects in Asia. **International Journal of Advanced Robotic Systems**, [s. l.], v. 11, n. 8, 2014. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.5772/58447>.

LIU, Yan; VAN NEDERVEEN, Sander; HERTOOGH, Marcel. Understanding effects of BIM on collaborative design and construction: An empirical study in China.

International Journal of Project Management, [s. l.], v. 35, n. 4, p. 686–698, 2017. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0263786316300461>.

LOWE, R. H.; MUNCEY, J. M. Construction lawyer. **ConsensusDOCS 301 BIM Addendum**, [s. l.], v. 29, n. 1, p. 1–9, 2009.

LU, Weisheng; LAI, Chi Cheung; TSE, Tung. **BIM and Big Data for Construction Cost Management**. First edition. | Abingdon, Oxon: Routledge, 2019. |: Routledge, 2018. Disponível em: <https://www.taylorfrancis.com/books/9781351172318>.

MAIA, Heloíse Cunha; GALVÃO, Henrique Martins; MATIAS, Nelson Tavares. Metodologia Building Information Modelling – Bim Na Perspectiva De Profissionais De Órgão Público Estadual. **Revista Foco**, [s. l.], v. 17, n. 7, p. e5454, 2024.

MANZIONE, Leonardo. **Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM**. 2013. 343 f. - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, [s. l.], 2013. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-08072014-124306/>. Acesso em: 3 jun. 2025.

MARTINS, Jansen Zanini; BUZAR, Marcio Augusto Roma. Interoperabilidade no processo Building Information Modeling (BIM). **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, [s. l.], p. 92–118, 2023. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/arquitetura/building-information-modeling>.

MATIPA, Wilfred. **Total cost management at design stage using a building product model**. 2008. 277 f. - University of Galway, [s. l.], 2008.

MEDEIROS, Sanderson Carvalho Souza de. **Integração de projetos no ensino através de BIM: uma abordagem dos cursos de arquitetura e urbanismo da UFRN e da UFPB**. 2015. 128 f. - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia, [s. l.], 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/20240>. Acesso em: 20 jun. 2025.

MIETTINEN, Reijo; PAAVOLA, Sami. Beyond the BIM utopia: Approaches to the development and implementation of building information modeling. **Automation in Construction**, [s. l.], v. 43, p. 84–91, 2014. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0926580514000612>.

MIGILINSKAS, Darius *et al.* The benefits, obstacles and problems of practical bim implementation. **Procedia Engineering**, [s. l.], v. 57, n. December, p. 767–774, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2013.04.097>.

NASSAR, Khaled. Assessing Building Information Modeling Estimating Techniques Using Data from the Classroom. **Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice**, [s. l.], v. 138, n. 3, p. 171–180, 2012. Disponível em: <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29EI.1943-5541.0000101>.

NATIONAL BIM STANDARD. **NBIMS-US-3: 3 - Terms and definitions**. [S. l.: s. n.], 2015.

NBS. Digital Construction Report 2023. [s. l.], 2023. Disponível em: <https://www.thenbs.com/digital-construction-report-2023/>.

NUNES, G H; LEÃO, M. Estudo Comparativo de Ferramentas de Projetos entre o CAD Tradicional e a Modelagem BIM. **Revista de Engenharia Civil**, [s. l.], v. 55, n. 55, p. 47–61, 2018. Disponível em: <http://www.civil.uminho.pt/revista>.

PARANÁ. **Caderno BIM**. 11. ed. Curitiba: Secretaria de Estado de Infraestrutura e Logística, 2023.

PEREIRA, Alice Theresinha Cybis *et al.* Arquitetura - Ensino e Prática Projetual: As mudanças tecnológicas e seus desdobramentos. **4º CONAHPA**, [s. l.], 2009. Disponível em: <http://www.conahpa.org/wpcontent/themes/Conahpa/papers/final156.pdf>.

PETERS, Ewan. BIM and Geospatial Information System. *In*: HANDBOOK OF RESEARCH ON BUILDING INFORMATION MODELING AND CONSTRUCTION INFORMATICS: CONCEPTS AND TECHNOLOGIES. New York: Information Science Reference, 2009.

PIKAS, Ergo *et al.* Collaboration in design - Justification, characteristics and related concepts. **IGLC 2016 - 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction**, [s. l.], n. January, p. 143–152, 2016.

PMI. **Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK®)**. 5ª ed.ed. Newtown Square: [s. n.], 2013. Disponível em: www.pmi.org.

REIS, Fabia Jannefer do Carmo. **Processo de projeto BIM integrado: uma análise da interoperabilidade BIM e BPS**. 2023. 172 f. - Universidade de São Paulo, [s. l.], 2023. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-19042024-111018/publico/ME_FABIAJANNEFERDOCARMOREIS_rev.pdf. Acesso em: 16 jun. 2025.

ROMCY, Neliza Maria e Silva. **Abordagem paramétrica e ensino de projeto: proposição de diretrizes metodológicas, considerando estratégias curriculares e o atelier de projeto**. 2017. 316 f. - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, [s. l.], 2017.

SACKS, Rafael *et al.* **BIM Handbook**. [S. l.]: Wiley, 2018. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781119287568>.

SAKAMORI, Marcelo Mino. **Modelagem 5D (BIM) : processo de orçamentação com estudo sobre controle de custos e valor agregado para empreendimentos de construção civil**. 2015. 180 f. - Universidade Federal do Paraná, [s. l.], 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bpj.2015.06.056%0Ahttps://academic.oup.com/bioinformatics/article-abstract/34/13/2201/4852827%0Ainternal-pdf://semisupervised-3254828305/semisupervised.ppt%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.str.2013.02.005%0Ahttp://dx.doi.org/10.10>. Acesso em: 8 jun. 2025.

SALGADO, Monica Santos; CRUZ, Raíssa Bezerra de Almeida. Qualidade para adoção do BIM no setor público : estudo de caso em escritórios universitários. **7º**

Congresso Internacional A ERA BIM – SINAENCO, [s. l.], n. November 2024, 2025. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/388555257%0AQualidade>.

SANTOS, Eduardo Ribeiro dos. **Adoção da plataforma BIM no processo de aprovação de projetos de edificações : desafios e possibilidades**. 2018. 127 f. - Universidade Federal do Rio de Janeiro, [s. l.], 2018. Disponível em: <http://objdig.ufrj.br/21/teses/867559.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2025.

SANTOS, Luis André. **Processo BIM 4D, o que é?**. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://qualificad.com.br/o-que-e-bim-4d/>. Acesso em: 1 set. 2025.

SCHEER, Sergio; FILHO, Cervantes Gonçalves Ayres. Abordando a BIM em níveis de modelagem. *In: , 2009. Anais [...]*. [S. l.: s. n.], 2009. p. 591–601. Disponível em: <http://www.arquitetura.eesc.usp.br/ocs/index.php/SBQP2009/SBQP2009/paper/view/177>.

SENA, Tito Ceci de. **BIM Colaborativo: proposta de framework BIM para colabaração no desenvolvimento de projetos**. 2021. 258 f. - Universidade de São Paulo, [s. l.], 2021. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/102/102131/tde-02062021-084427/publico/DissCorrigidaTitoSena.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2025.

SOLIHIN, Wawan; EASTMAN, Charles; LEE, Yong Cheol. A framework for fully integrated building information models in a federated environment. **Advanced Engineering Informatics**, [s. l.], v. 30, n. 2, p. 168–189, 2016. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1474034616300234>.

SOTOVIA, Natasha. **Uso de BIM em projetos e obras de infraestrutura de transportes: Revisão sistemática de literatura**. 2022. 160 f. - Universidade Presbiteriana Mackenzie, [s. l.], 2022. Disponível em: <https://dspace.mackenzie.br/handle/10899/28930>. Acesso em: 24 jun. 2025.

SUCCAR, Bilal. Automation in Construction Building information modelling framework : A research and delivery foundation for industry stakeholders. [s. l.], v. 18, p. 357–375, 2009.

TELES, Dário; ROCHA, José. Utilização do BIM no desenvolvimento e integração de projetos : Estudo de caso de um residencial multifamiliar. [s. l.], p. 85, 2013. Disponível em: <https://dspace.doctum.edu.br/bitstream/123456789/1083/1/TCC - Dário Junior e José Nelson - BIM.pdf> . Acessado em: 28 de Fevereiro de 2023.

TORMA, Seppo. Semantic Linking of Building Information Models. *In: , 2013. 2013 IEEE Seventh International Conference on Semantic Computing*. [S. l.]: IEEE, 2013. p. 412–419. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/document/6693555/>.

TUFANINI, Augusto de Paula. **Diretrizes para apoio à tomada de decisão na implantação de BIM em prefeituras de pequeno porte**. 2024. 157 f. - Universidade Federal do Paraná, [s. l.], 2024. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/94472>. Acesso em: 1 jun. 2025.

UNDERWOOD, Jason; ISIKDAG, Umit. Emerging technologies for BIM 2.0. **Construction Innovation**, [s. l.], v. 11, n. 3, p. 252–258, 2011. Disponível em:

<http://www.emerald.com/ci/article/11/3/252-258/31184>.

WITICOVSKI, Lilian Cristine. **Levantamento de quantitativos em projeto: uma análise comparativa do fluxo de informações entre as representações em 2D e o modelo de informações da construção (BIM)**. 2011. 199 f. - Universidade Federal do Paraná, [s. l.], 2011. Disponível em: <https://hdl.handle.net/1884/27190>. Acesso em: 11 jun. 2025.

ZHENG, Linzi *et al.* Benefit sharing for BIM implementation: Tackling the moral hazard dilemma in inter-firm cooperation. **International Journal of Project Management**, [s. l.], v. 35, n. 3, p. 393–405, 2017.

ZHOU, Ying *et al.* Formulating Project-level Building Information Modeling Evaluation Framework from the Perspectives of Organizations: A Review. [s. l.], p. 44–55, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/317156149_Formulating_project-level_building_information_modeling_evaluation_framework_from_the_perspectives_of_organizations_A_review.

7. ANEXO A – LINK DO ARQUIVO FEDERADO

Link para visualização:

<https://autode.sk/4kW58CD>

