

LEONARDO DE ASSIS VIDIGAL

**CONTRIBUIÇÕES À ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE IMPLANTAÇÃO BIM NO
CONTEXTO DE OBRAS PÚBLICAS – ESTUDO DE CASO DA DIRETORIA DE
PROJETOS E OBRAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: José Maria Franco de Carvalho

Coorientadores: Kleos M. Lenz Cesar Jr.
Maria Cláudia S. Alvarenga

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2024**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

V653c
2024

Vidigal, Leonardo de Assis, 1979-
Contribuições à elaboração de um plano de implantação
BIM no contexto de obras públicas – estudo de caso da Diretoria
de Projetos e Obras da Universidade Federal de Viçosa /
Leonardo de Assis Vidigal. – Viçosa, MG, 2024.
1 dissertação eletrônica (105 f.): il. (algumas color.).

Orientador: José Maria Franco de Carvalho.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Engenharia Civil, 2024.

Referências bibliográficas: f. 101-105.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2024.490>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Universidade Federal de Viçosa. Pró-Reitoria de
Administração. Diretoria de Projetos e Obras. 2. Modelagem de
informação da construção. 3. Administração de projetos.
4. Custos. I. Carvalho, José Maria Franco de, 1979-.
II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia
Civil. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.
III. Título.

CDD 22. ed. 690.0684


LEONARDO DE ASSIS VIDIGAL

**CONTRIBUIÇÕES À ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE IMPLANTAÇÃO BIM NO
CONTEXTO DE OBRAS PÚBLICAS – ESTUDO DE CASO DA DIRETORIA DE
PROJETOS E OBRAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA**


Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 17 de maio de 2024.

Assentimento:

Documento assinado digitalmente
 LEONARDO DE ASSIS VIDIGAL
Data: 13/08/2024 21:28:22-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Leonardo de Assis Vidigal
Autor

Documento assinado digitalmente
 JOSE MARIA FRANCO DE CARVALHO
Data: 14/08/2024 06:25:32-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

José Maria Franco de Carvalho
Orientador

AGRADECIMENTOS

À Deus por me capacitar e abrir caminhos;

À Universidade Federal de Viçosa, pela referência e ensinamentos proporcionados desde a graduação, passando pelo privilégio de ser um funcionário desta instituição de excelência, e com oportunidade de cursar o mestrado;

Aos colegas da PAD e DPO pelo companheirismo e profissionalismo;

Ao meu orientador, professor José Maria Franco de Carvalho, pela confiança e ensinamentos que muito contribuíram para a minha formação;

Ao meu coorientador, professor Kleos Magalhães Lenz Cesar Junior pela atenção e ensinamentos;

À minha coorientadora, professora Maria Cláudia de Sousa Alvarenga, pelas sugestões e ensinamentos;

Ao professor Heder Martins de Paula pela participação na banca de defesa e pelas sugestões e contribuições;

Aos meus pais, Miguel e Neli e meu irmão Rui (em memória), pelas lembranças e ensinamentos de ética e retidão. Ao meu irmão Miguel pelo companheirismo;

Aos meus filhos Julia e Miguel que são um presente de Deus e os combustíveis para vencer as dificuldades;

A minha esposa Márcia, pelo incentivo, companheirismo e o suporte para continuar vencendo os desafios.

RESUMO

VIDIGAL, Leonardo de Assis, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, maio de 2022. **Contribuições à Elaboração de um Plano de Implantação BIM no Contexto de Obras Públicas – Estudo de Caso da Diretoria de Projetos e Obras da Universidade Federal de Viçosa.** Orientador: José Maria Franco de Carvalho. Coorientadores: Kleos Magalhães Lenz Cesar Jr. e Maria Claudia Sousa Alvarenga.

A Modelagem da Informação da Construção (*Building Information Modeling - BIM*) é uma metodologia para projetar, construir e gerenciar, fortalecendo a indústria da construção, um dos maiores setores econômicos do mundo. A implantação da metodologia BIM pode trazer benefícios, tais como aprimoramento da qualidade final dos projetos, redução de custos e otimização, com destaque ao seu potencial de impactar de forma positiva o cumprimento dos prazos de entrega. Nesse sentido, este trabalho contribuiu para a elaboração de Planos de Implantação BIM a partir de um estudo de aplicação na Diretoria de Projetos e Obras (DPO) da UFV. A metodologia incluiu a avaliação da situação atual do desenvolvimento de projetos na DPO e a identificação de dificuldades e oportunidades de melhoria no contexto da implantação do BIM. O projeto da construção da sede da Justiça Federal foi escolhido como estudo de caso, onde foi realizada a elaboração dos projetos em arquivo nativo, conjuntamente com a geração do modelo, sendo feita a compatibilização do projeto de arquitetura e os projetos complementares de estrutura, hidrossanitário, elétrico, dados e Projeto de Combate a Incêndio e Pânico (PCIP). Foram gerados os modelos dos projetos utilizando protocolo *Industry Foundation Classes (IFC)* e Ambiente Comum de Dados para verificação das interferências e comunicação entre a equipe do projeto. Foi constatado com a execução do projeto utilizando a metodologia BIM as seguintes vantagens: aumento significativo do nível de detalhamento dos projetos; maior interação dos projetistas com as demais disciplinas; compatibilização dos projetos; maior facilidade de visualização das interferências com a utilização dos modelos; correção das incompatibilidades na fase de projeto; e facilidade e registro da comunicação entre os membros da equipe através das notas *BIM Collaboration Format (BCF)*. No entanto, foi observado um aumento do tempo para elaboração do projeto utilizando a metodologia BIM. O custo de aquisição do ferramental computacional e adequação das instalações físicas, tais como reforma do segundo pavimento do prédio, com alteração do layout existente transformando o mesmo em

escritório panorâmico, são apontados com um grande limitador. Apesar de representar uma fração reduzida diante do montante licitado, aportes financeiros para este fim são escassos. Todos os modelos gerados foram carregados adequadamente, não sendo observados problemas com interoperabilidade. O estudo de aplicação foi bem-sucedido, demonstrando a eficácia da metodologia proposta.

Palavras-chave: Compatibilização de projetos. Interoperatividade. Ambiente comum de Dados. Otimização de Custo. Otimização de Prazo.

ABSTRACT

VIDIGAL, Leonardo de Assis, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, May, 2024. **Contributions to the Preparation of a BIM Implementation Plan in the Context of Public Works – Case Study of the Projects and Works Directorate of the Federal University of Viçosa.** Advisor: José Maria Franco de Carvalho. Co-advisors: Kleos Magalhães Lenz Cesar Jr. and Maria Cláudia Sousa Alvarenga.

Building Information Modeling (BIM) is a method for designing, constructing, and managing projects that strengthens the construction industry, one of the largest economic sectors globally. Implementing BIM can offer benefits like improved project quality, cost reduction, and optimization, particularly by positively impacting project deadlines. This study contributed to the development of BIM Implementation Plans through a case study at the Directorate of Projects and Works (DPO) at UFV. The methodology involved evaluating the current state of project development at the DPO and identifying challenges and opportunities for improvement related to BIM implementation. The Federal Justice headquarters construction project was chosen as a case study, where project designs were created in native file formats alongside the generation of the model, ensuring compatibility between architectural designs and complementary projects for structure, plumbing, electrical, data, and Fire and Panic Prevention Project (PCIP). Models were generated using the Industry Foundation Classes (IFC) protocol and Common Data Environment to check for clashes and facilitate communication among the project team. The following advantages were noted from using BIM: significantly higher project detailing; better interaction among designers from different disciplines; project compatibility; easier visualization of clashes using the models; correction of incompatibilities during the design phase; and easier communication and record-keeping among team members using BIM Collaboration Format (BCF) notes. However, an increase in project development time using BIM was observed. The cost of acquiring software tools and adapting physical spaces, such as renovating the second floor of the building by altering the existing layout to create an open office, was identified as a significant limitation. Despite representing a small fraction of the total budget, financial support for this purpose is scarce. All generated models were properly loaded, with no interoperability issues observed. The application study was successful, demonstrating the effectiveness of the proposed methodology.

Keywords: Project Compatibility. Interoperability. Common Data Environment. Cost Optimization. Schedule Optimization.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Fases dos projetos arquitetônicos e complementares da edificação pela NBR 16636-2..... | 19 |
| Figura 2 – Fases dos projetos arquitetônicos e complementares da edificação pela NBR 16636-2..... | 23 |
| Figura 3 – Projeto arquitetônico LDH - Pavimento térreo..... | 30 |
| Figura 4 – Projeto arquitetônico LDH - Fachadas..... | 31 |
| Figura 5 – Projeto Arquitetônico Observatório – Primeiro Pavimento..... | 32 |
| Figura 6 – Projeto arquitetônico Observatório – Segundo Pavimento..... | 33 |
| Figura 7 – Projeto arquitetônico Observatório – Terceiro Pavimento..... | 33 |
| Figura 8 – Vista da estrutura de madeira da cobertura retirada do modelo..... | 36 |
| Figura 9 – Estrutura de madeira da cobertura executada..... | 36 |
| Figura 10 – Detalhe da chapa de ligação dos elementos da estrutura de cobertura proposta no projeto e detalhada via modelo..... | 37 |
| Figura 11 – Detalhe da chapa de ligação dos elementos da estrutura da cobertura executada..... | 37 |
| Figura 12 – Planta de Situação Nova sede da Subseção Judiciária de Viçosa..... | 40 |
| Figura 13 – Planta Baixa do pavimento Térreo DPO/DIM..... | 43 |
| Figura 14 – Planta Baixa do primeiro pavimento DPO/DIM..... | 44 |
| Figura 15 – Planta Baixa do segundo pavimento DPO/DIM..... | 44 |
| Figura 16 – Brises na Fachada NO - Vedação..... | 45 |
| Figura 17 – Valores (em real) contratados por ano (2019 a 2023)..... | 48 |
| Figura 18 – Fluxograma 1: Fluxo Sintético de Projeto – DPO..... | 54 |
| Figura 19 – Fluxograma 2: Fluxo Analítico das etapas de Projeto – DPO..... | 55 |
| Figura 20 – Fluxograma 3: Fluxo de processos de compatibilização de projetos..... | 56 |
| Figura 21 – Níveis de trabalho..... | 60 |
| Figura 22 – Especificação do quadrante de desenvolvimento projetual e representação do nível 0 do eixo Z..... | 64 |
| Figura 23 – Proposta para nomenclatura de arquivos: esquema da estrutura com indicação dos campos..... | 70 |
| Figura 24 – Vista do terreno para construção da nova sede da Justiça Federal..... | 76 |
| Figura 25 – Vista da Fachada Principal..... | 77 |
| Figura 26 – Vista superior..... | 77 |

| | |
|--|----|
| Figura 27 – Vista da fachada principal | 78 |
| Figura 28 – Fachada principal | 78 |
| Figura 29 – Planta de Situação | 79 |
| Figura 30 – Planta do pavimento Térreo | 80 |
| Figura 31 – Planta do Primeiro Pavimento | 80 |
| Figura 32 – Planta do Segundo Pavimento | 81 |
| Figura 33 – Planta do pavimento cobertura | 81 |
| Figura 34 – Planta com os cortes..... | 82 |
| Figura 35 – Fachada | 82 |
| Figura 36 – Corte do pavimento térreo do modelo de arquitetura | 83 |
| Figura 37 – Corte do 1 pavimento do modelo de arquitetura | 83 |
| Figura 38 – Corte do 2 pavimento do modelo de arquitetura | 84 |
| Figura 39 – Modelo da estrutura da edificação e rampa de acesso | 84 |
| Figura 40 – Modelo PCIP | 85 |
| Figura 41 – Modelo projeto Hidráulico e Sanitário..... | 85 |
| Figura 42 – Modelo Projeto de Elétrico e dados..... | 86 |
| Figura 43 – Compatibilização estrutura, arquitetura e instalação elétrica | 86 |
| Figura 44 – Pilares do primeiro pavimento..... | 87 |
| Figura 45 – Verificação dos pilares do 1 pavimento que nascem na viga de transição | 88 |
| Figura 46 – Verificação das prumadas de água pluvial..... | 88 |
| Figura 47 – Compatibilização barrilete com a cobertura | 89 |
| Figura 48 – Compatibilização luminárias no segundo pavimento..... | 89 |
| Figura 49 – Facilidade de visualização das interferências, com a tubulação de água fria exposta..... | 90 |
| Figura 50 – Notas BCF..... | 90 |
| Figura 51 – Custos por fase da obra | 91 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 1– Planilha de controle de revisões utilizada durante a fiscalização do contrato de execução da reforma..... | 31 |
| Quadro 2 – Planilha de controle de revisões utilizada durante a fiscalização do contrato de execução da Obra do Observatório..... | 34 |
| Quadro 3 – Cronograma proposto com definição de prazos e equipe para execução do projeto. | 42 |
| Quadro 4 – Equipe de Projeto..... | 58 |
| Quadro 5 – Matriz Colaborativa tarefa x responsabilidade..... | 59 |
| Quadro 6 – Matriz de compatibilização | 61 |
| Quadro 7 – Proposta para nomenclatura de arquivos..... | 70 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Fases e etapas do projeto | 19 |
| Tabela 2 – Análise comparativa entre as planilhas de acompanhamento da execução da obra de reforma do LDH e da Obra de construção do Observatório..... | 35 |
| Tabela 3 – Projetos e licitações realizadas em 2019 | 45 |
| Tabela 4 – Projetos e licitações realizadas em 2020 | 46 |
| Tabela 5 – Projetos e licitações realizadas em 2021 | 47 |
| Tabela 6 – Projetos e licitações realizadas em 2022 | 47 |
| Tabela 7 – Projetos e licitações realizadas em 2023 | 47 |
| Tabela 8 – Softwares utilizados pela equipe de projeto | 50 |
| Tabela 9 – Sigla das unidades..... | 71 |
| Tabela 10 – Código das disciplinas..... | 71 |
| Tabela 11 – Etapa do projeto..... | 72 |
| Tabela 12 – Identificação dos elementos do projeto estrutural | 72 |
| Tabela 13 – Identificação dos arquivos da estimativa orçamentária | 73 |
| Tabela 14 – Identificação dos arquivos da fiscalização..... | 73 |
| Tabela 15 – Identificação dos elementos do projeto hidrossanitário | 73 |
| Tabela 16 – Identificação dos elementos do projeto elétrico e dados..... | 74 |
| Tabela 17 – Identificação dos elementos do projeto de agrimensura | 74 |
| Tabela 18 – Vantagens e desvantagens observadas com a elaboração do projeto piloto..... | 96 |

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 14 |
| 2. OBJETIVOS | 17 |
| 3. EMBASAMENTO TEÓRICO | 18 |
| 3.1 Fases de execução do processo de projeto | 18 |
| 3.2 Estudo Preliminar | 20 |
| 3.3 Anteprojeto | 20 |
| 3.4 Projeto legal / projeto básico | 21 |
| 3.5 Projeto executivo | 22 |
| 3.6 <i>Building Information Modeling (BIM)</i> | 22 |
| 3.7 Arquivo Nativo | 24 |
| 3.8 IFC | 25 |
| 3.9 Compatibilização de Projetos | 26 |
| 3.10 BIM e legislação brasileira | 27 |
| 3.11 Modelagem da Informação da Construção em obras da UFV | 29 |
| 4. MATERIAIS E MÉTODOS | 39 |
| 4.1 Avaliação e diagnóstico da situação corrente no contexto da elaboração de projetos na UFV | 39 |
| 4.2 Proposição de metodologias e padrões de trabalho | 39 |
| 4.3 Estudos de aplicação da metodologia proposta | 40 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 43 |
| 5.1 Diagnóstico da situação corrente no contexto da elaboração de projetos na UFV | 43 |
| 5.1.1 <i>Infraestrutura física</i> | 43 |
| 5.1.2 <i>Projetos orçados e desenvolvidos no período 2019-2023</i> | 45 |
| 5.1.3 <i>Avaliação de ferramental computacional</i> | 48 |
| 5.1.4 <i>Classificação do estágio atual de maturidade BIM</i> | 50 |
| 5.2 Metodologias e padrões de trabalho | 51 |
| 5.2.1 <i>Fluxograma das atividades de engenharia simultânea e compatibilização para cada fase de projeto.</i> | 52 |
| 5.2.2 <i>Nível de informação e nível de detalhe baseado no sistema de classificação NBR 15965</i> | 57 |
| 5.2.3 <i>Equipe de elaboração de projeto</i> | 57 |
| 5.2.4 <i>Matriz de responsabilidades</i> | 59 |
| 5.2.5 <i>Níveis de trabalho das disciplinas de projeto</i> | 59 |

| | |
|--|-----|
| 5.2.6 Matriz de compatibilização das disciplinas e lista de verificações | 61 |
| 5.2.7 Sistema de medida, ponto de referência (pontos base de projeto) e georreferenciamento..... | 63 |
| 5.2.8 Permissões do projeto | 65 |
| 5.2.9 Formatos de colaboração | 65 |
| 5.2.10 Ambiente comum de dados | 66 |
| 5.2.11 Nomenclatura de arquivos | 69 |
| 5.2.12 Estilos de modelo (templates)..... | 74 |
| 5.3 Estudo de aplicação | 75 |
| 5.3.1 Plantas e maquetes eletrônicas..... | 76 |
| 5.3.2 Modelo do projeto no AltoQi Visus Collab..... | 83 |
| 5.3.3 Orçamentação | 91 |
| 5.4 Discussão..... | 91 |
| 6. CONCLUSÕES | 99 |
| REFERÊNCIAS..... | 101 |

1. INTRODUÇÃO

A problemática da fragmentação da equipe de desenvolvimento de projetos na arquitetura e engenharia é uma das principais causas das incompatibilidades encontradas em diversos projetos. Devido a esta fragmentação e à falta da compatibilização entre as diversas disciplinas que compõem o projeto, diversos serviços em uma obra que precisam ser refeitos e geram retrabalho, atrasos e acréscimo no custo das obras (Ferreira *et al.*, 2022).

Para reduzir as incompatibilidades entre os diversos projetos é necessário que esses sejam compatibilizados. Segundo Kumanayake e Bandara (2012), a falta de integração e coordenação dos projetos favorecem os erros na integração das disciplinas e proporcionam problemas futuros na qualidade final do serviço. Esses problemas futuros estão associados, por exemplo, a conflitos entre instalações hidráulicas, instalações elétricas, elementos estruturais e arquitetônicos (Arayici *et al.*, 2009).

Além disso, é importante levar em consideração a coordenação das informações entre as partes envolvidas durante o processo de compatibilização. Essas partes envolvidas, também chamadas de *stakeholders*, são um conjunto de entidades ou pessoas com interesses nos resultados, que podem afetar de forma direta ou indireta, positivamente ou negativamente, o planejamento e a execução do projeto (Paiva, 2016).

A fim de promover a redução de erros, retrabalhos, custos e prazos, o uso da Modelagem da Informação da Construção (BIM) é uma alternativa promissora. BIM é um processo para planejar, projetar, construir, usar e manter uma edificação a partir de um modelo de informação normalizado que contém os dados necessários (NIBMS, 2007). O BIM está à frente dos esforços de digitalização na indústria da construção (SHIROWZHAN *et al.*, 2020) e o seu mercado deverá crescer a uma taxa composta de crescimento anual de 12,5%, passando de US\$ 5,4 bilhões em 2020 para US\$ 10,7 bilhões em 2026 (Markets and Markets, 2022).

Segundo Eadie *et al.* (2013), dentre os maiores beneficiários do BIM estão os clientes, os gestores de manutenção e operação, bem como os contratantes, que têm acesso contínuo a dados atualizados do projeto por meio de um ambiente comum de dados (*Common Data Environment* - CDE). Como o setor público assume papéis

desde as contratações até a sua utilização, esses benefícios podem resultar em maior eficiência na aplicação dos recursos públicos.

A utilização do BIM promove a redução dos prazos e retrabalho ao longo de todo o ciclo do projeto e principalmente do tempo necessário para a revisão de projetos em função de problemas na compatibilização. Além de melhorar a comunicação entre a equipe responsável pelo desenvolvimento do projeto, o uso do BIM facilita o entendimento e busca aperfeiçoamento das soluções técnicas incorporadas no projeto.

Porém, Sheik *et al.* (2023) reportaram que apesar do BIM ser uma ferramenta intrínseca na gestão de projetos de construção devido à sua capacidade de representar informações de forma abrangente em formato digital, o seu uso como ferramenta de troca de informações ainda é restrito, especialmente no que diz respeito ao monitoramento do progresso da construção, além das informações de cronograma.

A implantação da Modelagem da Informação da Construção para desenvolvimento de projetos no contexto de obras públicas em ambientes universitários tem especificidades que precisam ser endereçadas de forma adequada, porém não são encontradas na literatura proposições e estudos sistemáticos neste tema.

O atual cenário da Universidade Federal de Viçosa (UFV) no setor da construção civil conta com uma expansão que vem ocorrendo desde a sua adesão ao plano de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (REUNI), que foi instituído pelo Decreto nº 6.096, de 24 de abril de 2007 (Brasil, 2007), proposto pelo Ministério da Educação. Além do REUNI, a instituição conta com outras fontes de recursos oriundos de Programas de Ministérios, emendas parlamentares, convênios e projetos de pesquisa que envolvem realização de Obras, e Reformas nos três *campi* da instituição. Devido ao grande número de projetos e a localização dos outros campi em outras cidades, a implementação do modelo BIM poderá contribuir para maior eficiência das questões relacionadas à execução das obras que envolvem serviços especializados de arquitetura, de engenharia, de controle, fiscalização e manutenção das edificações.

Neste contexto, este trabalho teve por objetivo trazer contribuições na construção de Planos de Implantação do BIM no contexto da gestão pública, por meio de estudo de aplicação na Diretoria de Projetos e Obras (DPO) da UFV. Tal iniciativa visa contribuir na redução de incompatibilidades entre as diversas disciplinas

envolvidas nos projetos, tornando mais ágil o desenvolvimento e a verificação de cada etapa do trabalho, em atendimento ao Decreto n° 10.306, de 2 de abril de 2020 (Brasil, 2020). Para tanto, foi avaliada a situação do desenvolvimento de projetos da DPO, levantando dificuldades e oportunidades de melhoria no contexto da implantação BIM, contribuindo na elaboração de metodologias para compor seu próprio Plano.

2. OBJETIVOS

O objetivo geral deste estudo foi propor procedimentos e ações para a implantação da metodologia BIM no contexto de obras públicas, como contribuições à elaboração de Planos de Implantação BIM, a partir do estudo de caso da Diretoria de Projetos e Obras da Universidade Federal de Viçosa.

Os objetivos específicos foram:

- Avaliar a infraestrutura e práticas correntes da Diretoria de Projetos e Obras da Universidade Federal de Viçosa no contexto da elaboração de projetos, diagnosticando quanto ao seu nível de maturidade BIM.
- Propor metodologias e padrões de trabalho, de modo a aperfeiçoar as práticas correntes com vistas a atingir dos níveis mais elevados de maturidade BIM.
- Aplicar as metodologias e padrões propostos em um projeto piloto, avaliando a efetividade das ações propostas.

3. EMBASAMENTO TEÓRICO

3.1 Fases de execução do processo de projeto

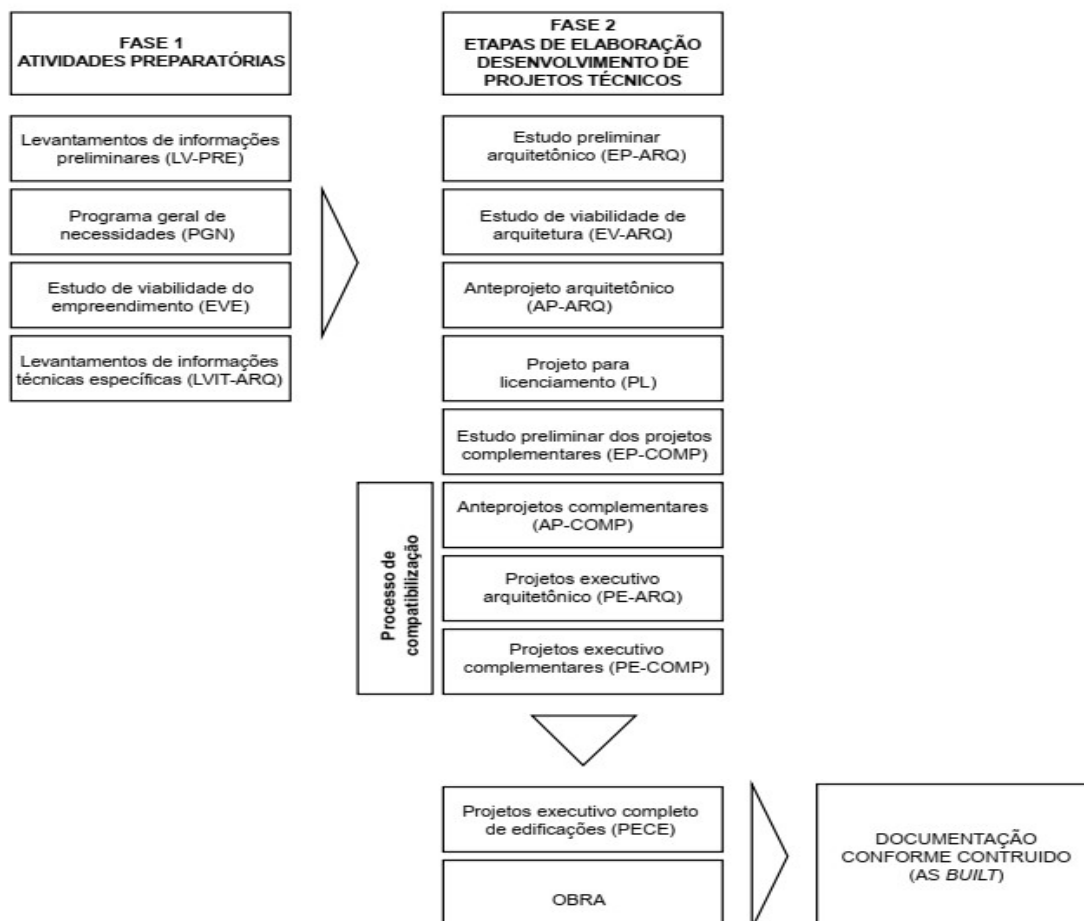
Os projetos de construção são complexos, desafiadores e estão em constante evolução. Para garantir a conclusão bem-sucedida do projeto, todas as fases do ciclo de vida devem ser adequadamente compreendidas e gerenciadas. As fases de execução do processo de projeto seguem uma sequência cronológica coordenando e integrando as diversas etapas e as atividades complementares de diversas especialidades durante seu desenvolvimento. Esta fase é precedida por uma relação hierárquica entre as diversas disciplinas, sendo o projeto arquitetônico responsável pela orientação a ser seguida durante a execução. Desta forma, na etapa inicial do projeto de edificações, a disciplina de arquitetura possui ênfase em seu desenvolvimento (Brunetto, 2020; Fabrício; Baía; Melhado, 1998).

De acordo com a NBR 16636-2 (ABNT, 2017), o processo de projeto possui uma abordagem centralizada no projeto arquitetônico, seguido pelos projetos estruturais e complementares, tendo uma sequência organizada e crescente de captação de informações e desenvolvimento de soluções (Figura 1). Em cada etapa existe um contínuo inter-relacionamento de interdependência entre as diferentes especialidades envolvidas na elaboração do projeto executivo completo da edificação, conforme definido na ABNT NBR 16636-1 (2017). Na Tabela 1 estão listadas as fases e etapas do projeto.

Embora a norma estabeleça as fases e as etapas organizadas em sequência predeterminada e envolvidas no processo de projeto, diversos autores recomendam a simplificação dessas etapas para facilitar o seu desenvolvimento. Rodriguez e Heineck (2002) apresentam um modelo do processo de projetos de edificações contendo seis etapas: planejamento e concepção do empreendimento; estudo preliminar; anteprojeto; projetos legais; projetos executivos; e acompanhamento da execução e uso. Esse modelo é genérico e aplicável a qualquer processo de projeto sobre a ótica da empresa contratantes e projetistas (Rodrigues; Heineck, 2006). Silva e Novaes (2008) definiram as quatro etapas envolvidas na execução do processo de projeto, baseadas na literatura. Essas etapas seguem quatro estágios básicos distintos para seu avanço, que envolvem diversos agentes participantes e etapas

sequenciais na sua concepção, desenvolvimento e comunicação aos envolvidos: Estudo Preliminar; Anteprojeto; Projeto Legal; e Projeto Executivo.

Figura 1 – Fases dos projetos arquitetônicos e complementares da edificação pela NBR 16636-2



Fonte: NBR 16636-2 (ABNT, 2017).

Tabela 1 – Fases e etapas do projeto

| Fases e etapas do projeto | |
|---|-------------------------------|
| Fase | Etapa |
| Concepção do produto | Levantamento de dados (LV) |
| | Programa de necessidades (PN) |
| | Estudo de viabilidade (EV) |
| Definição do produto | Estudo preliminar (EP) |
| | Anteprojeto (AP) |
| Identificação e solução de interfaces | Projeto legal (PL) |
| | Projeto básico (PB) |
| | Projeto executivo (PE) |
| Projeto de detalhamento de especialidades | Projeto executivo (PE) |
| Pós-entregado projeto | |

Fonte: O autor, adaptado de NBR 16636-2 (ABNT, 2017).

3.2 Estudo Preliminar

O estudo preliminar caracteriza a fase inicial do processo de projeto, referindo-se diretamente à coleta de informações técnicas, físicas, legais, jurídico, econômico financeiro, entre outros, que impactam diretamente na adoção de soluções para o projeto (Brunetto, 2020). Trata-se da configuração inicial da solução arquitetônica proposta (partido arquitetônico), considerando as principais exigências contidas no relatório de viabilidade técnica e levantamento de dados (Cambiaghi; Amá, 2006).

Segundo Limmer (2012), o estudo preliminar refere-se à concepção inicial do produto, abrangendo de forma ampla as necessidades para execução da edificação. Durante este processo, diversas verificações devem ser analisadas como estudos de viabilidade técnica, financeira e programa de necessidades, tendo em vista que estas informações são cruciais durante a evolução dos trabalhos.

O estudo preliminar envolve a primeira compatibilização com os estudos preliminares de estrutura, de instalações hidrossanitárias e preventivas de incêndio, de instalações elétricas e o controle desse estudo. Nesta etapa é realizada a análise dos projetos, permitindo identificar os pontos críticos e se existe algum tipo de conflito decorrente da sobreposição dos projetos (Peña; Franco, 2006). O estudo preliminar deve fornecer as alternativas em relação às possibilidades tecnológicas e construtivas do projeto.

3.3 Anteprojeto

A etapa de anteprojeto diz respeito a segunda compatibilização e desempenha papel importante durante o processo de projeto, realizando o processamento das informações coletadas durante a fase de estudo preliminar, resultando na convergência destes dados em soluções a serem analisadas e legitimadas perante aos envolvidos (Brunetto, 2020).

Nessa etapa surgem plantas mais detalhadas, com definições mais refinadas. O nível de desenvolvimento do modelo adquire uma maturidade um pouco maior que a fase anterior, e o produto final é um modelo tridimensional consolidado nos níveis de desenvolvimento estabelecidos. Quantitativos básicos relativos à fase de projeto já podem ser extraídos desse modelo e utilizados pela equipe de orçamento (Addor et

al., 2015). A concepção do anteprojeto deve ser desenvolvida de forma integrada e multidisciplinar para acarretar menos modificações ao longo do processo do projeto.

Para Silva e Souza (2003), o anteprojeto implementa a consolidação das informações reunidas em estudo preliminar, conferindo forma as soluções encontradas entre as diversas disciplinas, resultando de forma sintetizada em um conjunto de documentos técnicos por meio de representações gráficas e documentais, permitindo uma evolução nos processos de planejamento, estimativas de custo e qualidade do produto final.

3.4 Projeto legal / projeto básico

A etapa seguinte ao anteprojeto é o projeto legal/projeto básico, que tem o objetivo de regularizar perante aos órgãos públicos, sua viabilidade técnica, assim como garantir padrões mínimos de exigência determinados pela administração pública e normativas técnicas, outorgando responsabilidade aos responsáveis técnicos pelo seu desenvolvimento e execução (Brunetto, 2020). Nessa fase, há o desenvolvimento mais aprofundado do anteprojeto, objetivando a interação com todos os projetos complementares que são formatados dentro dos padrões exigidos pelos seus órgãos fiscalizadores.

O projeto básico tem caráter regulatório, devendo ser desenvolvido seguindo as diretrizes para aprovação nos órgãos (municipais, como prefeitura, entre outros; estaduais e federais), conforme cada caso e nas concessionárias públicas competentes, conforme as características do projeto (energia elétrica e de gás; água e esgoto; telefonia e dados etc.) (Addor *et al.*, 2015).

A NBR 16636-2 (ABNT, 2017) preconiza que a etapa de projeto legal deve contemplar a representação das informações técnicas necessárias e devidas para sua aprovação conforme os trâmites técnicos, jurídicos e legais através de entidade competente, sendo esta etapa de fundamental importância na obtenção da documentação básica para operação da edificação.

3.5 Projeto executivo

O projeto executivo, última fase do processo, é definido como projeto completo de edificação contendo todas as informações e características técnicas relevantes ao projeto, como métodos construtivos e especificações técnicas. Nessa etapa é gerado um conjunto de documentos totalmente compatibilizados, incluindo representações gráficas, memoriais técnicos, memórias de cálculo e demais informações técnicas essenciais à fase de execução e operação da edificação (ABNT, 2017).

Essa etapa envolve os itens pertencentes ao projeto executivo de forma detalhada e busca representar os projetos graficamente por meio de plantas baixas, cortes e outros elementos gráficos, assim como garantir a qualidade e operação da edificação por meio de manuais e cadernos de especificações (Brunetto, 2020).

Os agentes envolvidos nessa fase são o arquiteto, o projetista de estrutura, de instalações, demais projetistas e consultores necessários. Nessa fase, o nível de desenvolvimento do modelo adquire a maturidade acordada para a fase de projeto, podendo ser extraído dele quaisquer documentos necessários para a boa execução da obra. Os quantitativos a serem extraídos desse modelo podem consolidar o orçamento final da fase de projeto, bem como o planejamento da obra (Addor *et al.*, 2015).

3.6 *Building Information Modeling* (BIM)

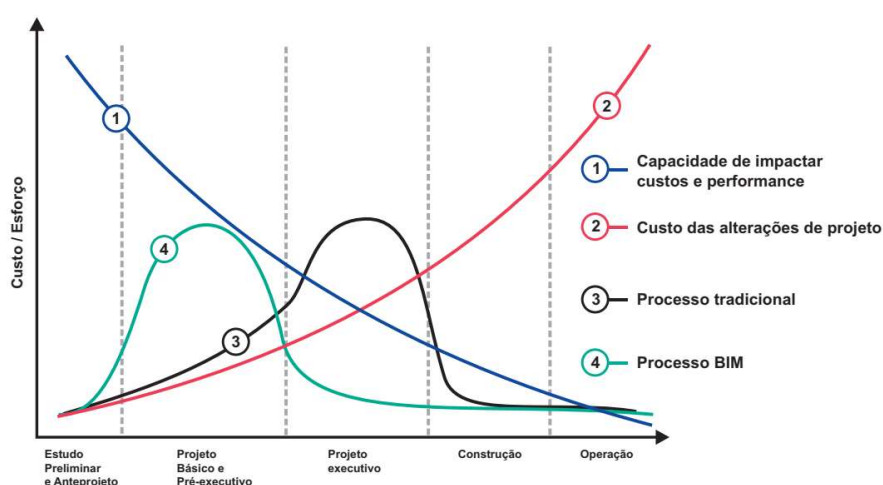
O setor da construção civil vem sofrendo mudanças significativas nos países em desenvolvimento, onde os projetos de construção geralmente enfrentam vários desafios, incluindo a não conclusão, atrasos no cronograma, estouros orçamentários, qualidade insatisfatória e uma grande chance de não atingir as metas pretendidas (Olanrewaju *et al.*, 2022; Kissi *et al.*, 2015). Diante disso, uma metodologia eficiente de gestão do ciclo de vida de um projeto de construção bem-sucedido como *Building Information Modeling* (BIM) - Modelagem da Informação da Construção, deve ser implementado em todas as fases do ciclo de vida do projeto para maior eficiência, sem comprometer o padrão.

O BIM é uma metodologia de trabalho baseada em processos colaborativos, multi e interdisciplinares, envolvendo profissionais de diversas disciplinas, como arquitetura, engenharias, tecnologia da informação, entre outros, por meio do uso de

diferentes plataformas tecnológicas (Lima, 2018). Na fase do projeto executivo, os desenhos gerados em 2D podem ser enriquecidos com apresentações parciais e totais em 3D, facilitando a visualização do projeto, tornando mais compreensível inclusive no processo de execução das obras (Addor *et al.*, 2015).

Nas obras, a plataforma BIM pode ajudar a atender as exigências de maior assertividade nos custos, planejamento mais eficaz, melhor controle de prazos, com menos desperdício e com mais qualidade. Comprovadamente, as modelagens paramétricas em 3D, geradas através de softwares BIM, podem proporcionar uma redução de custos de elaboração (redução de tempo) de aproximadamente 80% a 84%, além de um potencial ganho de produtividade estimado em 15% a 41% em horas para a produção de desenhos (Doubouya; Gao; Guan, 2016). Segundo Melhado e Agopyan (1995), as decisões tomadas nas fases iniciais do empreendimento são importantes e constituem a principal participação na redução dos custos de falhas no empreendimento, conforme representado na Figura 2.

Figura 2 – Fases dos projetos arquitetônicos e complementares da edificação pela NBR 16636-2



Fonte: ADDOR *et al.* (2015).

Durante a fase de projeto, muitas informações são trocadas entre os diversos envolvidos à medida em que os projetos vão sendo elaborados. O processo BIM pressupõe colaboração e troca de informações mais frequentes do que o processo tradicional, o que é um dos pressupostos para o bom desenvolvimento dos modelos das diversas especialidades. No processo BIM, existe uma antecipação das decisões de projeto de fases futuras para fases iniciais e um volume maior de decisões é tomado no início da concepção (Addor *et al.*, 2015).

Segundo Baia *et al.* (2014), com o planejamento da obra por meio da utilização de softwares BIM fica mais fácil organizar a obra, diminuindo seu tempo e otimizando o canteiro de obras. Essas questões geralmente são pensadas somente durante a obra, e com a adoção do BIM passam a ser analisadas durante o anteprojeto, com a inserção das informações no modelo no momento correto. Desta forma, mais tempo e esforços são dedicados na execução do anteprojeto para um melhor planejamento da execução da obra e escolha de materiais.

O método BIM 3D permite que todos os profissionais envolvidos no projeto possam trabalhar em um projeto central único, onde o fluxo de comunicação acontece através de arquivos *Industry Foundation Classes* (IFC). Desta forma, para melhorar a troca de informações durante a elaboração dos projetos das diferentes disciplinas, aconselha-se o uso de relatórios colaborativos via BCF com imagens vinculadas de modo dinâmico ao modelo. Tais relatórios possuem registros de informações importantes, apontamentos, problemas, soluções, além de agregar funções de comunicação de responsabilidades e prazos (Brasil, 2017a).

3.7 Arquivo Nativo

Atualmente, uma variedade de softwares no mercado opera com base no conceito BIM. Os arquivos gerados por esses softwares apresentam um formato nativo ou proprietário. Por exemplo, o arquivo proprietário do Revit® é o RVT. Para o processo básico de modelagem BIM, inicialmente deve-se escolher um componente – ou Objeto BIM – em bibliotecas, que podem ser objetos nativos dos aplicativos de modelagem ou criados pelo próprio usuário (por exemplo, um formato padrão da indústria) (Sena, 2019).

Para a integração em um mesmo projeto de sistemas algorítmicos e BIM, é importante considerar fluxos de trabalho diferentes para a conversão de geometrias criadas no Rhinoceros-GH em um software BIM, como o Archicad® ou o Revit®. Segundo Iasbik *et al.* (2020), a decisão sobre a transição entre plataformas geralmente resume-se à necessidade de transferência de dados. Para esses autores, de acordo com o objetivo do projeto, em determinados momentos é válido importar geometrias sem o consumo de tempo para traduzir os dados atribuídos a estas. Em outros, é importante criar geometria e dados nativos para utilizar as ferramentas de documentação de software BIM ou permitir a edição do modelo após sua inserção.

3.8 IFC

O aproveitamento de ambientes de colaboração baseados em modelos BIM ressaltou a necessidade de interoperabilidade de troca de dados entre os aplicativos BIM específicos de domínio usados pelas partes interessadas do projeto (Lee *et al.*, 2022). Neste contexto, surgiu o *Industry Foundation Class* (IFC), norma ISO 16739-1:2018 (ISO, 2018a), que oferece um formato de arquivo neutro, não-proprietário e aberto, para facilitar a colaboração multidisciplinar e a troca de informações, de forma integrada e interoperável entre vários aplicativos BIM (Yu *et al.*, 2023; Antunes *et al.*, 2022; Ribeiro; César Jr., 2007).

O IFC é mantido pela buildingSMART International (bSI), sendo importante para descrever, trocar e compartilhar dados e informações tipicamente utilizadas na indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção. Inicialmente, o IFC foi concebido como uma abordagem baseada em arquivos para troca de dados. No entanto, a bSI reconheceu a necessidade de uma interface de programação de aplicações (*Application Programming Interface* - API) padronizada para permitir consultas dinâmicas baseadas em objetos em dados IFC (Van Berlo *et al.*, 2021).

Utilizando o padrão IFC, qualquer projetista pode utilizar o software BIM que melhor se adequa às suas necessidades, juntando-se ao fluxo de trabalho, sem que isso impeça o trabalho conjunto e integrado e garanta o compartilhamento dos modelos desenvolvidos pelas diferentes disciplinas. Para que o uso do BIM seja positivo, há a necessidade de uma coesão na troca de informação entre aplicativos, que ocorre por meio do formato IFC (Barreto *et al.*, 2020). O arquivo IFC serve, portanto, de instrumento de cooperação e comunicação. Se todos os projetos forem abertos, ninguém pode ser excluído baseado apenas na sua plataforma de software. Todos os aplicativos certificados pela empresa BuildingSMART podem exportar seus dados no formato IFC, possibilitando compor o arquivo federado para análise e coordenação do projeto (MPDFT, 2020).

De acordo com Barros e Melo (2020), com a utilização do BIM, o procedimento de compatibilização de projetos se tornou eficiente, mediante compartilhamento de informações entre diferentes plataformas. Por meio do formato IFC, isso pode ser feito sem que haja perda de dados mediante fragmentação, possibilitando o reagrupamento de informações das diferentes áreas de múltiplos agentes.

Pesquisadores apontam que as principais barreiras para a adoção do BIM pelo mercado são as dificuldades de interoperabilidade entre plataformas, já que muitos engenheiros estruturais usam software de modelagem computacional e estrutural com formatos diferentes dos padrões BIM e IFC (Shehzad *et al.*, 2020; Arayici *et al.*, 2018; Liu *et al.*, 2016; Muller *et al.*, 2015).

3.9 Compatibilização de Projetos

A compatibilização é a atividade de gerenciar e integrar os projetos de determinada edificação, visando o ajuste entre eles, com o objetivo de minimizar os conflitos existentes, facilitando a execução, otimizando e racionalizando os materiais, o tempo, a mão de obra e a manutenção. Compreende a ação de detectar falhas relacionadas às interferências e inconsistência físicas entre elementos da obra (Callegari, 2007).

A compatibilização de projetos ou engenharia simultânea é uma das ferramentas que o setor adotou para demonstrar eficiência e produtividade para gerenciar a coordenação entre as diversas equipes participantes do projeto, minimizando assim os impactos e resultados negativos decorridos da falha de comunicação. Para Callegari (2007), o resultado oferecido pela compatibilização dos projetos busca obter o controle da qualidade planejada a fase do processo de projeto, tornando-se imprescindível durante uma produção de forma controlada. Outra face deste processo busca a detecção de falhas de interferências entre os diversos projetos desenvolvidos, tendo por consequência minimizar os erros envolvidos.

É importante destacar que a compatibilização deve ser realizada em todas as fases que compõem um projeto, ou seja, desde os estudos preliminares para a posterior formação do anteprojeto até as etapas de elaboração dos projetos legais e finalmente dos projetos executivos. Desta forma, a compatibilização de projetos, como resultado da integração das interfaces dos projetos de arquitetura e complementares de edifícios tem sido considerada como a melhor abordagem para resolver os problemas da fragmentação dos projetos e com isso reduzir ou até eliminar alguns dos principais problemas: as interferências físicas, perdas de funcionalidade e recursos decorrentes de incompatibilidade de projetos (Sousa, 2010).

Uma das significativas vantagens do BIM é permitir que sempre ocorra uma comunicação entre as áreas, de modo que possa haver compatibilidade entre todas

as partes, já que o modelo computacional pode conter todos os dados atualizados (Barreto *et al.*, 2020). De acordo com Mesquita *et al.* (2018), a tridimensionalidade dos elementos permite uma visualização mais fácil e simplificada dos componentes das disciplinas modeladas (Arquitetura, Estrutura e Sistemas Prediais), proporcionando melhor entendimento, mesmo aos leigos.

Segundo Buss *et al.* (2020), o Brasil apresenta uma grande falha na compatibilização e estruturação de projetos, e a falta de organização e planejamento adequados, ainda mais acentuados nos projetos complementares, são muitos dos problemas na construção civil.

3.10 BIM e legislação brasileira

Em 22 de agosto de 2019 foi publicado o decreto nº 9.983 que dispõe sobre a estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modelling* (BIM) e institui o Comitê Gestor da Estratégia do BIM. Em 22 de janeiro de 2024 foi publicado o Decreto nº 11.888 que revoga o decreto 9.983 de 2019.

O decreto nº 11.888 apresenta em seus artigos 1º e 2º:

Art. 1º Este Decreto dispõe sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modelling* no Brasil - Estratégia BIM BR, instituída com a finalidade de promover um ambiente adequado ao investimento em *Building Information Modelling* - BIM e a sua difusão no País.

Parágrafo único. Para fins do disposto neste Decreto, considera-se BIM ou Modelagem da Informação da Construção o conjunto de tecnologias e processos integrados que permite a criação, a utilização e a atualização de modelos digitais de uma construção, de modo colaborativo, de forma a servir a todos os participantes do empreendimento, potencialmente durante todo o ciclo de vida da construção.

Art. 2º A Estratégia BIM BR tem os seguintes objetivos:

- I - difundir o BIM e os seus benefícios;
- II - coordenar e apoiar a estruturação da administração pública federal para a adoção do BIM;
- III - apoiar as administrações públicas estaduais, distrital e municipais para a adoção do BIM;
- IV - criar condições favoráveis para o investimento público e privado em BIM;
- V - estimular a capacitação e a formação profissional em BIM;
- VI - propor atos normativos que estabeleçam parâmetros para as compras e as contratações públicas com uso do BIM;
- VII - orientar o desenvolvimento de normas técnicas e apoiar a elaboração de guias e protocolos específicos para adoção do BIM;
- VIII - definir diretrizes para o aperfeiçoamento da Plataforma e da Biblioteca Nacional BIM e incentivar o seu uso;
- IX - estimular o desenvolvimento e a aplicação de novas tecnologias relacionadas ao BIM;

X - incentivar o uso de especificações técnicas abertas para a interoperabilidade em BIM com o propósito de:

- a) estimular a concorrência no mercado;
- b) aumentar a participação e o acesso dos profissionais de projetos e obras ao mercado;
- e
- c) estimular o desenvolvimento da documentação digital de ativos de projetos e obras da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios e ampliar suas possibilidades de uso; e

XI - estimular o uso do BIM para o fomento da construção industrializada e da sustentabilidade na construção.

Com a publicação desses dois decretos citados anteriormente fica demonstrado que o BIM é uma metodologia que está sendo difundida pelo Governo Federal com a intenção que seja adotada em obras públicas.

Em 2 de abril de 2020 foi publicado do decreto nº 10.306 que:

Estabelece a utilização do *Building Information Modelling* na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal, no âmbito da Estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modelling* - Estratégia BIM BR, instituída pelo Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019.

Art. 1º Este Decreto estabelece a utilização do *Building Information Modelling* - BIM ou Modelagem da Informação da Construção na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia, realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal, no âmbito da Estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modelling* - Estratégia BIM BR, instituída pelo Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019. Parágrafo único. O BIM será implementado de forma gradual, obedecidas as fases estabelecidas no art. 4º.

Art. 2º Ficam vinculados às ações de disseminação do BIM previstas neste Decreto:

- I - Ministério da Defesa, por meio das atividades executadas nos imóveis jurisdicionados ao Exército Brasileiro, à Marinha do Brasil e à Força Aérea Brasileira; e
- II - Ministério da Infraestrutura, por meio das atividades coordenadas e executadas:
 - a) pela Secretaria Nacional de Aviação Civil, para investimentos em aeroportos regionais;
 - e
 - b) pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT, para reforço e reabilitação estrutural de obras de arte especiais.

Parágrafo único. Os órgãos e as entidades da administração pública federal não referidos no caput poderão adotar as ações de implementação do BIM nos termos do disposto neste Decreto, independentemente da finalidade do uso do BIM, prevista ou não neste Decreto, em quaisquer das fases do art. 4º.

Fases de implementação

Art. 4º A implementação do BIM ocorrerá de forma gradual, obedecidas as seguintes fases: I - primeira fase - a partir de 1º de janeiro de 2021, o BIM deverá ser utilizado no desenvolvimento de projetos de arquitetura e engenharia, referentes a construções novas, ampliações ou reabilitações, quando consideradas de grande relevância para a disseminação do BIM, nos termos do disposto no art. 10, e abrangerá, no mínimo:

- a) a elaboração dos modelos de arquitetura e dos modelos de engenharia referentes às disciplinas de:

1. estruturas;
2. instalações hidráulicas;
3. instalações de aquecimento, ventilação e ar condicionado; e
4. instalações elétricas;

- b) a detecção de interferências físicas e funcionais entre as diversas disciplinas e a revisão dos modelos de arquitetura e engenharia, de modo a compatibilizá-los entre si;
 - c) a extração de quantitativos; e
 - d) a geração de documentação gráfica, extraída dos modelos a que se refere este inciso;
- II - segunda fase - a partir de 1º de janeiro de 2024, o BIM deverá ser utilizado na execução direta ou indireta de projetos de arquitetura e engenharia e na gestão de obras, referentes a construções novas, reformas, ampliações ou reabilitações, quando consideradas de grande relevância para a disseminação do BIM, nos termos do disposto no art. 10, e abrangerá, no mínimo:
- a) os usos previstos na primeira fase;
 - b) a orçamentação, o planejamento e o controle da execução de obras; e
 - c) a atualização do modelo e de suas informações como construído (as *built*), para obras cujos projetos de arquitetura e engenharia tenham sido realizados ou executados com aplicação do BIM;
- III - terceira fase: a partir de 1º de janeiro de 2028, o BIM deverá ser utilizado no desenvolvimento de projetos de arquitetura e engenharia e na gestão de obras referentes a construções novas, reformas, ampliações e reabilitações, quando consideradas de média ou grande relevância para a disseminação do BIM, nos termos do disposto no art. 10, e abrangerá, no mínimo:
- a) os usos previstos na primeira e na segunda fase; e
 - b) o gerenciamento e a manutenção do empreendimento após a sua construção, cujos projetos de arquitetura e engenharia e cujas obras tenham sido desenvolvidos ou executados com aplicação do BIM.

O decreto determina o uso obrigatório do BIM para execução de obras e serviços de engenharia contratados pelo Ministério da Defesa, Ministério da Infraestrutura, Secretária Nacional de Aviação Civil e Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Desta forma, as instituições e empresas privadas contratadas para elaboração de projetos licitados, e as empresas responsáveis pela execução das obras ou qualquer serviço de engenharia com utilização de recurso público pelos órgãos citados acima, precisará aderir ao BIM, seguindo o cronograma apresentado no Decreto.

Mesmo o Decreto não exigindo que o Ministério da Educação adote a metodologia BIM, este pode ser o caminho para que a UFV promova uma melhoria qualitativa na elaboração dos projetos proporcionando maior precisão nos orçamentos para as obras e reformas contratadas e executadas de forma indireta, sendo necessário portando, investir na qualificação técnica dos projetistas e aquisição de equipamentos e softwares necessários para o uso do BIM.

3.11 Modelagem da Informação da Construção em obras da UFV

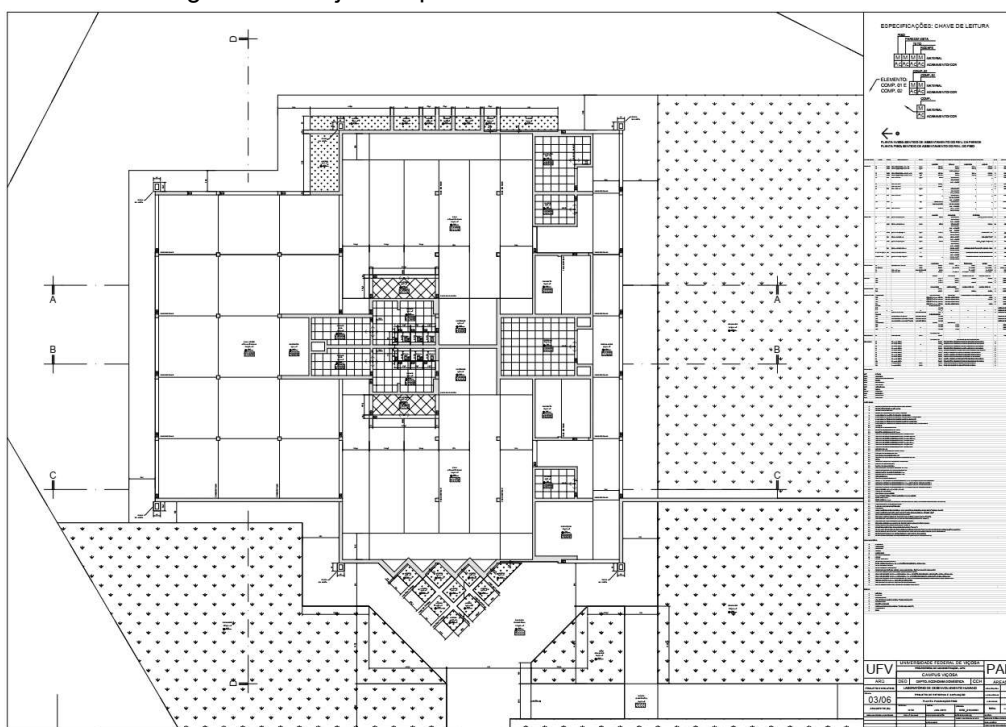
A Diretoria de Projetos e Obras – DPO vem implementando o desenvolvimento do projeto de arquitetura através de modelo, sendo os projetos complementares desenvolvidos e obtido o modelo gerado para compatibilização com a arquitetura. Esta

compatibilização tem a finalidade de corrigir as interferências entre as disciplinas, buscando diminuir o número de incompatibilidade entre os projetos.

Apesar do processo utilizado carecer de aperfeiçoamento e necessidade de ferramentas para que o projeto possa ser desenvolvido de forma mais colaborativa, é possível constatar uma redução significativa da demanda de revisão dos projetos desenvolvidos através do modelo de arquitetura 3D sendo os projetos complementares compatibilizados com este modelo em comparação aos projetos que ainda são desenvolvidos pelo método tradicional, como pode ser observado nos exemplos apresentados a seguir.

No projeto de Reforma do Laboratório de Desenvolvimento Humano com área de 641,88 m², o projeto arquitetônico foi desenvolvido através de modelo 3D e os modelos dos projetos complementares compatibilizados com o modelo do projeto arquitetônico (Figuras 3 e 4). A planilha de controle de revisões utilizada durante a fiscalização do contrato de execução da reforma é apresentada no Quadro 1.

Figura 3 – Projeto arquitetônico LDH - Pavimento térreo




Fonte: O autor.

Figura 4 – Projeto arquitetônico LDH - Fachadas



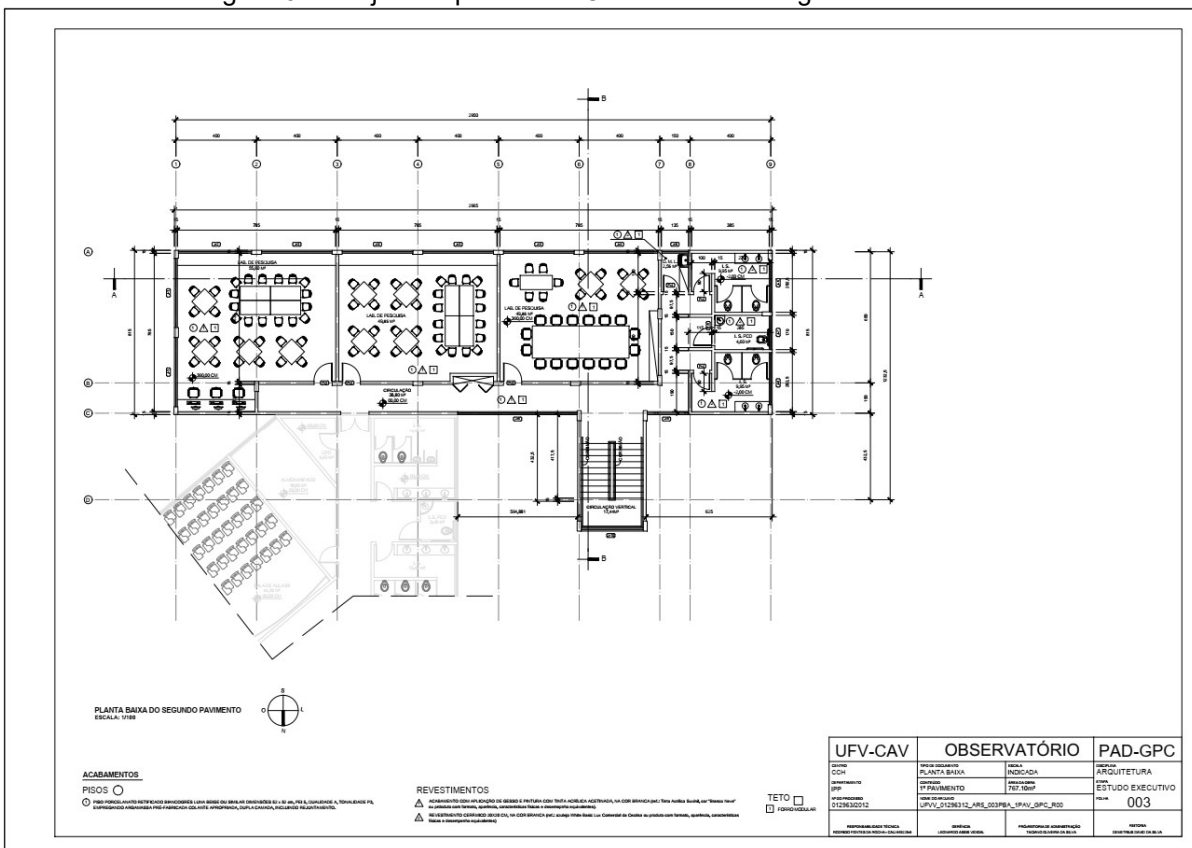
Fonte: O autor.

Quadro 1– Planilha de controle de revisões utilizada durante a fiscalização do contrato de execução da reforma

|  UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA Pró-Reitoria de Administração Gerência de Projetos e Obras | | Obra : Reforma e Ampliação do LDH | | Empresa Contratada: Lessa Engenharia Ltda | | | | | |
|--|--|-----------------------------------|-------------------|---|--|----------------------------------|------------|---------|--|
| Campos para preenchimento da empresa contratada / GPC | | | | | | Campos para preenchimento da GPC | | | |
| Data da Solicitação | Descrição / Demanda | Data de Início | Data de Conclusão | Responsável | Informações sobre o andamento | Situação | | Revisão | |
| | | | | | | Revisado pela GPC | postado | | |
| 17/05/2017 | No dia 15/05/2017 solicitei o pagamento da NF 017 referente a primeira medição da obra . | 24/05/2017 | 24/05/2017 | GPC | Aguardando retorno da DFN. | 24/05/2017 | 24/05/2017 | N/A | |
| 24/05/2017 | Informação GPC : revisão projeto arquitetônico. | 24/05/2017 | 24/05/2017 | GPC | Arquivos | 24/05/2017 | 24/05/2017 | R1 | |
| 25/05/2017 | Solicito uma mudança na rede elétrica , pois os funcionários não irão conseguir executar a cobertura da obra se não retirar a rede elétrica . | | | | | | | | |
| 29/05/2017 | Informação GPC: Revisão projeto estrutural, detalhamento vigas nível 500, prancha 17/17. | 29/05/2017 | 29/05/2017 | GPC | Arquivo PAD - CAV- LDH - ESTRUTURA - 2017 05 25 - RE, postado na pasta EST. | 29/05/2017 | 29/05/2017 | RE | |
| 05/10/2017 | Informação GPC : Infraestrutura para rede elétrica, para alimentação do quadro de incendio. | 05/10/2017 | 05/10/2017 | GPC | Arquivo PAD_GPC_INFRESTRUTURA ELETTRICA BOMBAS_2017 10 05_Ei, postado na pasta ELE. | 05/10/2017 | 05/10/2017 | Ei | |
| 10/10/2017 | Foi solicitado a revisão do projeto de SPDA no mês de Abril e até o momento não obtivemos o projeto para a execução ,causando atraso na obra. | 17/10/2017 | 19/10/2017 | GPC | Arquivo PAD_CAV_LDH_SPDA_2017 10 19_Ra, carregado na pasta SPDA. | 19/10/2017 | 19/10/2017 | Ra | |
| 10/10/2017 | Foi solicitado no mês de Agosto, para o fiscal passar para o arquiteto como seriam instaladas as fechaduras tipo cremona e até o momento não obtivemos o detalhamento, causando atraso nas esquadrias metálicas e madeira. | 17/10/2017 | 19/10/2017 | GPC | Em andamento, reprogramado para dia 23 de outubro. arquivo Fechadura_Cremona, postado na pasta ARQ. | 26/10/2017 | 26/10/2017 | N/A | |
| 10/10/2017 | Mudanças solicitadas pelo fiscal nas instalações elétricas após executadas causando atraso na obra. | 17/10/2017 | 19/10/2017 | GPC | Em andamento | | | | |
| 10/10/2017 | Pedimos urgência no planejamento dos serviços executados fora do contrato. | 17/10/2017 | 19/10/2017 | GPC | Em andamento | | | | |
| 25/10/2017 | Informação GPC : Projeto estrutural base da caixa d'água. | 25/10/2017 | 25/10/2017 | GPC | Arquivo PAD_CAV_LDH_BASE PARA CAIXA D ÁGUA ESTRUTURA_2017 10 21_RA, postado na pasta EST. | 25/10/2017 | 25/10/2017 | Ra | |
| 31/10/2017 | Informação GPC : Projeto arquitetônico do abrigo da caixa d'água. | 31/10/2017 | 31/10/2017 | GPC | Arquivo PAD_CAV_LDH_ARQ_ABRIGO_SUPERIOR_2017 10 31_RA, postado na pasta Arq. | 31/10/2017 | 31/10/2017 | Ra | |
| 14/11/2017 | Informação GPC : projeto elétrico Bombas de incendio | 14/11/2017 | 14/11/2017 | GPC | Arquivos PAD_CAV_LDH_BOMBAS INCENDIO_20171108, postado na pasta Ele. | 14/11/2017 | 14/11/2017 | Ra | |
| 14/11/2017 | Informação GPC : projeto elétrico Bombas de incendio | 14/11/2017 | 14/11/2017 | GPC | Arquivos PAD_CAV_LDH_BOMBAS REUSO_20171106_Ra, postado na pasta Ele. | 14/11/2017 | 14/11/2017 | Ra | |
| 14/11/2017 | Solicitamos o projeto das fechaduras tipo Cremona , mas até hoje ele não foi liberado. | 24/11/2017 | 24/11/2017 | GPC | Atendido na linha 24 | 24/11/2017 | 24/11/2017 | N/A | |
| 21/11/2017 | Ainda estamos aguardando o projeto da fechadura cremona que foi solicitado a um tempo e até hoje ainda não recebemos. | 24/11/2017 | 24/11/2017 | GPC | Arquivo LDH_Fixador_Cremona_01_02_ISO e LDH_Fixador_Cremona_02_02_PECAS, com o detalhamento da CREMONA postado na pasta ARQ. | 24/11/2017 | 24/11/2017 | N/A | |

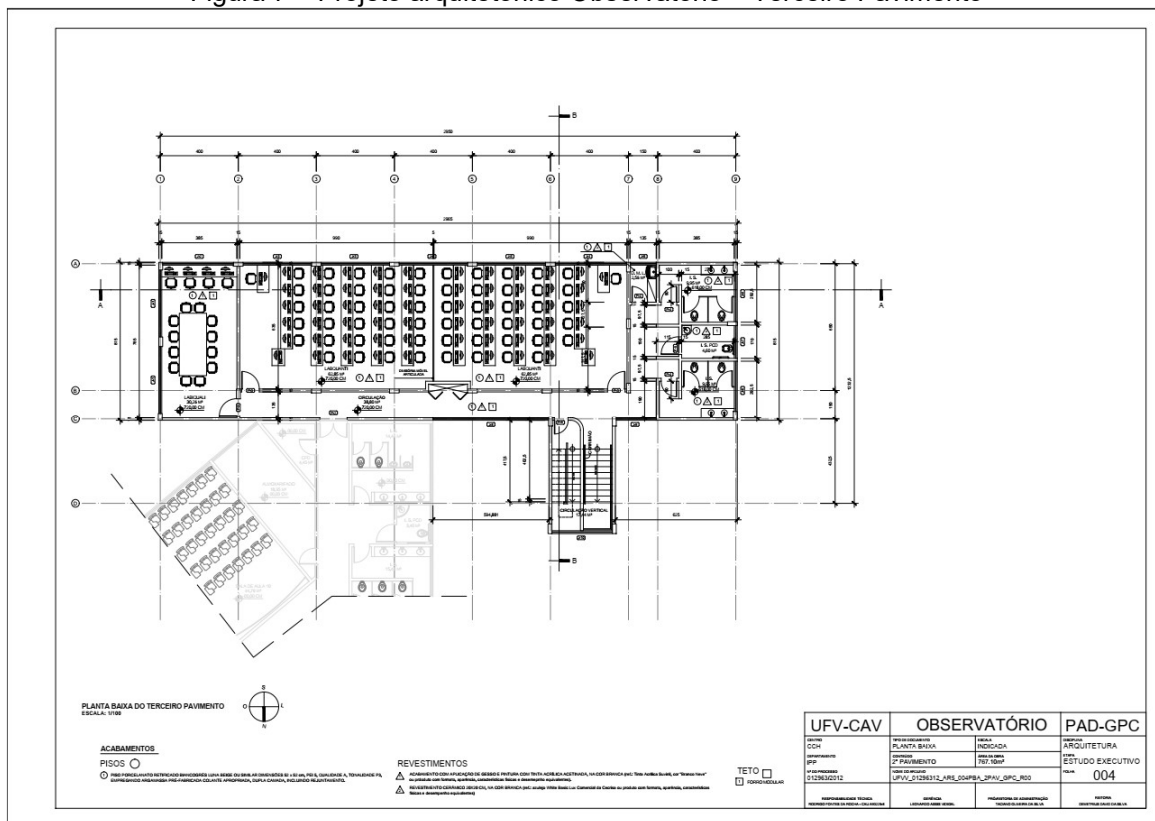
Fonte: O autor.

Figura 6 – Projeto arquitetônico Observatório – Segundo Pavimento



Fonte: O autor.

Figura 7 – Projeto arquitetônico Observatório – Terceiro Pavimento



Fonte: O autor.

Quadro 2 – Planilha de controle de revisões utilizada durante a fiscalização do contrato de execução da Obra do Observatório

|  UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA Pró-Reitoria de Administração Gerência de Projetos e Obras | | Obra: OBSERVATÓRIO ANDRADE E RODRIGUES LTDA. Empresa Contratada: 17/01/2020 Início dos serviços: 13/08/2020 Revisão de termino: UFV Fiscal dos serviços: | | | | | | | |
|--|--|--|-------------------|----------------------------------|-------------|--|-------------------|------------|---------|
| Campos para preenchimento da empresa contratada / GPC | | | | Campos para preenchimento da GPC | | | | | |
| DATA DA SOLICITAÇÃO | DESCRIÇÃO / DEMANDA | DATA DE INÍCIO | DATA DE CONCLUSÃO | DISCIPLINA | RESPONSÁVEL | INFORMAÇÕES SOBRE O ANDAMENTO | SITUAÇÃO | | REVISÃO |
| | | | | | | | REVISADO PELA GPC | POSTADO | |
| 04/02/2020 | REVISÃO DO PROJETO ESTRUTURAL - INCLUSÃO DO DETALHAMENTO DOS NÍVEIS 360 E 720 | 04/02/2020 | 04/02/2020 | ESTRUTURA | GPC | ARQUIVO "UFV_GPC_EST_OBSERVATÓRIO_20200204_R02" POSTADO NA PASTA "02 - ESTRUTURA/REVISADOS" | 04/02/2020 | 04/02/2020 | R02 |
| 04/02/2020 | REVISÃO DO PROJETO ARQUITETURA - REVISÃO NAS PRANCHAS 04, 06 E 09 | 04/02/2020 | 04/02/2020 | ARQUITETURA | GPC | ARQUIVOS "UFV_V_01296312_AR5_004PBA_2PAV_GPC_R01"; "UFV_V_01296312_AR5_008CTE_0000_GPC_R01" E "UFV_V_01296312_AR5_009ESQ_0000_GPC_R01" ARQUIVO | 04/02/2020 | 04/02/2020 | R01 |
| 07/02/2020 | REVISÃO DO PROJETO ESTRUTURAL - PROJETO COMPLETO | 04/02/2020 | 07/02/2020 | ESTRUTURA | GPC | ARQUIVO "UFV_GPC_EST_OBSERVATÓRIO_20200205_R03" POSTADO NA PASTA "02 - ESTRUTURA/REVISADOS" | 07/02/2020 | 07/02/2020 | R03 |
| 17/02/2020 | INFORME GPC | 17/02/2020 | 17/02/2020 | OUTROS | GPC | ARQUIVO "PAD_CAV_OBSERVATÓRIO_PLACA DE OBRA_2020 02 17_R00" POSTADO NA PASTA "06 - PLACA DE OBRA" | 17/02/2020 | 17/02/2020 | R00 |
| 27/02/2020 | INFORME GPC | 27/02/2020 | 27/02/2020 | DADOS E VOZ | GPC | ARQUIVO "PAD_GPC_IPPDS E OBSERVATÓRIO_DADOS_RACK_2020 02 20_R00" POSTADO NA PASTA "07 - DADOS E VOZ" | 20/02/2020 | 27/02/2020 | R00 |
| 05/03/2020 | INFORME GPC - REVISÃO DO PROJETO DE DADOS - IPPDS E OBSERVATÓRIO | 05/03/2020 | 05/03/2020 | DADOS E VOZ | GPC | ARQUIVO "PAD_GPC_IPPDS E OBSERVATÓRIO_DADOS_RACK_2020 03 05_R01" POSTADO NA PASTA "07 - DADOS E VOZ" | 05/03/2020 | 05/03/2020 | R01 |
| 17/03/2020 | REVISÃO DO PROJETO ESTRUTURAL DO MURO DE ARRIMO | 17/03/2020 | 17/03/2020 | ESTRUTURA | GPC | ARQUIVO "PAD - CAV - OBSERVATÓRIO - ARRIMO - 2019 08 21_R0" POSTADO NA PASTA "02 - ESTRUTURA/REVISADOS" | 21/08/2019 | 17/03/2020 | RB |
| 28/04/2020 | SOLICITAMOS A EMPRESA QUE TODOS OS COLABORADORES E FUNCIONÁRIOS FAÇAM USO DE MÁSCARAS E QUE A MESMA DISPONIBILIZE ALCÓOL EM GEL 70% NO CANTEIRO DE OBRAS. O NÃO EMPREGO DESTAS MEDIDAS PREVENTIVAS CABERÁ A PARALIZAÇÃO DA OBRA. | 28/04/2020 | 28/04/2020 | OUTROS | GPC | | | | |
| 15/08/2020 | INFORME GPC. REVISÃO DO PROJETO HIDRÁULICO | 15/08/2020 | 15/08/2020 | HIDRÁULICO | GPC | ARQUIVO "PAD-CAV-OBSERVATÓRIO-HIDRÁULICO-20200815 - R01" POSTADO NA PASTA "08 - HIDRÁULICO/REVISADOS" | 15/08/2020 | 22/08/2020 | R01 |
| 15/08/2020 | INFORME GPC. REVISÃO DO PROJETO SANITÁRIO E DE ÁGUAS F | 15/08/2020 | 15/08/2020 | SANITÁRIO | GPC | ARQUIVO "PAD-CAV-OBSERVATÓRIO-ESGOTO PLUVIAL 2020815 - R01" POSTADO NA PASTA "09 - SANITÁRIO E PLUVIAL/REVISADOS" | 15/08/2020 | 22/08/2020 | R01 |
| 05/08/2020 | REVISÃO DO PROJETO ARQUITETURA - REVISÃO NA PRANCHA 03 | 05/08/2020 | 05/08/2020 | ARQUITETURA | GPC | ARQUIVOS "UFV_V_01296312_AR5_003PBA_1PAV_GPC_R02" POSTADOS NA PASTA "01 - ARQUITETURA/REVISADOS" | 05/08/2020 | 22/08/2020 | R02 |
| 05/08/2020 | REVISÃO DO PROJETO ARQUITETURA - REVISÃO NA PRANCHA 04 | 05/08/2020 | 05/08/2020 | ARQUITETURA | GPC | ARQUIVOS "UFV_V_01296312_AR5_004PBA_2PAV_GPC_R02" POSTADOS NA PASTA "01 - ARQUITETURA/REVISADOS" | 05/08/2020 | 22/08/2020 | R02 |
| 02/08/2020 | REVISÃO DO PROJETO ARQUITETURA - REVISÃO NA PRANCHA 05 | 02/08/2020 | 02/08/2020 | ARQUITETURA | GPC | ARQUIVOS "UFV_V_01296312_AR5_005PBA_COBE_GPC_R01" POSTADOS NA PASTA "01 - ARQUITETURA/REVISADOS" | 02/08/2020 | 22/08/2020 | R01 |
| 02/08/2020 | REVISÃO DO PROJETO ARQUITETURA - REVISÃO NA PRANCHA 06 | 02/08/2020 | 02/08/2020 | ARQUITETURA | GPC | ARQUIVOS "UFV_V_01296312_AR5_006CTE_0000_GPC_R02" POSTADOS NA PASTA "01 - ARQUITETURA/REVISADOS" | 02/08/2020 | 22/08/2020 | R02 |
| 28/08/2020 | REVISÃO DO PROJETO ARQUITETURA - REVISÃO NA PRANCHA 02 | 28/08/2020 | 28/08/2020 | ARQUITETURA | GPC | ARQUIVOS "UFV_V_01296312_AR5_002PBA_TERR_GPC_R01" POSTADOS NA PASTA "01 - ARQUITETURA/REVISADOS" | 28/08/2020 | 28/08/2020 | R01 |
| 28/08/2020 | REVISÃO DO PROJETO ARQUITETURA - REVISÃO NA PRANCHA 04 | 28/08/2020 | 28/08/2020 | ARQUITETURA | GPC | ARQUIVOS "UFV_V_01296312_AR5_004PBA_2PAV_GPC_R03" POSTADOS NA PASTA "01 - ARQUITETURA/REVISADOS" | 28/08/2020 | 28/08/2020 | R03 |
| 28/08/2020 | REVISÃO DO PROJETO ARQUITETURA - REVISÃO NA PRANCHA 09 | 28/08/2020 | 28/08/2020 | ARQUITETURA | GPC | ARQUIVOS "UFV_V_01296312_AR5_009ESQ_0000_GPC_R02" POSTADOS NA PASTA "01 - ARQUITETURA/REVISADOS" | 28/08/2020 | 28/08/2020 | R02 |
| 01/07/2020 | REVISÃO DO PROJETO ESTRUTURAL - REVISÃO NA PRANCHAS 2 | 24/08/2020 | 01/07/2020 | ESTRUTURA | GPC | ARQUIVO "UFV_GPC_EST_OBSERVATÓRIO_20200701_R04" POSTADO NA PASTA "02 - ESTRUTURA/REVISADOS" | 01/07/2020 | 01/07/2020 | R04 |
| 22/07/2020 | REVISÃO DO PROJETO ARQUITETURA - REVISÃO NA PRANCHA 05 - COBERTURA | 28/07/2020 | 27/07/2020 | ARQUITETURA | GPC | ARQUIVOS "UFV_V_01296312_AR5_005PBA_COBE_GPC_R02" POSTADOS NA PASTA "01 - ARQUITETURA/REVISADOS" | 28/08/2020 | 27/02/2020 | R02 |
| 08/08/2020 | REVISÃO DO PROJETO ARQUITETURA - REVISÃO NAS PRANCHAS 07 E 08 - FACHADA - COR DA TEXTURA | 08/08/2020 | 08/08/2020 | ARQUITETURA | GPC | ARQUIVOS "UFV_V_01296312_AR5_007FAC_0000_GPC_R01 E "UFV_V_01296312_AR5_008FAC_0000_GPC_R01" POSTADOS NA PASTA "01 - ARQUITETURA/REVISADOS" | 08/08/2020 | 08/08/2020 | R01 |
| 24/08/2020 | INFORME GPC. PROJETO ELÉTRICO. | 24/08/2020 | 24/08/2020 | ELÉTRICO | GPC | ARQUIVO "UFV_V_01296312_EL5_001PEL_TERR_GPC_R00" POSTADO NA PASTA "03 - ELÉTRICO" | 24/08/2020 | 24/08/2020 | R00 |
| 28/08/2020 | INFORME GPC. PROJETO CLIMATIZAÇÃO | 28/08/2020 | 28/08/2020 | AR CONDI | GPC | ARQUIVO "PAD_CAV_OBSERVATÓRIO_CLIMATIZAÇÃO_R01" POSTADO NA PASTA "10 - CLIMATIZAÇÃO" | 28/08/2020 | 28/08/2020 | R01 |
| 22/10/2020 | INFORME GPC. REVISÃO PROJETO DE INCENDIO - EXECUTAR O LADO REFERENTE AO OBSERVATÓRIO, INCLUINDO O HIDRANTE DO PASSEIO E O SITUADO EM FRENTE A SALA DO RACK. DIVIDAS CONSULTAR A FISCALIZAÇÃO | 28/08/2020 | 28/08/2020 | INCÊNDIO | GPC | ARQUIVO "PAD-CAV-IPPDS-INC-GPC_2020 10 17_R03" POSTADO NA PASTA "11 - INCENDIO" | 17/10/2020 | 22/10/2020 | R03 |
| 25/01/2021 | INFORME GPC. REVISÃO PROJETO DE SPDA | 22/01/2021 | 22/01/2021 | SPDA | GPC | ARQUIVO "UFV_V_01296312_EL5_001SPD_TERR_GPC_R01" POSTADO NA PASTA "12 - SPDA" | 22/01/2021 | 25/01/2021 | R01 |
| 23/02/2021 | INFORME GPC. REVISÃO DO PROJETO ELÉTRICO. OBSERVAÇÃO: O CIRCUITO DE ILUMINAÇÃO DE EMERGENCIA DEVARÁ SER EXECUTADO EM UM QUADRO COMERCIAL | 23/02/2021 | 23/02/2021 | ELÉTRICO | GPC | ARQUIVO "UFV_V_01296312_EL5_001PEL_TERR_GPC_R01" POSTADO NA PASTA "03 - ELÉTRICO" | 23/02/2021 | 23/02/2021 | R01 |
| 09/07/2021 | INFORME GPC. ENTRADA DE ENERGIA - AJUSTE DO QUADRO DO IPPDS PARA FAZER A LIGAÇÃO DA OBRA DO OBSERVATÓRIO | 09/07/2021 | 09/07/2021 | ELÉTRICO | GPC | ARQUIVO "PAD_CAV_IPPDS_QDG_20210708_R0" POSTADO NA PASTA "03 - ELETICO" | 09/07/2021 | 09/07/2021 | R00 |

Fonte: O autor.

A comparação entre as planilhas de acompanhamento da execução da obra de reforma do LDH (Quadro 1) e da Obra de construção do Observatório (Quadro 2) pode ser observada na Tabela 2. A partir da Tabela 2, pode-se constatar que a obra de

reforma do LDH apresentou 8 demandas de revisão de projeto, enquanto a obra de construção do observatório apresentou 22 demandas de revisão do projeto, ou seja, o processo de desenvolvimento do projeto arquitetônico através do modelo 3D com a compatibilização entre as disciplinas, sem a utilização de um Ambiente Comum de dados, resultou em um número de solicitação de revisões menor que o projeto do Observatório desenvolvido pelo processo tradicional.

Mesmo sem um plano de aplicação do BIM e utilizando apenas alguns conceitos do BIM foi possível quantificar que o número de revisões durante a obra foi menor no projeto de reforma do LDH que foi desenvolvido os modelos e feita a compatibilização entre eles proporcionando que as interferências fossem resolvidas na fase de projeto, mesmo o grau de dificuldade do projeto do LDH sendo muito maior que do Observatório.

Tabela 2 – Análise comparativa entre as planilhas de acompanhamento da execução da obra de reforma do LDH e da Obra de construção do Observatório.

| Características / Obra | LDH | Observatório |
|---|------------|---------------------|
| Tipologia da Obra | Reforma | Obra |
| Área (m ²) | 641,88 | 767,10 |
| Número pavimentos | 1 | 3 |
| Projeto arquitetônico com desenvolvido do modelo 3D | Sim | Não |
| Compatibilização dos projetos complementares via Modelo 3D | Sim | Não |
| Licitação em etapa única | Sim | Sim |
| Número de revisões de projetos geradas durante a execução da Obra | 8 | 22 |

Fonte: O autor.

Nas Figuras abaixo estão apresentadas imagens do projeto da estrutura de madeira da cobertura desenvolvido utilizando a modelagem (Figuras 8 e 10) e da execução (Figuras 9 e 11). A comparação entre o projeto e a execução reflete a vantagem da modelagem para reprodução de projetos em escala real.

Figura 8 – Vista da estrutura de madeira da cobertura retirada do modelo



Fonte: O autor.

Figura 9 – Estrutura de madeira da cobertura executada



Fonte: O autor.

Figura 10 – Detalhe da chapa de ligação dos elementos da estrutura de cobertura proposta no projeto e detalhada via modelo



Fonte: O autor.

Figura 11 – Detalhe da chapa de ligação dos elementos da estrutura da cobertura executada.



Fonte: O autor.

A partir dos detalhes apresentados, pode-se destacar que ao desenvolver o projeto utilizando o modelo, as dúvidas que provavelmente iriam surgir durante a execução da obra aparecem no desenvolvimento do projeto e são resolvidas nesta fase. A modelagem contribui com a facilidade de visualização dos detalhes da obra e como as soluções das minúcias construtivas já foram incorporadas no projeto, proporciona uma execução mais rápida, sem adaptações e com maior precisão.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Avaliação e diagnóstico da situação corrente no contexto da elaboração de projetos na UFV

O processo de avaliação e diagnóstico da situação atual de desenvolvimento de projetos da Diretoria de Projetos e Obras foi realizado por meio de avaliação de documentação produzida nos últimos cinco anos (2019-2023), com o objetivo de levantar informações sobre a quantidade de projetos desenvolvidos e licitados, valor adjudicado para cada contratação e o valor contratado anual com as obras e reformas, metodologias utilizadas, identificação de procedimentos bem estabelecidos e funcionais e identificação de oportunidades de melhoria. As informações foram sistematizadas e organizadas em planilhas eletrônicas e relatórios. Indicadores foram propostos para auxiliar na avaliação, como a comparação do custo para a implantação do BIM com o valor anual investido pela UFV em obras e reformas.

4.2 Proposição de metodologias e padrões de trabalho

Foram definidos os parâmetros de projetos e as soluções apresentadas em cada fase do projeto. O início e fim de cada fase foram apresentados de forma clara, e os fluxos de trabalho foram documentados na forma de fluxogramas, contendo a definição das etapas a serem atendidas em cada fase.

A partir da avaliação dos projetos programados para serem desenvolvidos em 2023, foi feita a escolha do projeto Construção da Sede da Subseção Judiciária de Viçosa como projeto piloto. O critério para a utilização do projeto da Construção da Sede da Subseção Judiciária de Viçosa foi em função do porte da edificação e, dentre os projetos disponíveis no cronograma de elaboração da DPO para o ano corrente, era o que necessitaria do desenvolvimento de todas das disciplinas.

Após a escolha da obra, foi elaborado cronograma para a execução do projeto de arquitetura e os projetos complementares.

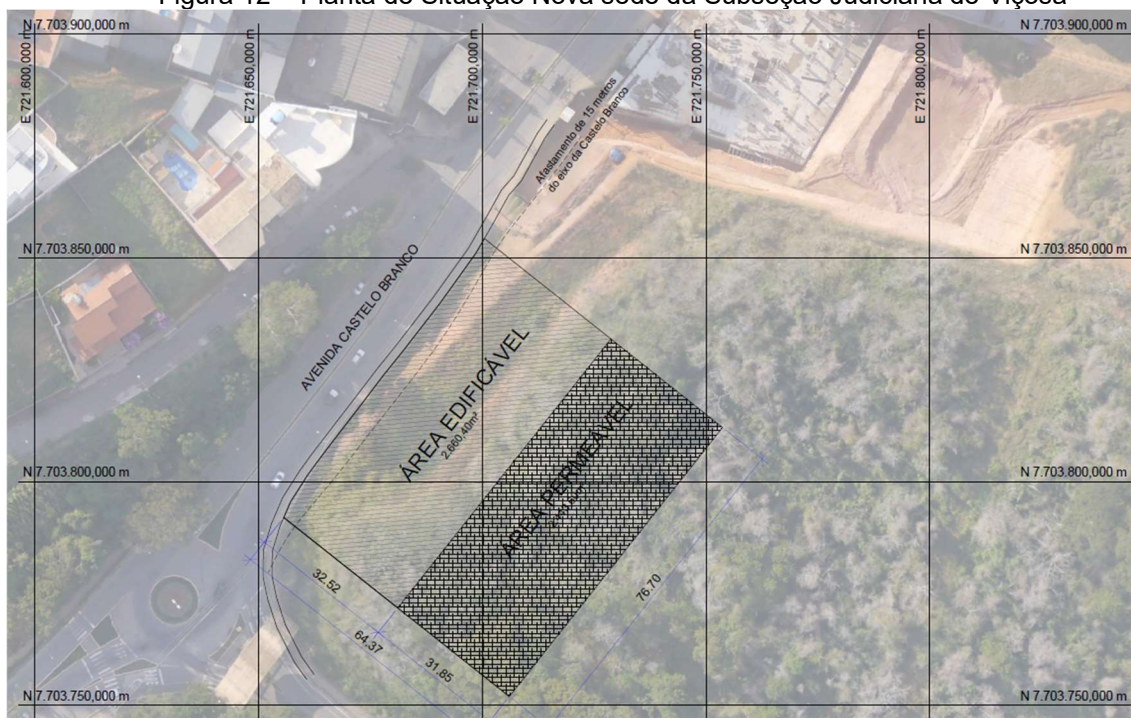
Os programas utilizados para a elaboração dos projetos foram definidos considerando a familiaridade da equipe, e tendo como principal premissa a extensão dos modelos em formato IFC.

O ambiente comum de dados (ACD) foi definido a fim de centralizar todas as informações do projeto, garantindo a interoperabilidade com a extensão dos modelos gerados para avaliação da compatibilização.

4.3 Estudos de aplicação da metodologia proposta

O projeto utilizado para aplicação da metodologia BIM e desenvolvimento do projeto piloto foi o da Construção da Sede da Subseção Judiciária de Viçosa, que será construída na Avenida Castelo Branco, ao lado da entrada Alternativa da UFV, no terreno com área total de 5.104 m², conforme apresentado Figura 12.

Figura 12 – Planta de Situação Nova sede da Subseção Judiciária de Viçosa



Fonte: O autor.

Inicialmente, foi realizada uma avaliação da estrutura física da DPO e proposta de reforma e adequação do espaço para melhor desenvolvimento dos projetos utilizando o BIM. Também foi elaborado um levantamento do número de projetos e custos de execução das obras novas e reformas elaborados pela DPO, nos anos de 2019 a 2023.

Para possibilitar a implementação do BIM na DPO, foram realizadas a avaliação e a definição do ferramental computacional que foi utilizado para elaboração do projeto piloto e que continuará sendo utilizado nos projetos futuros.

Após análise da equipe, foi apresentada a classificação do estágio de maturidade BIM. O estágio de maturidade da equipe de projeto em relação ao *Building Information Modeling* (BIM) refere-se ao nível de conhecimento, habilidades e experiência que a equipe possui na aplicação eficaz da metodologia BIM em seus projetos. Existem várias maneiras de avaliar o estágio de maturidade de uma equipe de projeto em relação ao BIM, e uma abordagem comum é usar modelos de maturidade específicos para BIM.

Para ajudar a visualizar e entender as etapas e os processos envolvidos na implementação da metodologia BIM em um projeto de construção, foi proposto um fluxograma de desenvolvimento dos projetos em BIM. Além disso, a equipe e o modelo para definição da equipe de elaboração do projeto foram definidos.

Para o gerenciamento dos projetos, foi proposta a matriz de responsabilidade BIM que é uma ferramenta que ajuda a atribuir responsabilidades específicas a cada membro da equipe envolvida na execução do projeto BIM. Essa matriz é particularmente útil em projetos multidisciplinares, nos quais várias equipes colaboram para criar e desenvolver modelos BIM.

Em seguida, foi realizada a definição dos níveis das disciplinas de projeto para reduzir os níveis de interferências entre as disciplinas. A definição dos níveis das disciplinas do projeto ajuda a organizar o trabalho, atribuir responsabilidades e coordenar as atividades entre as equipes multidisciplinares.

Para garantir a integração bem-sucedida dos modelos BIM no projeto de construção e promover a colaboração eficaz entre as diferentes disciplinas e equipes envolvidas, foi proposta a matriz de compatibilização BIM. Essa ferramenta é essencial, pois auxilia a minimizar erros, evitar retrabalho e garantir a entrega de um projeto de alta qualidade dentro do prazo e do orçamento previstos.

Também foram apresentados o formato de colaboração BCF e as notas BCF a fim de facilitar a colaboração e comunicação eficazes entre diferentes partes interessadas em um projeto BIM. Eles ajudam a melhorar a transparência, eficiência e qualidade do processo de projeto e construção, permitindo que as equipes identifiquem, comuniquem e resolvam questões de forma oportuna e eficiente.

Uma proposta para definição do modelo para nomenclatura de arquivos, resultado dos projetos, e documentos desenvolvidos pela DPO foi apresentada. É importante estabelecer uma estrutura de nomenclatura consistente e intuitiva para facilitar a organização e a localização de arquivos.

Além disso, foi proposto um cronograma a ser seguido pela UFV conforme os critérios definidos pelo Decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020. O cronograma seguiu as fases de implantação do BIM pelo decreto, sendo alterados os prazos a serem atendidos.

Para a elaboração do projeto piloto e estudo de aplicação foram desenvolvidos os seguintes projetos para a construção da Nova sede da Subseção Judiciária de Viçosa: Projeto Executivo Arquitetônico (Incluindo os detalhamentos e a modelagem 3D, e urbanização externa); Projeto Executivo de Instalações Hidros-sanitárias (Incluso Aproveitamento de águas pluviais e reaproveitamento de águas cinzas); Projeto Executivo de Segurança e Combate a Incêndio; Projeto Executivo de Instalações de Dados e Telefonia; Projeto Executivo de Instalações Elétricas; Projeto Executivo do Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA); Projeto Executivo de Terraplanagem; Projeto Executivo Estrutural (infra e superestrutura da edificação, muros e reservatórios); Estimativa Orçamentária (contendo todos elementos necessários à licitação).

A equipe responsável pelo desenvolvimento e gerenciamento do projeto foi composta por dois arquitetos e urbanistas, seis engenheiros civil, um engenheiro eletricitista e um engenheiro agrimensor.

O cronograma com a definição dos prazos para realização dos projetos e os profissionais responsáveis por cada projeto estão apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 – Cronograma proposto com definição de prazos e equipe para execução do projeto.

| | PROJETOS | PRIORIDADE | FRENTES | TAREFAS | RESPONSÁVEL | SITUAÇÃO | PRAZOS | | |
|-------------|-----------------|------------|--|-------------------|-------------|-----------|-------------------|--------------------|---------------------------|
| | | | | | | | Início Programado | Término Programado | Duração do Projeto (dias) |
| LICITAÇÃO 6 | JUSTIÇA FEDERAL | 1 | PROJETO ARQ.BÁSICO | PROJETO EXC. | ARQ 1 | CONCLUÍDO | 1/set | 6/out | 24 |
| | JUSTIÇA FEDERAL | 2 | PROJETO ARQ - MODELAGEM E DETALHAMENTO | PROJETO ARQ. | ARQ 2 | CONCLUÍDO | 9/out | 17/nov | 27 |
| | JUSTIÇA FEDERAL | 2 | PCI | PROJETO EXC. | ENG 1 | CONCLUÍDO | 9/out | 14/nov | 25 |
| | JUSTIÇA FEDERAL | 2 | PROJETO DADOS | PROJETO EXC. | ENG 2 | CONCLUÍDO | 9/out | 17/nov | 27 |
| | JUSTIÇA FEDERAL | 2 | PROJETO HIDROSSANITÁRIO | PROJETO EXC. | ENG 3 | CONCLUÍDO | 9/out | 14/nov | 25 |
| | JUSTIÇA FEDERAL | 2 | PROJETO TERRAPLANAGEM | PROJETO EXC. | ENG 4 | CONCLUÍDO | 9/out | 16/nov | 26 |
| | JUSTIÇA FEDERAL | 2 | PROJETO ELETRICO | PROJETO EXC. | ENG 2 | CONCLUÍDO | 9/out | 17/nov | 27 |
| | JUSTIÇA FEDERAL | 2 | ESTRUTURAL | PROJETO EXC. | ENG 5 | CONCLUÍDO | 9/out | 16/nov | 26 |
| | JUSTIÇA FEDERAL | 2 | ORÇAMENTO | EST. ORÇAMENTARIA | ENG 6 | CONCLUÍDO | 9/out | 20/nov | 28 |

Fonte: O autor.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

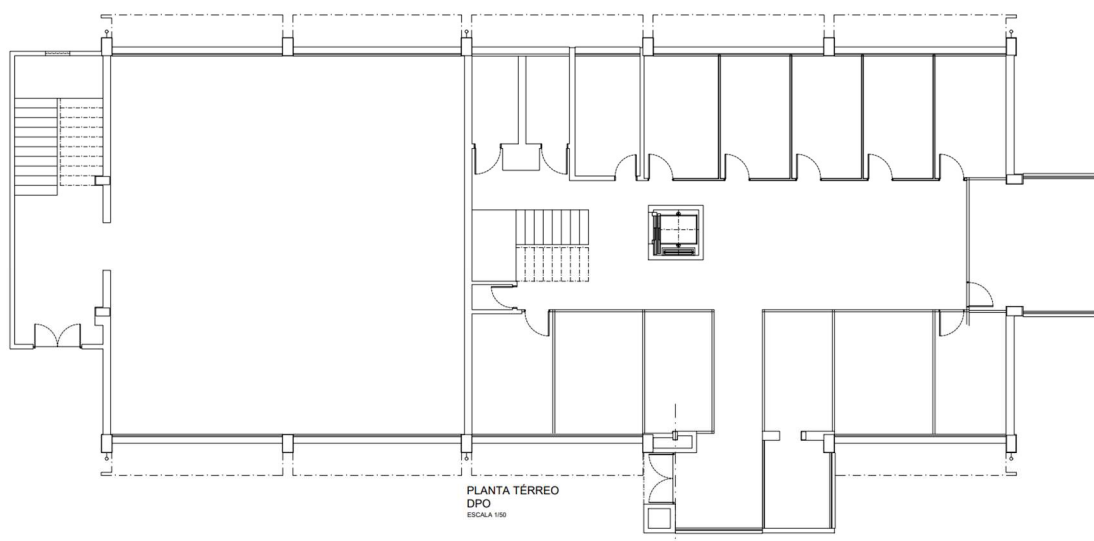
5.1 Diagnóstico da situação corrente no contexto da elaboração de projetos na UFV

5.1.1 Infraestrutura física

Dentro da estrutura organizacional da Pró-reitora de Administração – PAD, a Diretoria de Projetos e Obras - DPO é responsável pela elaboração dos projetos arquitetônicos, complementares e preparação do orçamento e demais documentos necessários para licitações das obras e reformas, assim como a fiscalização dos contratos.

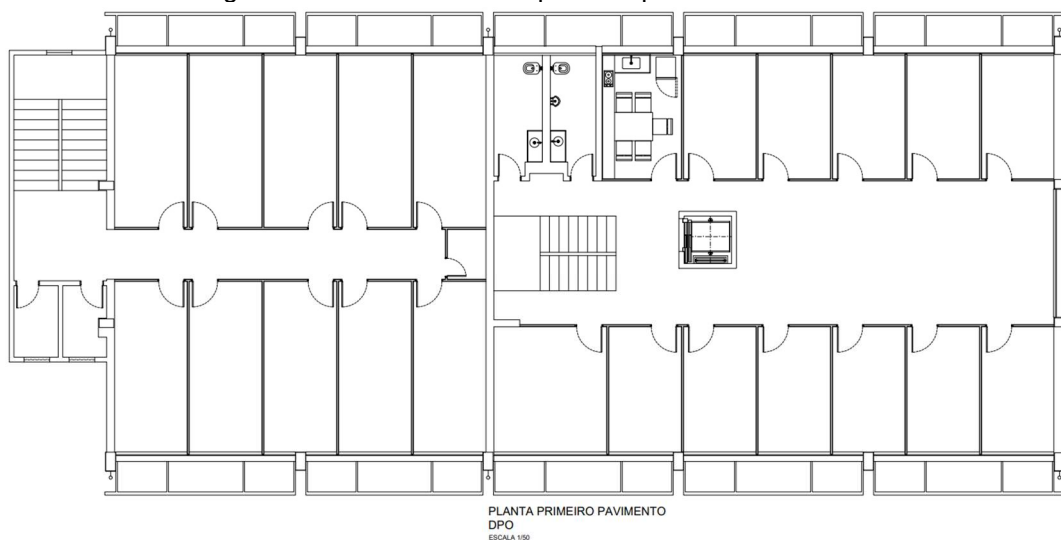
Atualmente, a DPO ocupa o Prédio denominado Diretoria de Projetos e Obras e Diretoria de manutenção, ou seja, as duas Diretorias vinculadas a PAD ocupam aproximadamente 50% da edificação, o restante é ocupado pelo Departamento de Engenharia Agrícola. O prédio é composto por 3 pavimentos (térreo, primeiro e segundo). As plantas baixas dos pavimentos estão apresentadas nas Figuras 13, 14 e 15. A edificação passou por reforma, visando promover uma melhoria nas condições de trabalho dos profissionais que compõem as Diretorias e ocupam a edificação. Buscando melhor interação entre os profissionais, o segundo pavimento foi reestruturado para que fosse implantado um escritório panorâmico, conforme projeto arquitetônico apresentado na Figura 15.

Figura 13 – Planta Baixo do pavimento Térreo DPO/DIM



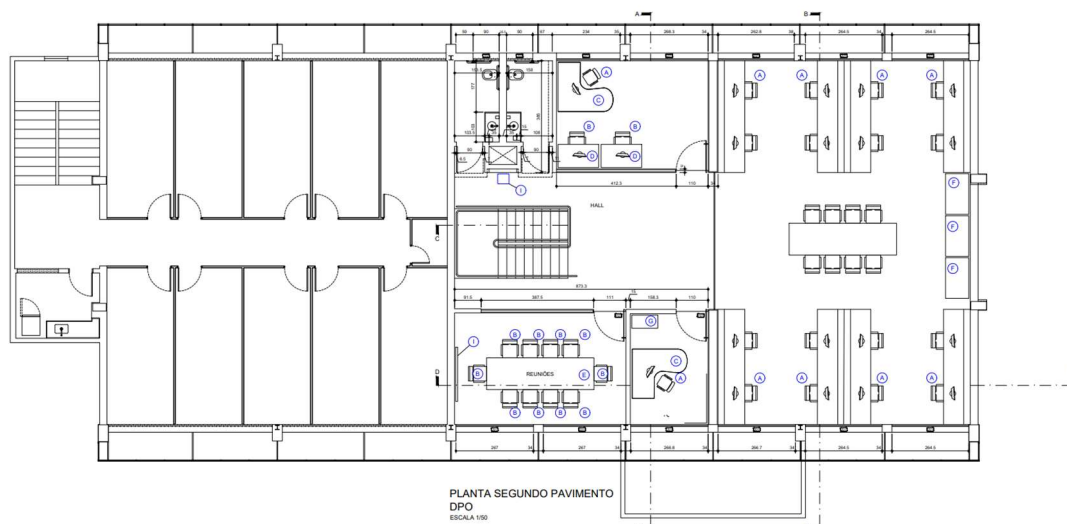
Fonte: O autor.

Figura 14 – Planta Baixa do primeiro pavimento DPO/DIM



Fonte: O autor.

Figura 15 – Planta Baixa do segundo pavimento DPO/DIM



Fonte: O autor.

O segundo pavimento da edificação foi projetado para facilitar a implantação do BIM na DPO. O espaço contém uma sala para projetos com duas mesas para trabalho, um escritório panorâmico com ambiente destinado a 8 profissionais e um estagiário para cada profissional, uma sala de apoio e uma sala de reuniões.

Ainda foram realizadas outras melhorias, como a instalação de brise na fachada de toda edificação, para promoção do conforto térmico para os colaboradores, conforme a Figura 16. Após a reforma, o espaço físico usado para elaboração de projetos tornou-se mais funcional, além de possibilitar maior colaboração entre os membros da equipe.

Figura 16 – Brises na Fachada NO - Vedação



Fonte: O autor.

5.1.2 Projetos orçados e desenvolvidos no período 2019-2023

Os projetos e orçamentos desenvolvidos para as contratações de obras de construções novas e reformas que foram realizadas pela DPO entre os anos de 2019 a 2023 estão apresentadas nas Tabelas 3 a 7.

Tabela 3 – Projetos e licitações realizadas em 2019

| CONTROLE DA MONTAGEM DO PROCESSO LICITATÓRIO DE CONTRATAÇÃO DE OBRAS - 2019 | | | | |
|---|----------------------|--------------|-------------|-------------------|
| Nome do Objeto | Valor da solicitação | Processo | Modalidade | Valor da Proposta |
| Reforma e Adequação do Sistema de Prevenção e Comb. a Incêndio e Pânico do Centro de Vivência | R\$863.526,53 | 001839/2019 | Menor Preço | R\$ 791.999,55 |
| Reforma PCD | R\$ 166.253,92 | 001834/2018 | Menor Preço | R\$ 159.563,94 |
| Reforma do Laboratório de Ensino Biologia | R\$ 386.879,15 | 002696/2019 | Menor Preço | R\$ 331.234,83 |
| Esquadrias banheiro Econ. Doméstica e Depto Solos | R\$ 16.823,54 | 005228/2019 | Menor Preço | R\$ 15.806,56 |
| Observatório | R\$ 2.124.287,82 | 005503/2019 | Menor Preço | R\$ 1.839.962,81 |
| Revestimento Elevadores BBT | R\$ 17.651,83 | 006022/2019 | Menor Preço | R\$ 16.416,82 |
| Serviços de M&V | R\$ 47.690,00 | 006589/2019 | Menor Preço | R\$ 38.000,00 |
| Centro de Atendimento ao Público | R\$ 38.035,83 | 006192/2019 | Menor Preço | R\$ 36.894,44 |
| Instalações de Aparelhos de Ar Condicionado-CRP | R\$ 169.041,82 | 007446/2019 | Menor Preço | R\$ 166.341,12 |
| Reforma da Auditoria Interna e Procuradoria Jurídica | R\$ 369.063,99 | 007512/2019 | Menor Preço | R\$ 359.448,28 |
| Reforma do Dpto de Comunicação e Diretoria de Comunicação Institucional | R\$738.741,84 | 007511/2019 | Menor Preço | R\$ 654.264,37 |
| Reforma do Laboratório Biologia Estrutural | R\$ 206.567,31 | 007623/2019 | Meno Preço | R\$ 192.765,00 |
| Rede Média e Baixa - CAF | R\$ 132.091,49 | 007987/2019 | Menor Preço | R\$ 125.941,42 |
| Acessibilidade RU e BBT | R\$ 373.897,18 | 008073/2019 | Menor Preço | R\$ 371.397,35 |
| Reforma Abatedouro | R\$ 299.825,32 | 0081144/2019 | Menor Preço | R\$ 275.835,13 |
| Biotério | R\$ 2.031.417,02 | 005227/2019 | Menor Preço | R\$ 1.664.520,50 |
| Idata Etapa III | R\$ 5.092.376,45 | 005810/2019 | Menor Preço | R\$ 4.347.661,56 |
| Rede de Esgoto Campus Florestal - Etapa II | R\$ 137.177,44 | 007509/2019 | Menor Preço | R\$ 133.637,98 |
| Valor Total orçado / contratado por ano | R\$ 13.211.348,48 | | | R\$ 11.521.691,66 |

Fonte: O autor.

As licitações realizadas no ano de 2019 demonstram que foram realizadas a licitação de 18 contratos de obras e reformas, sendo o valor orçado de

R\$13.211.348,48 e valor adjudicado de R\$ 11.521.691,66, conforme pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 4 – Projetos e licitações realizadas em 2020

| CONTROLE DA MONTAGEM DO PROCESSO LICITATÓRIO DE CONTRATAÇÃO DE OBRAS - 2020 | | | | |
|---|----------------------|-------------|------------|-------------------|
| Nome do Objeto | Valor da solicitação | Processo | Modalidade | Valor da Proposta |
| Construção e Recuperação de Alambrado | R\$ 354.724,43 | 001467/2020 | TP 01/2020 | R\$ 319.211,62 |
| Recomposição de Parte de Postes com Luminárias da PH Rolfs, Pista de Atletismo, Pátio DCE Piscina e MG-280. | R\$ 128.908,98 | 001466/2020 | TP 02/2020 | R\$119.900,61 |
| Revestimentos PVB- CAV | R\$567.916,15 | 001502/2020 | TP 03/2020 | R\$ 519.288,73 |
| Adequação de estrutura viária no campus UFV - Viçosa para implantação de sistema cicloviário – Etapa 01 | R\$ 500.021,50 | 001563/2020 | TP 04/2020 | R\$ 495.079,07 |
| Reformas GPC, DMT, Galpão DMT, BBT e DER | R\$3.171.171,80 | 001587/2020 | TP 05/2020 | R\$ 3.048.456,78 |
| Reforma das instalações de telecomunicações nos prédios do COLUNI, DAG e DTI | R\$ 668.951,44 | 001586/2020 | TP 06/2020 | R\$ 609.518,11 |
| Reformas do telhado da DPJ, fachada do DEM, pintura no DES, pintura da DFN, telhado do DAU e pintura externa do | R\$1.159.353,48 | 001678/2020 | TP 07/2020 | R\$ 1.106.883,78 |
| Reforma Estabulo Modelo (Compost Barn) | R\$2.072.331,51 | 001721/2020 | TP 10/2020 | R\$ 1.894.011,24 |
| Reforma do Laboratório de Matéria Organica - Casa 50 | R\$ 511.377,96 | 001776/2020 | TP 11/2020 | R\$ 463.482,96 |
| Fachadas PVA e BBT CRP | R\$ 818.805,17 | 001783/2020 | TP 12/2020 | R\$ 808.000,00 |
| Reforma Diversas Coberturas Campus Viçosa | R\$ 1.860.476,14 | 001719/2020 | TP 13/2020 | R\$ 1.841.000,00 |
| Reforma Abatedouro | R\$ 422.217,50 | 001778/2020 | TP 14/2020 | R\$ 383.374,71 |
| Serviços de Tapa Buraco | R\$ 89.409,01 | 001781/2020 | TP 15/2020 | R\$ 79.126,97 |
| GESEP – ETAPA I | R\$ 464.835,02 | 001779/2020 | TP 16/2020 | R\$ 438.918,19 |
| Obra De Cobertura Metálica – ETAPA II | R\$ 635.233,07 | 001775/2020 | TP 17/2020 | R\$ 621.314,13 |
| Acesso e Estacionamento Da Casa Diogo Alves de Melo | R\$ 300.085,29 | 001799/2020 | TP 18/2020 | R\$ 295.000,00 |
| Reforma do Data Center – Etapa I Campus UFV em Florestal/MG | R\$ 516.049,41 | 001780/2020 | TP 19/2020 | R\$ 499.081,97 |
| Construção do Almoarifado de Produtos Químicos | R\$774.041,25 | 001723/2020 | TP 20/2020 | R\$ 665.000,00 |
| ETE Campus CRP | R\$63.910,95 | 001791/2020 | TP 21/2020 | R\$ 58.900,00 |
| | R\$ 355.259,00 | | | R\$ 301.970,00 |
| Alojamento Pos e Posinho | R\$ 3.898.342,46 | 001611/2020 | CC 01/2020 | R\$ 3.573.931,21 |
| Construção do Biotério – Etapa II | R\$ 3.341.066,09 | 001612/2020 | CC 02/2020 | R\$ 2.984.000,00 |
| Reforma do Alojamentos Novo, Novíssimo, Feminino e Lavanderias | R\$ 5.375.235,41 | 001703/2020 | CC 03/2020 | R\$ 4.985.000,00 |
| Construção do Espaço Multiuso CRP - Etapa I | R\$ 3.909.493,44 | 001720/2020 | CC 04/2020 | R\$ 3.188.086,47 |
| Reforma do Departamento de Comunicação | R\$3.313.835,25 | 001722/2020 | CC 05/2020 | R\$ 3.000.000,00 |
| Valor Total orçado / contratado por ano | R\$ 35.273.051,71 | | | R\$ 32.298.536,55 |

Fonte: O autor.

No ano de 2020, foram licitados 24 contratos de obras e reformas, sendo o valor orçado de R\$ 35.273.051,71 e valor adjudicado de R\$ 32.298.536,55 (Tabela 4).

De acordo com a Tabela 5, as licitações realizadas no ano de 2021 foram relacionadas a 4 contratos de reformas, sendo o valor orçado de R\$ 3.133.267,68 e valor adjudicado de R\$ 3.001.866,00.

No ano de 2022, foram licitados 6 contratos de obras e reformas, sendo o valor orçado de R\$ 8.271.804,25 e valor adjudicado de R\$ 8.023.668,11 (Tabela 6).

A partir da Tabela 7, pode-se observar que no ano de 2023 foram licitados 13 contratos de obras e reformas, sendo o valor orçado de R\$ 21.868.364,57 e valor adjudicado de R\$ 20.853.000,49, portanto, houve um aumento de mais de 50% em relação ao número de contratos e seus valores em relação ao ano de 2022.

Tabela 5 – Projetos e licitações realizadas em 2021

CONTROLE DA MONTAGEM DO PROCESSO LICITATÓRIO DE CONTRATAÇÃO DE OBRAS - 2021

| Nome do Objeto | Valor da solicitação | Processo | Modalidade | Valor da Proposta |
|--|----------------------|----------------------|------------|-------------------|
| Recuperação Pavimentação Asfáltica | R\$ 124.418,94 | 23114.918224/2021-21 | TP 01/2021 | R\$ 123.177,95 |
| Reforma 4 Pilastras, Via Alternativa e Banheiro Recanto das Cigarras | R\$1.336.346,61 | 23114.918567/2021-95 | TP02/2021 | R\$ 1.272.703,48 |
| Rede Baixa e Média Tensão - Campus Viçosa, Florestal e Rio Paranaíba | R\$ 501.096,82 | 23114.918568/2021-30 | TP03/2021 | R\$ 471.085,39 |
| Reforma Piscina DCE | R\$1.171.405,31 | 23114.918856/2021-94 | TP04/2021 | R\$ 1.134.900,00 |
| Valor Total orçamento / contratado por ano | R\$ 3.133.267,68 | | | R\$ 3.001.866,82 |

Fonte: O autor.

Tabela 6 – Projetos e licitações realizadas em 2022

CONTROLE DA MONTAGEM DO PROCESSO LICITATÓRIO DE CONTRATAÇÃO DE OBRAS - 2022

| Nome do Objeto | Valor da solicitação | Processo | Modalidade | Valor da Proposta |
|---|----------------------|----------------------|------------|-------------------|
| Construção do Espaço Multiuso CRP Etapa II | R\$ 2.177.737,36 | 23114.917352/2022-38 | CC 02/2022 | R\$ 2.069.108,10 |
| Reforma do Alojamento Velho - Subsolo- Etapa II | R\$ 836.658,62 | 23114.922499/2022-40 | CC 05/2022 | R\$ 734.939,10 |
| Reforma da Sala de Estudos da PCD-Etapa II | R\$ 140.091,70 | 23114917648202259 | TP 02/2022 | R\$ 131.471,56 |
| Rede Dados e Elétrica Laboratórios CAF | R\$ 382.311,93 | 23114922651202294 | TP 03/2022 | R\$ 372.227,16 |
| Reforma do Centro de Vivência para adequações do PSCIP e Banheiros Etapa II | R\$ 823.204,28 | 23114.923004/2022-08 | TP 05/2022 | R\$ 814.906,14 |
| Construção do Espaço Multiuso CRP Etapa III | R\$ 3.911.800,36 | 23114.923495/2022-89 | D 38/2022 | R\$ 3.901.016,11 |
| Valor Total orçamento / contratado por ano | R\$ 8.271.804,25 | | | R\$ 8.023.668,17 |

Fonte: O autor.

Tabela 7 – Projetos e licitações realizadas em 2023

CONTROLE DA MONTAGEM DO PROCESSO LICITATÓRIO DE CONTRATAÇÃO DE OBRAS - 2023

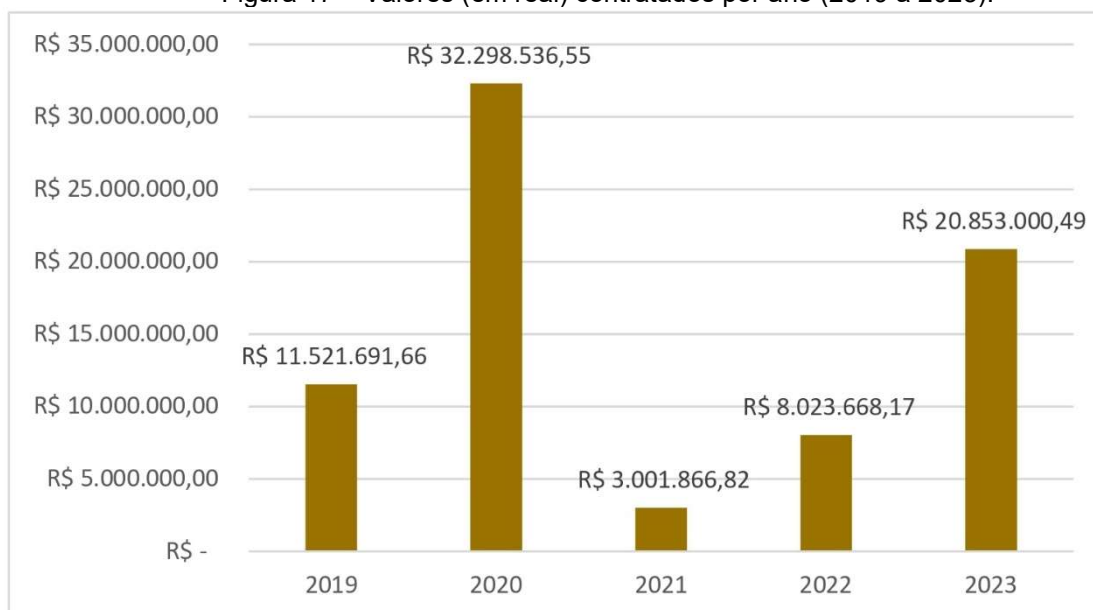
| Nome do Objeto | Valor da solicitação | Processo | Modalidade | Valor da Proposta |
|--|----------------------|----------------------|------------|-------------------|
| Reforma das Instalações do Edifício de Laboratórios- CRP, para instalação de tubulação de exaustão para capelas, situado no Campus da Universidade Federal de Viçosa em Rio Paranaíba - Minas Gerais | R\$ 204.769,93 | 23114.905224/2023-22 | TP 02/2023 | R\$ 204.768,74 |
| Reforma da DSS, situada no campus da Universidade Federal de Viçosa, cidade de Viçosa, Minas Gerais. | R\$ 906.087,39 | 23114.909884/2023-82 | TP 03/2023 | R\$ 855.338,29 |
| Recuperação de pavimentação asfáltica em vias do Campus e Serviços de Tapa Buraco Etapa II | R\$340.225,16 | 23114.914206/2023-31 | TP 04/2023 | R\$ 296.324,86 |
| Obra do DTA Etapa III | R\$ 675.249,50 | 23114.920169/2023-09 | CC 04/2023 | R\$ 599.899,43 |
| Reforma DBG, Centro de Vivência, DES e NMM | R\$4.932.131,61 | 23114.920340/2023-71 | CC 05/2023 | R\$ 4.890.749,79 |
| Reforma Data Center | R\$ 4.983.465,35 | 23114.920859/2023-50 | CC 07/2023 | R\$ 4.692.628,13 |
| Melhoria e Ampliação da IP- Rede Média | R\$571.676,73 | 23114.916728/2023-78 | TP 06/2023 | R\$ 565.948,20 |
| Construção do Edifício do Direito Etapa I | R\$3.847.999,12 | 23114.920460/2023-79 | CC 06/2023 | R\$3.457.538,21 |
| IDATA - Etapa IV | R\$ 596.412,11 | 23114.919211/2023-31 | CC 02/2023 | R\$ 596.412,11 |
| Espaço Multiuso CRP - Etapa IV | R\$ 2.713.083,45 | 23114.919669/2023-90 | CC 03/2023 | R\$ 2.630.000,00 |
| ETE Animal House | R\$ 820.602,33 | 23114.922000/2023-85 | TP 09/2023 | R\$ 792.372,00 |
| Almoxarifado de Produtos químicos | R\$ 476.291,05 | 23114.922018/2023-87 | TP 10/2023 | R\$ 473.034,42 |
| Reforma do Reservatório e vestiário da DAG | R\$ 800.370,84 | 23114.921543/2023-85 | TP 08/2023 | R\$797.986,31 |
| Valor Total orçamento / contratado por ano | R\$ 21.868.364,57 | | | R\$ 20.853.000,49 |

Fonte: O autor.

No período apresentado, que corresponde aos anos de 2019 a 2023, foram desenvolvidos projetos e orçamentos para a contratação de 65 obras ou reformas,

número significativo para o quantitativo de projetos desenvolvidos e obras contratadas descritos, nos quais foram investidos o valor de R\$ 75.698.763,69 (Figura 17). O nível de qualidade dos projetos e das obras executadas é considerado bom, mas a implantação do BIM visa contribuir para a melhoria na qualidade dos projetos, e principalmente, na redução no número de revisões.

Figura 17 – Valores (em real) contratados por ano (2019 a 2023).



Fonte: O autor.

5.1.3 Avaliação de ferramental computacional

Os modelos deverão ser compatibilizados utilizando a extensão IFC. Dessa forma, essa etapa tem como objetivo diagnosticar a eficiência dos aplicativos BIM, principalmente na troca de dados entre os diferentes *softwares*, facilitando, de forma automatizada e sem obstáculos, o fluxo de trabalho entre diferentes ferramentas durante o processo de modelagem.

O principal protocolo usado hoje para a interoperabilidade é o *Industry Foundation Classes* (IFC). Os projetos arquitetônicos e os projetos de engenharia deverão, obrigatoriamente, ser desenvolvidos com o uso *softwares* em BIM, de livre escolha da empresa contratada, devendo ser entregue nos seguintes formatos: IFC 2x3 ou IFC4 – por ser a extensão pública para o Gerenciamento e Interoperabilidade de informações e dados de projeto, conforme definição da ISO–PAS–16739:2013 – e no(s) formato(s) nativo(s) do(s) *software(s)* de modelagem utilizado(s), quando assim

estabelecido em edital. Os *softwares* escolhidos devem importar e exportar corretamente as informações para IFC.

Para utilização do BIM, foi adquirido o upgrade do QIBUILDER 2022 PLENA TOP [LVIT] Software para projetos de instalações prediais; aplicação com nº de níveis ilimitados, elementos por pavimento ilimitado e área de projeto ilimitada; Versão com sete disciplinas: QiElétrico, QiCabeamento, QiSPDA, QiHidrossanitário, QiGás, QiIncêndio, QiClimatização, com valor total investido de R\$ 25.080,00.

Também foi adquirido o software para elaboração de orçamentos Qlvisus 2022, orçamento 5d + planejamento 4d. O ORÇAMENTO 5D permite geração dos quantitativos diretamente dos modelos 3D, enquanto o PLANEJAMENTO 4D permite a simulação do cronograma integrado ao modelo 3D. Licença Temporária; com valor investido de R\$ 10.066,00.

O *software* Qicloud 2022 standard foi obtido para armazenamento dos projetos em nuvem para trabalho colaborativo, com quantidade de obras ativas 20 e quantidade de usuários 25, espaços em nuvem de 50 GB, sendo o valor de investimento igual a R\$ 44.000,00.

Para o desenvolvimento dos projetos de arquitetura está sendo adotado o ARCHICAD (ACD), que é um programa de arquitetura desenvolvido pela empresa húngara GRAPHISOFT. O software trabalha com elaborações de projetos, modelos arquitetônicos e modelagem de instalações, produzidos através do GRAPHISOFT MEP Modeler, permitindo visualização em 2D e 3D.

Para elaboração de projeto estrutural foi utilizado o TQS, que é um software destinado à elaboração de projetos estruturais de edificações de concreto armado. Esse software é composto por um conjunto de sistemas que, de forma totalmente integrada e automatizada, fornece recursos necessários para a concepção estrutural, análise estrutural, dimensionamento e detalhamento de armaduras, geração de desenhos até a emissão de plantas. Também poderá ser utilizado por profissionais contratados o Eberick, programa para dimensionamento e detalhamento desenvolvido pela AltoQi.

Estão listados na Tabela 8, de forma resumida, os softwares considerados neste estudo.

Tabela 8 – Softwares utilizados pela equipe de projeto

| Softwares/Versões | | | | |
|--|-------------------------|--------|------------------------------------|------------------------------------|
| Disciplina/Atividade | Software | Versão | Arquivos | |
| | | | Entrada | saída |
| Arquitetura | ArchiCAD; AutoCAD | 2019 | IFC, DWG, formatos de imagem | IFC, DWG, formatos de imagem |
| Estrutura | TQS; Eberick | 2020 | DWG, DXF, IFC | DWG, DXF, IFC, PDF |
| Hidráulico | QIBulder | 2022 | DWG, DXF, IFC | DWG, DXF, IFC, PDF |
| Sanitário | QIBulder | 2022 | DWG, DXF, IFC | DWG, DXF, IFC, PDF |
| Elétrico, dados e SPDA | QIBulder | 2022 | DWG, DXF, IFC | DWG, DXF, IFC, PDF |
| Incêndio | QIBulder | 2022 | DWG, DXF, IFC | DWG, DXF, IFC, PDF |
| Climatização | QIBulder | 2022 | DWG, DXF, IFC | DWG, DXF, IFC, PDF |
| Gases | QIBulder | 2022 | DWG, DXF, IFC | DWG, DXF, IFC, PDF |
| Engenharia Simultânea e Compatibilização | Alto Qi Visus Collab | 2022 | IFC | IFC |
| Planejamento 4D | QIVisus | 2022 | IFC | xlx |
| Orçamento 5D | QIVisus | 2022 | IFC | xlx |

Fonte: Adaptado de MPDFT (2020).

5.1.4 Classificação do estágio atual de maturidade BIM

Inicialmente, para a implementação do BIM foi definido o estágio atual de maturidade do DPO segundo Khosrowshahi e Arayici (2012), que definem os níveis ou estágios de maturidade BIM, incluindo ainda o Pré-BIM:

- Pré-BIM (Nível 0), caracterizado por práticas tradicionais 2D (AutoCAD), ainda com ineficiência e barreiras significativas. A maioria da informação é armazenada em documentos escritos, pranchas e detalhes 2D. Existe grande possibilidade de existirem erros humanos e problemas entre diferentes versões de projeto.

- Estágio 1 (Nível 1), onde há a transição de 2D para o 3D, sendo que o modelo passa a ser construído com elementos arquitetônicos tridimensionais. Nessa fase, as disciplinas ainda são tratadas separadamente e a documentação final ainda é composta, majoritariamente, por desenhos 2D. Ocorre a utilização de softwares e processos BIM para otimizar a produção de projetos, mas não há compartilhamento de modelos.
- Estágio 2 (Nível 2), apresenta progresso da modelagem 3D para a colaboração e interoperabilidade. Tal nível requer um compartilhamento integrado de dados entre as partes envolvidas com a finalidade de suprir a abordagem colaborativa. A colaboração é atingida através de intercâmbio de informações entre as diferentes partes da equipe do projeto para criar um modelo federado.
- Estágio 3 (Nível 3), marcado pela passagem da colaboração para a integração, refletindo a filosofia real BIM. Nesse nível de maturidade os colaboradores do projeto interagem em tempo real, permitindo análises complexas ainda nas fases iniciais de projeto. O produto final inclui, além da documentação 2D, propriedades semânticas de objetos, princípios de construção enxuta, políticas sustentáveis, etc.

De acordo com essa classificação, o estágio atual de maturidade BIM da equipe da Diretoria de Projetos e Obras foi avaliada como Estágio 1. Este resultado corrobora com Oliveira (2022), que avaliou a maturidade BIM na DPO baseada no método avaliativo BIM Maturity Matrix proposto por Succar (2010), e encontrou no nível de maturidade “Definido”, e iniciou processos nos estágios 1 e 2. Segundo este autor, a partir da avaliação/diagnóstico institucional, os principais pontos a serem desenvolvidos pela organização são: definir metas e objetivos; criar um comitê de planejamento; definir usos; definir processos; adquirir equipamentos e software compatíveis com os usos; criar um programa de treinamento e educação acerca do BIM.

5.2 Metodologias e padrões de trabalho

São apresentadas, nas seções seguintes, as proposições que consistem nas metodologias e padrões de trabalho, como parte dos resultados da presente pesquisa. As proposições são baseadas nas informações obtidas do estudo diagnóstico e

classificação do estágio atual de maturidade BIM, e visam manter e consolidar práticas correntes e alinhadas ao Plano de Implantação BIM na DPO/UFV, trazendo as adequações necessárias à implementação do Plano.

5.2.1 Fluxograma das atividades de engenharia simultânea e compatibilização para cada fase de projeto.

Para a realização das atividades de engenharia simultânea e compatibilização para cada fase de projeto, propõe-se as seguintes etapas de trabalho:

1. Criar o arquivo de projeto no software nativo (ArchiCAD, QIBuilder e TQS) a partir do template da disciplina, salvando no diretório padrão da DPO;
2. Fazer a associação com os modelos de arquitetura e estrutura utilizando o Visus Collab (através da importação do modelo em IFC). Nesse procedimento deve ser seguida a origem comum no sistema de coordenadas definida pela Arquitetura. Todas as disciplinas deverão seguir a mesma origem para que os modelos sejam sobrepostos no posicionamento correto, formando assim o modelo federado;
3. Fazer a associação com os modelos das disciplinas que precedem na ordem de prioridade de alteração e demais que achar necessário;
4. Seguir os níveis de trabalho definidos no entreforro para cada disciplina de projeto (com vigas tradicionais);
5. Desenvolver o projeto seguindo a ordem de precedência de alteração das disciplinas, sempre mantendo contato com os demais projetistas para resolver interferências observadas durante a elaboração;
6. Os responsáveis pela geração dos relatórios de interferências devem criar arquivos locais de compatibilização de cada arquivo central das disciplinas de projeto para análise de interferências no software nativo de cada disciplina, ainda durante a elaboração dos projetos;
7. Os projetistas deverão gerar semanalmente arquivos IFC para criação do modelo federado e análise de interferência em software específico (Visus Collab);
8. Os relatórios de interferências devem ser emitidos quinzenalmente e encaminhados para cada projetista envolvido nas interferências detectadas;
9. Os projetistas deverão abrir os relatórios nos softwares nativos, permitindo a localização automática das interferências relatadas.

10. As soluções adotadas serão reportadas ao gerente de projeto, ao gestor BIM e ao agente compatibilizador; e
11. Reuniões de projeto deverão acontecer semanalmente/quinzenalmente dependendo da fase e necessidade do projeto; sendo essencial que o coordenador de projeto e o gerente BIM acompanhem a compatibilização. O processo apresentado deve ser repetido a cada fase, conforme previsto no fluxo de projeto BIM, até que as demandas sejam resolvidas.

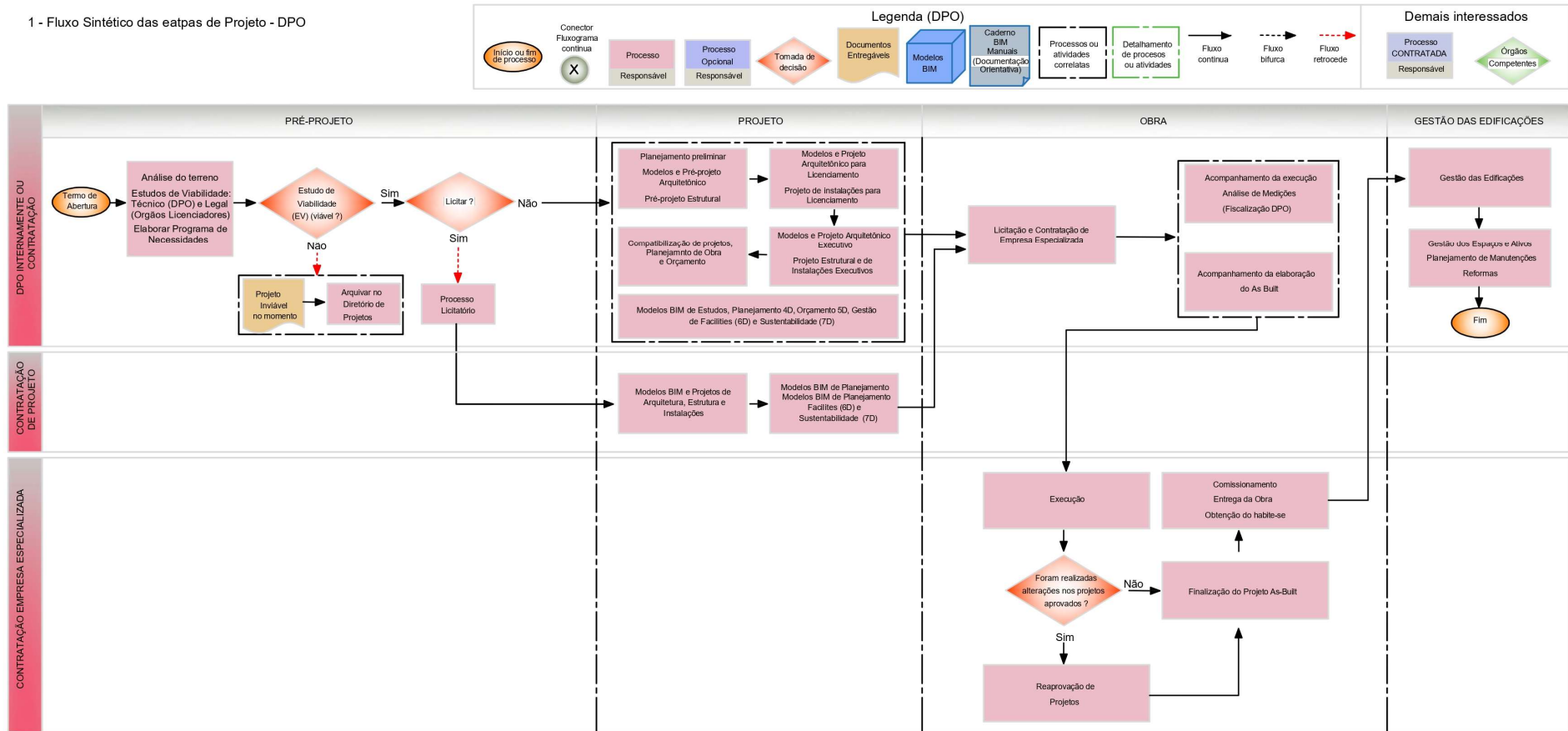
Os esquemas representando os fluxos de processo do projeto estão apresentados nas Figuras 18, 19 e 20. Na Figura 18 estão apresentadas as seguintes fases: pré-projeto, projeto, obra e gestão das edificações, sendo que o projeto pode ser desenvolvido internamente ou por meio da contratação de empresas especializadas.

Na Figura 19, referente ao Fluxo Analítico das etapas de projeto – DPO, estão apresentadas as fases de concepção, o fluxo de etapas de projeto, o fluxo de elaboração de projetos – arquitetura, estrutura e instalações, o fluxo para compatibilização dos modelos, as fases de planejamento, quantitativo e orçamento, a conclusão do projeto executivo, licitação, fiscalização e gestão do contrato, e o recebimento do objeto.

Na Figura 20 está esquematizado o fluxo para a compatibilização dos projetos da DPO, onde os modelos nativos exportados com extensão IFC passam pelo controle de qualidade de correções, sendo realizada uma verificação inicial e individual dos modelos. Após a correção inicial, os arquivos são exportados para o ACD formando o arquivo federado, onde se inicia a compatibilização e checagem de conflitos. Em seguida, os relatórios BCF são gerados, reuniões de compatibilização são realizadas, e ocorrem as análises e correções das incompatibilidades e a aprovação e controle de qualidade, gerando, o projeto compatibilizado federado IFC com os relatórios de compatibilização, obtendo, portanto, o Modelo Federado Compatibilizado.

Figura 18 – Fluxograma 1: Fluxo Sintético de Projeto – DPO.

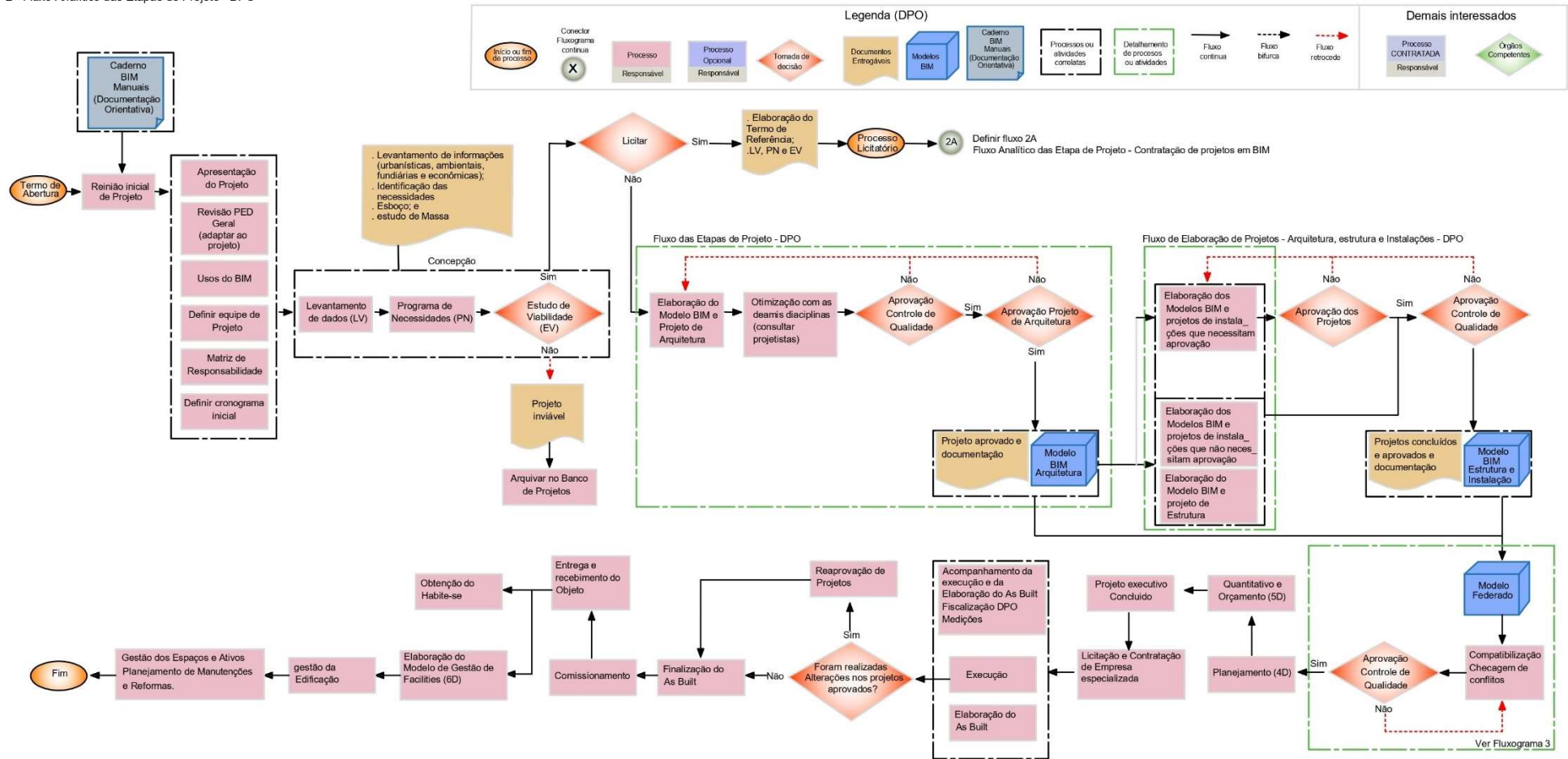
1 - Fluxo Sintético das etapas de Projeto - DPO



Fonte: Adaptado de MPDFT (2020).

Figura 19 – Fluxograma 2: Fluxo Analítico das etapas de Projeto – DPO.

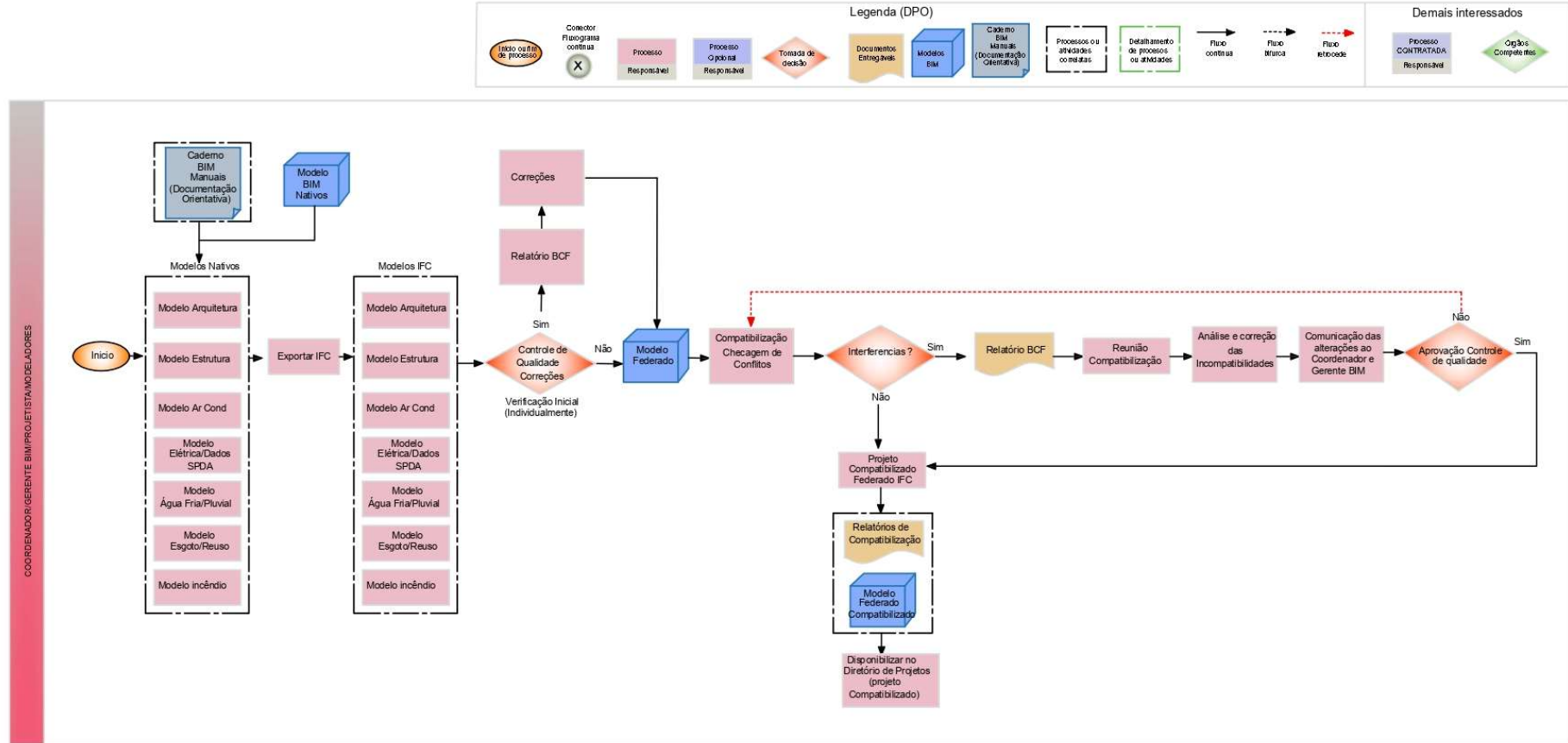
2 - Fluxo Analítico das Etapas de Projeto - DPO



Fonte: Adaptado de MPDFT (2020).

Figura 20 – Fluxograma 3: Fluxo de processos de compatibilização de projetos

3 - (Detalhamento) Fluxo de processo de Compatibilização de Projeto - DPO



Fonte: Adaptado de MPDFT (2020).

5.2.2 Nível de informação e nível de detalhe baseado no sistema de classificação NBR 15965

Ao longo do processo de modelagem, é necessário definir níveis progressivos de precisão geométrica e informação, levando em consideração o fato de que a evolução geométrica não necessariamente acompanha a progressão da informação.

Outro entendimento importante é referente à desassociação dos níveis de detalhe e informação dos elementos em relação às etapas de projeto, utilizadas, por exemplo, como marcos para realização de pagamentos das empresas prestadoras de serviços.

Na elaboração de um projeto utilizando a metodologia BIM, devem ser considerados dois níveis para os elementos do modelo: o Nível de Detalhe (ND) e o Nível de Informação (NI). A organização britânica NBS (*National BIM Specification*) utiliza dois conceitos principais para determinação dos níveis dos elementos do modelo: LOD para *Level of Detail* (Nível de Detalhe) e LOI para *Level of Information* (Nível de Informação) (NBS, 2022).

Deverá ser realizada uma definição do nível de detalhe e nível de informação utilizados na DPO, com o desenvolvimento de Quadros com Níveis de Detalhe e Informação mínimos por disciplina e etapa de projeto.

5.2.3 Equipe de elaboração de projeto

A equipe de elaboração do projeto será em sua maior parte definida pela Diretoria de Projetos e Obras, em função do número de projetos em andamento e das especificidades de cada projeto, conforme modelo apresentado no Quadro 4.

Quadro 4 – Equipe de Projeto

| Equipe de Projeto | | | | | |
|---|---|----------|-------|--------|----------|
| Corpo Técnico | Disciplina | Técnicos | Setor | E-mail | Telefone |
| Projetista e Coordenador do Projeto | Arquitetura | | | | |
| | Planialtimétrico | | | | |
| Projetos Complementares | Estrutura | | | | |
| | Hidráulico | | | | |
| | Sanitário | | | | |
| | PCIP | | | | |
| | Elétrico | | | | |
| | Dados | | | | |
| | SPDA | | | | |
| | Ar Condicionado | | | | |
| Gerente BIM | | | | | |
| Planejamento | | | | | |
| Orçamento | | | | | |
| Modeladores BIM - Apoio elaboração dos Modelos e detalhamento | Modelo do terreno e Modelo do canteiro | | | | |
| | Estudo de Massa/envolvória e análise e análise energética | | | | |
| | Modelo planejamento 4D | | | | |
| | Modelo Orçamento 5D | | | | |
| | Acompanhamento Modelo As Built | | | | |
| | Modelo Gestão da Edificação 6D | | | | |

Fonte: O autor.

5.2.4 Matriz de responsabilidades

A matriz de responsabilidade seguiu a composição e responsabilidades definidas neste projeto (Quadro 5). Com a composição e responsabilidades determinadas, foi desenvolvido o cronograma de elaboração do projeto definindo os prazos das atividades e entregas. Para reforçar a colaboração ativa entre os membros da equipe de projeto, foi definida a matriz de responsabilidade de coparticipação dos envolvidos.

Quadro 5 – Matriz Colaborativa tarefa x responsabilidade

| Matriz Colaborativa Tarefa x Responsabilidade | | | | | | |
|--|-------------------------|-----------------|------------------|---------------|-----------------|-------------|
| Disciplinas de Projeto | Equipe Multidisciplinar | | | | | |
| | Arquiteto | Eng. Estrutural | Eng. Instalações | Eng. de Custo | Coord. Projetos | Gerente BIM |
| Arquitetura | | | | | | |
| Estrutura | | | | | | |
| Instalações Mecânicas | | | | | | |
| Instalações Hidráulicas | | | | | | |
| Instalações Sanitárias | | | | | | |
| Instalações Contra Incêndio | | | | | | |
| Dados | | | | | | |
| Orçamento | | | | | | |

| Legenda | |
|----------------|------------------------------------|
| | Responsável |
| | Decide Conflitos |
| | Deve ser consultado (processo BIM) |

Fonte: Adaptado de Barros Neto (2001)

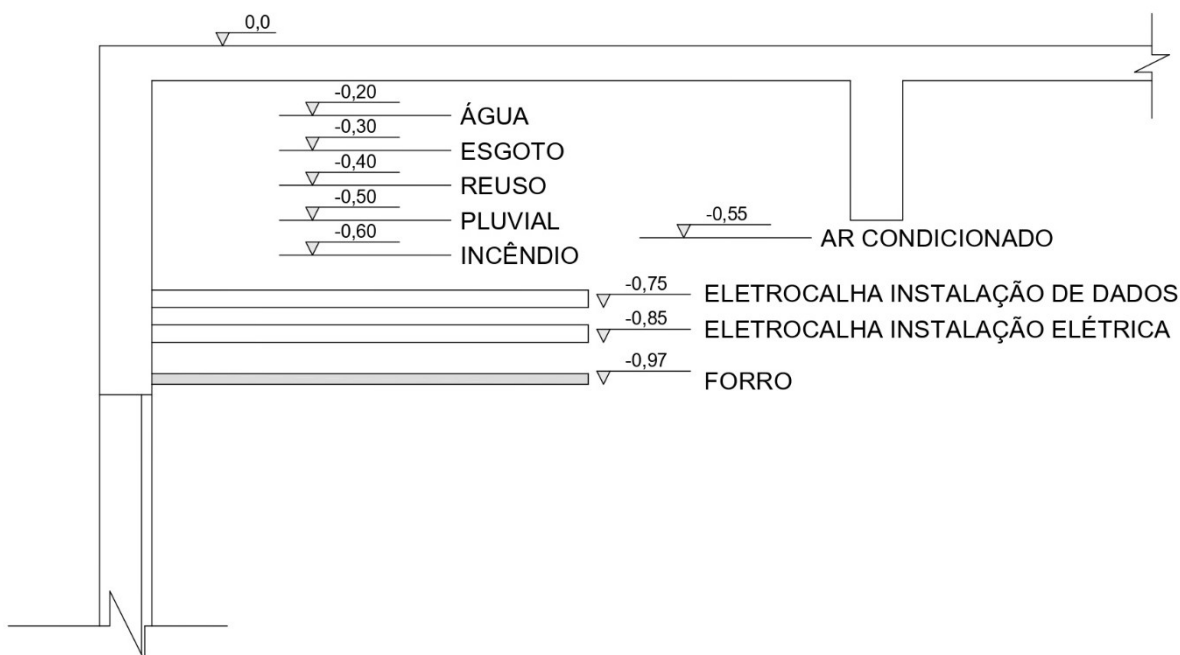
5.2.5 Níveis de trabalho das disciplinas de projeto

Devem ser seguidos os níveis de trabalho apresentados na Figura 21, em função das especificidades necessárias para atender as características das obras. Todas os projetos complementares devem considerar as premissas indicadas na

sequência, podendo os níveis ser alterados em função das características de cada projeto.

- Adotar um entreferro de 100 cm.
- As instalações hidrossanitárias, pluviais e reuso ficarão no nível mais alto, próximo a laje.
- As instalações de AC ocuparão o nível intermediário do entreferro.
- Haverá concorrência entre (hidrossanitário + pluvial) com AC em vários pontos do entreferro.
- As instalações contra incêndio ficarão no nível mais baixo, logo acima das eletrocalhas de dados.
- As instalações elétricas ficarão acima do forro, quando necessário desviará das demais instalações quando necessário.

Figura 21 – Níveis de trabalho



Fonte: O autor.

5.2.6 Matriz de compatibilização das disciplinas e lista de verificações

No Quadro 6 é apresentada a matriz de compatibilização, que lista os principais elementos construtivos de cada disciplina que deverão ser checados prioritariamente. As interferências entre estes elementos construtivos foram classificadas em críticas e moderadas nas listas de verificação (checklists) de cada disciplina.

As listas de verificação de interferências podem ser acessadas no site do MPDFT ou fornecida pela equipe que fiscalizará o contrato. Serão verificadas possíveis interferências entre todos os elementos listados das disciplinas sob análise. Por exemplo, na análise estrutura x arquitetura, os pilares serão confrontados com todos os elementos listados na arquitetura, depois as vigas e, assim, sucessivamente. Além dos conflitos físicos, deverão ser verificados, ainda, os normativos e funcionais.

Quadro 6 – Matriz de compatibilização

| Matriz de compatibilização | | | | |
|----------------------------|--------------------------------|---|-------------------------|--|
| | Disciplinas Compatibilizadas | | Observações | |
| | Estrutura | x | | Arquitetura |
| Elementos compatibilizados | Pilares | | Paredes | Verificar alinhamentos de paredes e platibandas com vigas e pilares; e ajustar nível superior de paredes a base das vigas; Verificar intersecção (interferências); Verificar dimensões de escadas e lajes. |
| | Vigas | | Platibandas | |
| | lajes | | Portas | |
| | Escadas | | Janelas | |
| | Sapatas ou Blocos | | Poço Elevador | |
| | | | Escadas | |
| | | | Shafts | |
| | Hidrossanitário | x | Arquitetura + Estrutura | |
| Elementos compatibilizados | Água fria | | Paredes | Verificar intersecção (interferências); e Verificar posição de acabamentos e pontos hidráulicos. |
| | Água quente | | Portas | |
| | Esgoto | | Janelas | |
| | Tubulação de ventilação | | Poço Elevador | |
| | Pluvial | | Escadas | |
| | Reuso | | Shafts | |
| | Bombas | | Acabamentos | |
| | Registros (pontos Hidráulicos) | | Pontos hidráulicos | |
| | Torneiras | | | |
| | Ralos e Caixas | | | |
| Sifão | | | | |

Fonte: Adaptado de MPDFT (2020).

Quadro 6 – Matriz de compatibilização (continuação)

| | Ar Condicionado | x | Arquitetura + Estrutura | |
|-----------------------------------|---|----------|--------------------------------|--|
| Elementos compatibilizados | Dutos | | Pilares | Verificar intersecção (interferências) |
| | Drenos | | Vigas | |
| | Evaporadores | | Lajes e pisos elevados | |
| | Condensadores externos | | Forro | |
| | Tubulações | | Paredes | |
| | Bombas | | Esquadrias | |
| | | | Shafts | |
| | | | Circulação vertical | |
| | | | Poço elevador | |
| | | Escadas | | |
| | Incêndio | x | Arquitetura + Estrutura | |
| Elementos compatibilizados | Ramais, sub-ramais horizontais e prumadas | | Pilares | Verificar intersecção (interferências) |
| | Hidrantes | | Vigas | |
| | Bombas | | Lajes e pisos elevados | |
| | | | Forro | |
| | | | Paredes | |
| | | | Shafts | |
| | | | Circulação vertical | |
| | | | Poço elevador | |
| | | | Escadas | |
| | Elétrica | x | Arquitetura + Estrutura | |
| Elementos compatibilizados | Luminárias | | Pilares | Verificar intersecção (interferências) |
| | Toamdas | | Vigas | |
| | Interruptores | | Lajes e pisos elevados | |
| | bandeja de cabos | | Esquadrias | |
| | Conduítes | | Escadas | |
| | | | Shafts | |
| | | | Circulação vertical | |
| | | | Poço elevador | |

Fonte: Adaptado de MPDFT (2020).

Quadro 6 – Matriz de compatibilização (continuação)

| | Hidrossanitário | x | Incêndio | |
|-----------------------------------|---|---|---|--|
| Elementos compatibilizados | Água fria | | Ramais, sub-ramais horizontais e prumadas | Verificar intersecção (interferências) |
| | Água quente | | Hidrantes | |
| | Sanitário | | Bombas | |
| | Tubulação de ventilação | | | |
| | Pluvial | | | |
| | Reuso | | | |
| | Bombas | | | |
| | Hidrossanitário | x | Incêndio | |
| Elementos compatibilizados | Água fria | | Tomadas/interruptores | Verificar intersecção (interferências) |
| | Água quente | | bandeja de cabos | |
| | Sanitário | | Conduítes | |
| | Tubulação de ventilação | | | |
| | Pluvial | | | |
| | Reuso | | | |
| | Bombas | | | |
| | Incêndio | x | Ar condicionado | |
| Elementos compatibilizados | Ramais, sub-ramais horizontais e prumadas | | Dutos | Verificar intersecção (interferências) |
| | Tubulações | | Drenos | |
| | Hidrantes | | Saídas de Ar | |
| | Incêndio | x | Elétrica | |
| Elementos compatibilizados | Ramais, sub-ramais horizontais e prumadas | | luminárias | Verificar intersecção (interferências) |
| | Tubulações | | Tomadas/interruptores | |
| | Hidrantes | | Bandeja de cabos | |
| | Ar Condicionado | x | Elétrica | |
| Elementos compatibilizados | Dutos | | luminárias | Verificar intersecção (interferências) |
| | Drenos | | bandeja de cabos | |
| | Saídas de Ar | | Conduítes | |

Fonte: Adaptado de MPDFT (2020).

5.2.7 Sistema de medida, ponto de referência (pontos base de projeto) e georreferenciamento

O sistema métrico decimal e o ponto de referência (base do projeto) definidos não poderão ser alterados durante o desenvolvimento dos projetos.

Os modelos das disciplinas de projeto deverão ser elaborados a partir do mesmo ponto de referência definido inicialmente, independente dos softwares utilizados, para que possam ser associados (federados) sob a mesma localização espacial no sistema de coordenadas.

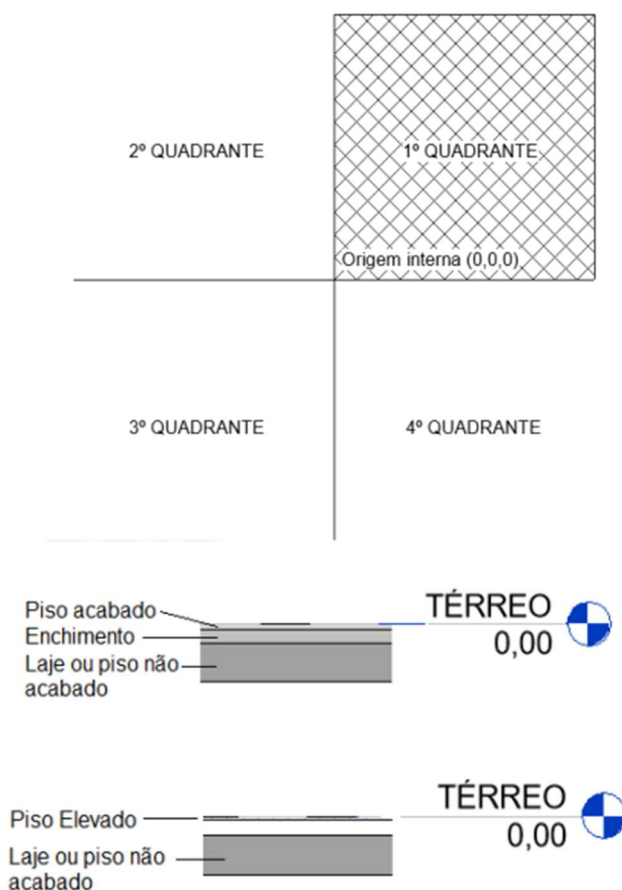
O ponto de referência (coordenadas do modelo) será definido pela disciplina de Arquitetura durante a implantação do projeto. Poderão ser adotadas as coordenadas 0,0,0 para os eixos X, Y e Z como referência padrão para todas as disciplinas.

O lote deverá ser georreferenciado, com suas respectivas latitude, longitude e altitude, preferencialmente com as ferramentas específicas dos softwares para tal função e considerando as coordenadas geográficas determinadas no levantamento topográfico.

Deverá ser definido o norte verdadeiro, através das ferramentas específicas dos softwares, para permitir a realização de simulações e estudos de incidência solar.

Os modelos deverão ser elaborados dentro do Primeiro Quadrante do eixo de coordenadas, sendo o nível 0 do eixo Z (conforme representados na Figura 22) o plano superior do piso acabado de maior extensão no pavimento. Caso a edificação tenha piso elevado, o nível 0 do eixo Z deverá ser considerado no plano superior do piso acabado fixado ao piso elevado.

Figura 22 – Especificação do quadrante de desenvolvimento projetual e representação do nível 0 do eixo Z.



Fonte: MPDFT (2020).

5.2.8 Permissões do projeto

O modelo será composto por diferentes projetos de disciplinas com determinado nível de dependência. Cada profissional responsável pelo projeto tem permissão para visualizar os demais projetos e alterar apenas o projeto de sua autoria.

5.2.9 Formatos de colaboração

O formato de arquivo BCF foi introduzido pela primeira vez em 2010 (bcfXML v1) e posteriormente desenvolvido em 2014 (bcfXML V2.1) e é um padrão aberto voltado para colaboração e da comunicação interna entre as partes envolvidas no projeto de construção (Zahedi; Petzold, 2019). Possuindo como base a linguagem XML, o formato de arquivo BCF permite o envio de relatórios com imagens vinculadas ao modelo de forma dinâmica, além de agregar funções de comunicação de responsabilidades e prazos (Processo de Projeto BIM –ABDI, 2017).

O BCF possibilita rastrear um ponto de vista específico do modelo e fazer um comentário, passando um problema ou informação a outras pessoas da equipe. O BCF elimina a necessidade de transferir grandes arquivos pela Internet. O padrão se tornou uma especificação oficial da building SMART e é suportado por vários softwares como Solibri Model Checker, Tekla Structures, Tekla BIMsight e outros (Manziona, 2013).

Nos processos BIM, é importante utilizar os relatórios de compatibilização em formato BCF gerados pelos softwares. Os relatórios de compatibilização devem ser de fácil entendimento e seu formato deve ser acordado entre os envolvidos a cada fase do projeto. Eles orientarão a compatibilização e servirão para discussão das soluções dos problemas detectados (Caderno BIM, 2020).

Este formato é interoperável, que permite a troca de comunicações, a rastreabilidade automática dos elementos do modelo BIM envolvidos nas interferências e que pode ser lido pela totalidade dos softwares de autoria existentes a partir de inúmeros plugins gratuitos ou de baixíssimo custo (Rodrigues, 2018).

5.2.10 Ambiente comum de dados

Os arquivos eletrônicos devem ser compartilhados em um ambiente comum de dados (CDE – *Common Data Environment*) que permite melhor visibilidade e consistência das informações de ativos e instalações, reduzindo a replicação e simplificando a transferência de informações (Fujii *et al.*, 2022), onde todos os agentes envolvidos terão acesso. O CDE deve ser projetado de acordo com a ISO 19650-1 (ISO, 2018b), que descreve o Ambiente Comum de Dados como uma plataforma necessária para o compartilhamento de informações de entregas durante o desenvolvimento do projeto (arquivos de modelos, projetos, documentação geral técnica etc.).

A centralização do armazenamento de dados no CDE reduz o risco de redundância de dados e garante a sua disponibilidade de forma atualizada (Alves; Pereira, 2023).

Caso seja inviável a utilização de qualquer sistema de armazenamento e compartilhamento de arquivos, é possível enviar os produtos finais ao CONTRATANTE por meio de suportes digitais, enquanto a comunicação pode ser conduzida por e-mails, ofícios ou qualquer outro meio em que se possa registrar as informações, desde que autorizado pelo contratante e previamente delineado no Plano de Execução BIM. Cumpre ressaltar que esta comunicação não abrange os relatórios de verificação de modelos e interferências, os quais devem, obrigatoriamente, ser elaborados no formato BCF.

O ambiente comum de dados (ACD) é uma abordagem fundamental para o desenvolvimento de projetos em Building Information Modeling (BIM). Aqui estão algumas vantagens de usar um ACD:

1. Centralização dos dados: Um ACD serve como um repositório centralizado para todos os dados relacionados ao projeto. Isso garante que todas as partes interessadas tenham acesso às informações mais recentes e precisas, evitando a confusão causada por múltiplas versões de documentos.
2. Colaboração aprimorada: Com todos os dados do projeto em um local acessível, as equipes podem colaborar de maneira mais eficaz. Isso permite uma comunicação mais clara entre os membros da equipe,

resultando em um processo de tomada de decisão mais rápido e eficiente.

3. **Coordenação entre disciplinas:** Em projetos BIM, várias disciplinas, como arquitetura, engenharia estrutural e MEP (mecânica, elétrica e hidráulica), precisam trabalhar em conjunto. Um ACD facilita a coordenação entre essas disciplinas, garantindo que todos os modelos estejam alinhados e que os conflitos sejam resolvidos antes que ocorram no campo.
4. **Redução de erros e retrabalho:** Com um ACD, os dados são consistentes e atualizados em tempo real. Isso ajuda a reduzir erros e retrabalho, pois as informações são precisas desde o início do projeto até a conclusão da construção.
5. **Rastreabilidade e auditoria:** Um ACD mantém um registro detalhado de todas as alterações feitas nos modelos e nos documentos relacionados ao projeto. Isso permite uma rastreabilidade completa, o que é essencial para auditorias e para garantir a conformidade com os requisitos regulatórios.
6. **Integração com ferramentas de análise:** Com um ACD, é mais fácil integrar ferramentas de análise, como simulação energética e análise estrutural, aos modelos do projeto. Isso permite que os projetistas avaliem o desempenho do edifício em diferentes cenários e otimizem o projeto antes da construção.

O Ambiente Comum de Dados definido foi o Visus Collab® desenvolvido pela Alto Qi. De acordo com Alto Qi, este ambiente constitui um repositório central para a documentação da obra, que detém todo o recebimento, armazenamento e compartilhamento de documentos e informações da obra na nuvem. Desta forma, colaboradores vinculados têm acesso aos documentos e modelos mais recentes, a qualquer momento (ALTO QI, 2024).

O Visus Collab® é OpenBIM e atua como centralizador e gerenciador da compatibilização no processo BIM. O padrão de arquivos a ser compartilhado neste ambiente é o IFC, que garante a interoperabilidade entre os modelos de cada

disciplina envolvida no projeto. Esses arquivos ficam disponíveis para visualização e interação no ambiente modelo 3D na própria plataforma web, o que possibilita que gestores, colaboradores e demais envolvidos tenham permissões ou link de acesso. Além dos arquivos IFC, o ambiente também permite a visualização de documentos em PDF, DWG, XLSX e muitos outros.

O software proporciona trabalho colaborativo, um dos princípios mais importantes da metodologia BIM, e com arquivos atualizados. Assim, para maior eficiência e produtividade, é fundamental que cada colaborador tenha ciência de suas atribuições e colaborações. As atribuições e permissões de uso da plataforma Visus para cada colaborador são administradas pelo coordenador de projetos ou gerente BIM, que pode criar pastas por disciplina de projeto ou obra e vincular os colaboradores conforme suas áreas de expertise, revisar e aprovar arquivos conformes, receber notificações para acompanhar a evolução dos projetos e rastrear os acontecimentos da plataforma. Além disso, para garantir a pontualidade das entregas conforme prazos estabelecidos, é recomendável implementar atividades e listas de verificação.

O Visus Collab® possui sincronização com Desktop, que permite acesso aos arquivos e documentos das obras diretamente do seu computador. Este recurso permite baixar e enviar pastas, documentos e arquivos dos projetos do computador para o Visus Collab®. Ainda há a opção de configuração para que o download ou upload das pastas e arquivos seja automatizado, ou seja, a sincronização seja realizada nas datas e horários mais convenientes ou permitir que ela ocorra a qualquer momento. Dessa forma, possibilita maior produtividade ao seu fluxo de trabalho, recebimento e compartilhamento de todas as atualizações de projetos.

Para os órgãos públicos, o Visus Collab® representa uma solução de ambiente comum de dados para o fluxo de trabalho BIM, já que gerencia todas as informações das obras, como documentos, arquivos e modelos, desde a fase de projetos até o pós-obra, atendendo ao Decreto BIM 10.306/2020 (Brasil, 2020) e à norma ISO 19650-1 (ISO, 2018b). Por meio desse programa, é possível integrar todas as disciplinas de projeto com os profissionais de engenharia e gestão de custo, possibilitando a elaboração de orçamento e do planejamento da obra.

Segundo a AltoQi (2024), Visus Collab® possui algumas características que favorecem os Órgãos Públicos, tais como:

- Possibilidade de entrega de mais obras dentro do custo e do prazo.
- Padrão de nomenclatura para arquivos, proporcionando alta eficiência, produtividade e organização da gestão.
- Criação e atribuição de atividades e checklists, para colaboradores cientes das demandas e prazos de entrega.
- Compartilhamento público dos projetos no ambiente do modelo 3D, oferecendo transparência em todas as etapas do projeto ou obra.
- Sincronização entre os arquivos na nuvem e o desktop, possibilitando acesso aos arquivos mesmo sem conexão com a internet.

No entanto, essas vantagens só poderão ser confirmadas durante a execução e/ou finalização do projeto.

As notas em formato BCF passam a se chamar Apontamentos, para tornar o recurso acessível e amigável desde o BIM Manager até o cliente final. Com esse recurso das notas BCF, os colaboradores podem criar, visualizar, interagir e resolver as notas com o auxílio do modelo 3D. Também podem importar notas externas e exportar as criadas no Visus Collab®. Dessa forma, a etapa de compatibilização fica centralizada em um mesmo ambiente, possibilitando ganhos de produtividade e eficiência para o processo.

5.2.11 Nomenclatura de arquivos

Todos os arquivos devem ser nomeados a partir dos critérios definidos. Será utilizado sistema baseado na utilização de caracteres em caixa alta separadas por *underline* “_”, sendo que os essas *underlines* serão contados como caracteres para efeito de arquivo. Nesta seção estão descritas as informações correspondentes a cada campo do nome do arquivo.

No Quadro 7 está apresentado a proposta para nomenclatura de arquivos sendo composta por oito campos, o campo I indica a sigla da unidade composto por quatro caracteres que indica em qual campus o projeto pertence. O campo II representa o número de ordem e subordem do projeto, este número fica vinculado a planilha com a ordem crescente cronológica da planilha, cada projeto novo recebe o

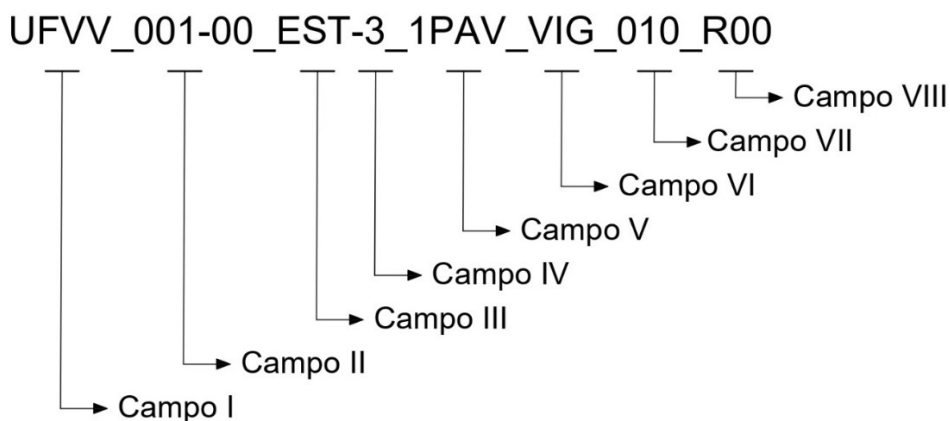
próximo número vago da planilha e a subordem é para projetos de ampliação em alguma construção existente. O campo III refere-se a disciplina do projeto, se o arquivo será referente a arquitetura, por exemplo. O campo IV refere-se a etapa do projeto, tais como levantamento, estudo preliminar, projeto básico. O campo V indica o pavimento do projeto que o arquivo faz referência. O campo VI indica o conteúdo da prancha, por exemplo, detalhamento de vigas referente a um projeto estrutural. O campo VII refere ao número da folha ou número da prancha do projeto. O campo VIII indica a revisão do projeto. No Quadro 7 e na Figura 23 são apresentados exemplos de aplicação da nomenclatura de arquivo.

Quadro 7 – Proposta para nomenclatura de arquivos: identificação dos campos e descrição.

| CAMPO | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII |
|---------------|------------------|------------------------|------------|------------------|-----------|-------------------|-------------|---------|
| Descrição. | Sigla da Unidade | Nº de ordem do Projeto | Disciplina | Etapa do Projeto | Pavimento | Conteúdo da folha | Nº da Folha | Revisão |
| Nº Caracteres | 4 | 6 | 3 | 1 | 3 | 3 | 4 | 3 |

Fonte: O autor

Figura 23 – Proposta para nomenclatura de arquivos: esquema da estrutura com indicação dos campos.



Fonte: O autor.

No campo I indica-se o campus a qual o projeto pertence e será executado, conforme apresentado na Tabela 9, as letras V, F e P indicam Viçosa, Florestal e Rio Paranaíba, respectivamente e vem a frente de UFV, desta forma este campo é composto por 4 caracteres. Exemplo: UFVV_001-00_EST-5_1PAV_VIG_010_R00. Para o exemplo apresentado a indicação UFVV indica um projeto desenvolvido para o campus Viçosa.

Tabela 9 – Sigla das unidades.

| Sigla da Unidade | Campus |
|-------------------------|---------------|
| UFVV | Viçosa |
| UFVF | Florestal |
| UFVP | Rio Paranaíba |

Fonte: O autor

O campo II indica o número de ordem da edificação na UFV, será composto por quatro campos sendo os dois primeiros campos separados por hífen e dois campos finais. Os dois primeiros campos indicam a ordem da edificação na planilha de controle, os projetos novos são acrescentados no próximo número disponível na planilha e campo após o hífen indica uma ampliação ou anexo projetado, este campo é composto por seis campos sendo três campos iniciais um hífen e dois campos finais. Exemplo: UFVV_125-00_EST-5_1PAV_VIG_010_R00, para o exemplo apresentado o número de ordem da planilha 125 se refere ao prédio do Departamento de Direito da UFV, e não tem subordem, pois é um projeto novo.

O campo III indica o código da disciplina que o projeto se refere, conforme apresentado na Tabela 10. Este campo é composto por 3 caracteres que são a abreviatura das disciplinas dos projetos, sendo ARQ referente a um projeto de arquitetura, EST referente a um projeto estrutural. Este campo é composto por três caracteres. Exemplo: UFVV_001-00_EST-5_1PAV_VIG_010_R00, onde o campo III indica que o nome do arquivo informa que trata-se de um projeto estrutural.

Tabela 10 – Código das disciplinas.

| Código Disciplina | Disciplina |
|--------------------------|-------------------|
| ARQ | Arquitetura |
| AGR | Agrimensura |
| EST | Estrutura |
| ELE | Elétrica |
| IPA | Incêndio e Pânico |
| ORÇ | Orçamento |
| FIS | Fiscalização |
| LIC | Licitação |
| CAB | Cabeamento |
| HID | Hidráulico |
| SAN | Sanitário |

Fonte: O autor

O campo IV indica qual é a etapa ou fase do projeto, conforme apresentado na Tabela 11. Este é composto por 1 caractere numérico, e indica a fase do projeto,

sendo 1 para projeto em fase de Estudo de Viabilidade, e 2 para projeto em fase de Levantamento. Exemplo: UFVV_001-00_EST-5_1PAV_VIG_010_R00, onde é apresentado a fase indicada no nome do arquivo, sendo 5 referente a Projeto executivo.

Tabela 11 – Etapa do projeto.

| Código Etapa do Projeto | Etapa do Projeto |
|--------------------------------|------------------------------------|
| 1 | Estudo de Viabilidade |
| 2 | Levantamento |
| 3 | Estudo Preliminar |
| 4 | Anteprojeto |
| 5 | Projeto Executivo |
| 6 | Programa de Necessidades |
| 7 | As built / Projeto como construído |
| 8 | Documento |

Fonte: O autor.

O campo V indica qual é o pavimento / nível do projeto que está sendo apresentado no projeto. É composto por 4 caracteres e a convenção seria: Térreo, para o pavimento no nível da via; e ordem crescente para os pavimentos superiores. Exemplo: UFVV_01-00_EST-5_1PAV_VIG_010_R00, onde é apresentado o arquivo referente ao 1º pavimento do projeto.

O campo VI indica o conteúdo da disciplina que está detalhada na prancha, este campo possui 3 caracteres e os conteúdos são vinculados as disciplinas conforme apresentados nas Tabelas 12 a 17. Exemplo: UFVV_001-00_EST-5_1PAV_VIG_010_R00, onde o campo 6 indica um arquivo que contém o detalhamento das vigas.

Tabela 12 – Identificação dos elementos do projeto estrutural

| | | |
|-----------|-----|---------------|
| ESTRUTURA | FUN | Det. Fundação |
| | VIG | Det. Viga |
| | LAJ | Det. Laje |
| | ESC | Det. Escada |
| | FOR | Forma |
| | PIL | Det. Pilar |
| | COR | Corte |

Fonte: O autor.

Tabela 13 – Identificação dos arquivos da estimativa orçamentária

| | | |
|-----------|-----|---|
| ORÇAMENTO | EOC | Estimativa Orçamentária Consolidada |
| | EOL | Estimativa Orçamentária para Licitantes |
| | ABC | Curva – ABC |
| | CDC | Composição de Custos |
| | CDM | Critério de Medição |
| | CFF | Cronograma Físico-Financeiro |
| | COT | Cotações |
| | CUT | Custo Total |
| | EST | Estimativa Orçamentária |
| | MCO | Memorial de Cálculo de Orçamento |
| | CDE | Caderno de Encargos |
| | JDC | Justificativa das Cotações |
| | PDC | Pedido de Compra |

Fonte: O autor.

Tabela 14 – Identificação dos arquivos da fiscalização

| | | |
|--------------|-------|--|
| FISCALIZAÇÃO | MEDXX | Medição De Número |
| | PFIXX | Parecer da Fiscalização da Medição XX |
| | PFNXX | Parecer Financeiro Da Medição De Número “XX” |
| | TADXX | Planilha E Justificativa Do Termo Aditivo De Número “XX” |
| | ASTXX | Acréscimo De Serviços Do Termo Aditivo De Número “XX” |
| | CCXX | Composições De Custo Do Termo Aditivo De Número “XX” |
| | CFFXX | Cronograma Físico-Financeiro Do Termo Aditivo De Número “XX” |
| | PSNXX | Serviços Novos Do Termo Aditivo De Número “XX” |
| | PCNXX | Planilha Consolidada Do Termo Aditivo De Número “XX” |
| | PSSXX | Supressões Do Termo Aditivo De Número |

Fonte: O autor.

Tabela 15 – Identificação dos elementos do projeto hidrossanitário

| | | |
|-----------------|-----|----------------------------------|
| HIDROSSANITÁRIO | ESG | Projeto de Esgotamento Sanitário |
| | PLU | Projeto de Águas Pluviais |
| | AFR | Projeto de Fria |
| | AGQ | Projeto de Água Quente |
| | ISO | Detalhe Isométrico |
| | DET | Detalhe do Projeto Sanitário |

Fonte: O autor.

Tabela 16 – Identificação dos elementos do projeto elétrico e dados

| | | |
|------------------|-----|--------------------------------|
| ELETRICO E DADOS | PEL | Projeto Elétrico |
| | SPD | Projeto SPDA |
| | PCA | Projeto Cabeamento Estruturado |

Fonte: O autor.

Tabela 12f - Identificação dos elementos de PCIP

| | | |
|-------------------|------|--|
| INCÊNDIO E PÂNICO | PCIP | Projeto de Combate a Incêndio e Pânico |
|-------------------|------|--|

Fonte: O autor

Tabela 17 – Identificação dos elementos do projeto de agrimensura

| | | |
|-------------|-----|-------------------------------|
| AGRIMENSURA | EVB | Estudo de Viabilidade |
| | LAL | Levantamento Planealtimétrico |
| | LEV | Levantamento Planimétrico |
| | TER | Projeto de Terraplanagem |
| | EVO | Estudo de Volume |

Fonte: O autor.

O campo VII contém 3 caracteres e indica o número de folhas relacionado a disciplina indicada no arquivo, ou seja, a numeração referente a disciplina não é relacionada ao nome da obra, desta forma pode ter um projeto arquitetônico com 40 pranchas e um projeto estrutural com 50 pranchas ambos do prédio do direito por exemplo. Exemplo: UFVV_001-00_EST-5_1PAV_VIG_010_R00, indicando que o arquivo é a decima folha ou prancha do projeto

O campo VIII indica a revisão do Projeto, sendo que a emissão inicial é representada por R00 e as demais revisões seguem a ordem crescente. Deve ser apresentado o quadro de revisão acima do rotulo e indicar qual o motivo que originou a revisão do projeto, o campo VIII é composto por três caracteres. Exemplo: UFVV_01-00_EST5_1PAV_VIG_010_R00, onde é apresentado o nome do arquivo referente à emissão inicial do projeto.

5.2.12 Estilos de modelo (templates)

De acordo com a ISO 19650-1 (ISO, 2018b), dentre os recursos compartilhados, deve-se ter os *templates* dos entregáveis como 2D ou 3D. Segundo o Manual de Implantação do Piloto BIM da Autodesk (AUTODESK, 2018), o ideal é que se tenha um único projeto piloto de médio porte, evitando algo muito simples ou complexo demais para que seja desenvolvido todos os *templates*.

No início da implantação BIM, existe um obstáculo em relação aos demais projetos que estão sendo desenvolvidos pelos colaboradores (*stakeholders*). Muitas vezes não é possível deixar uma única equipe desenvolvendo o piloto.

Existem muitos desafios pertinentes à área de Arquitetura e Engenharia e também à Administração Pública, tais como: fatores políticos, administrativos e financeiros, que devem ser levados em consideração na definição do projeto piloto.

Os fatores determinantes na definição do projeto piloto na Administração Pública são:

- questões políticas, administrativas e financeiras;
- acúmulo de piloto com demais projetos e atividades. Normalmente existem poucos colaboradores (*stakeholders*); e
- conflito entre refazer projeto já finalizado em outras plataformas x projeto novo x projeto fictício.

5.3 Estudo de aplicação

O projeto piloto utilizado pela Diretoria de Projetos e Obras foi o da sede da Justiça Federal, cujo terreno disponibilizado para construção fica ao lado da entrada alternativa da UFV. Este terreno é em aclive que acabou influenciando na concepção do projeto arquitetônico buscando uma otimização na movimentação da terra do terreno, pois será necessário a execução de terraplenagem para implantação e execução do projeto.

Foram elaborados os seguintes projetos

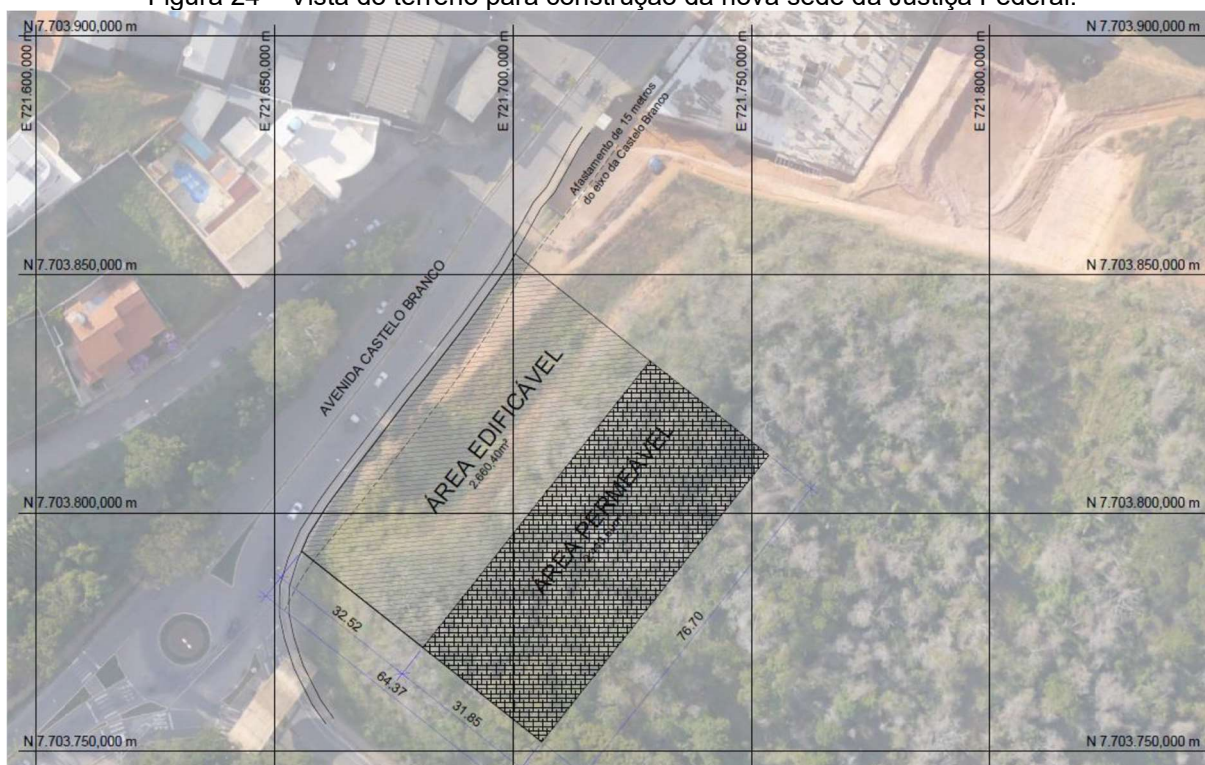
- Levantamento Planialtimétrico e projeto de terraplenagem;
- Projeto Executivo Arquitetônico (Incluindo os detalhamentos e a modelagem 3D, e urbanização externa);
- Projeto Executivo de Instalações Hidrossanitárias (Incluso Aproveitamento de águas pluviais e reaproveitamento de águas cinzas);
- Projeto Executivo de segurança e Combate a Incêndio;
- Projeto Executivo de Instalações de dados e telefonia;
- Projeto Executivo de Instalações Elétricas;
- Projeto Executivo do Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas

- Projeto Executivo Estrutural (Infra e Superestrutura da edificação, muros e reservatórios);

- Estimativa Orçamentária (Contendo todos elementos necessários à licitação).

O terreno para construção da nova sede da Justiça Federal está localizado na Avenida Castelo Branco conforme apresentado na Figura 24.

Figura 24 – Vista do terreno para construção da nova sede da Justiça Federal.



Fonte: O autor.

5.3.1 Plantas e modelo de arquitetura

A Figura 25 apresenta a fachada frontal com vista da Avenida Castelo Branco, sendo a proposta do projeto em dois níveis devido as características do projeto. A entrada principal da edificação é pela avenida e uma entrada lateral privativa com acesso aos estacionamentos que fica no nível do primeiro pavimento nos fundos da edificação.

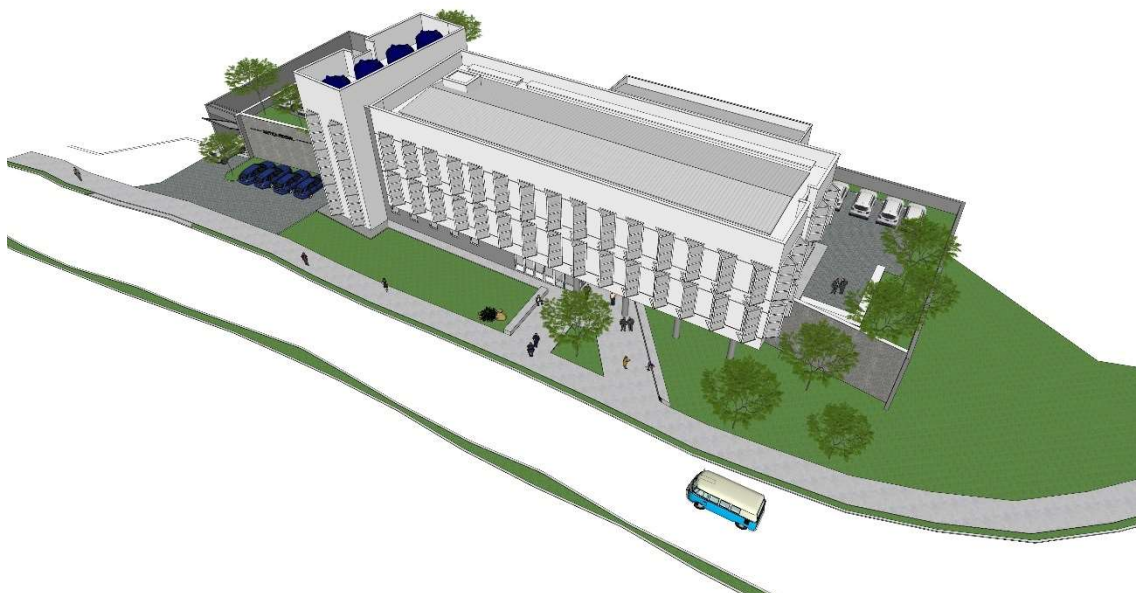
Figura 25 – Vista da Fachada Principal



Fonte: O autor

A vista superior do projeto sendo a frente pela avenida, com vista da cobertura e afastamento frontal está apresentada na Figura 26.

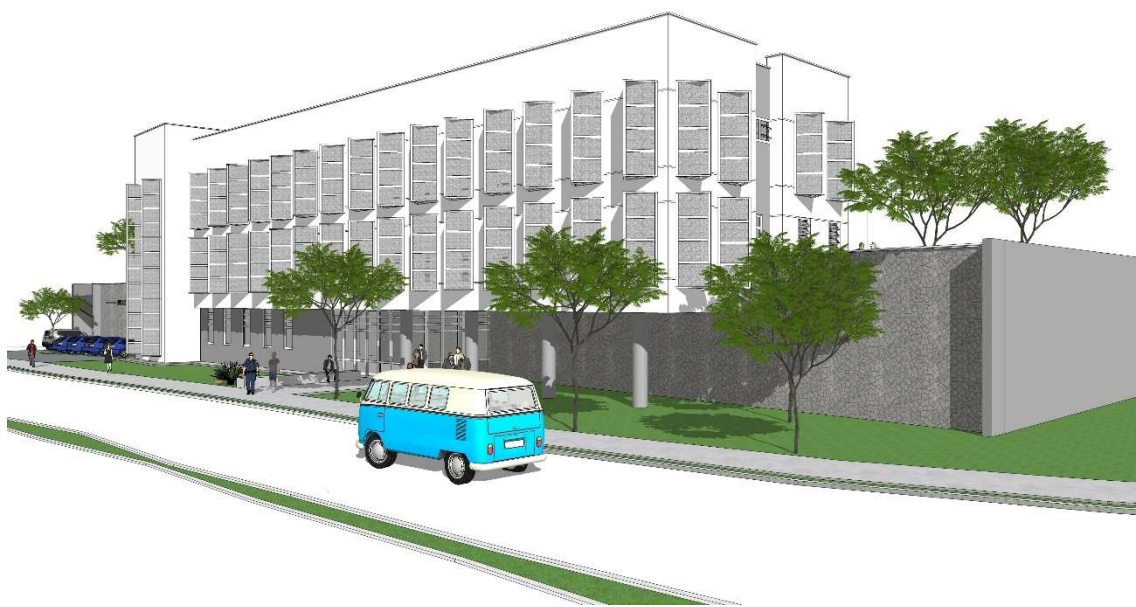
Figura 26 – Vista superior



Fonte: O autor

As Figuras 27, 28 e 29 apresentam a vista frontal tendo o observador posicionado na avenida no sentido de saída da mesma, a vista frontal do projeto, e planta de situação, respectivamente.

Figura 27 – Vista da fachada principal



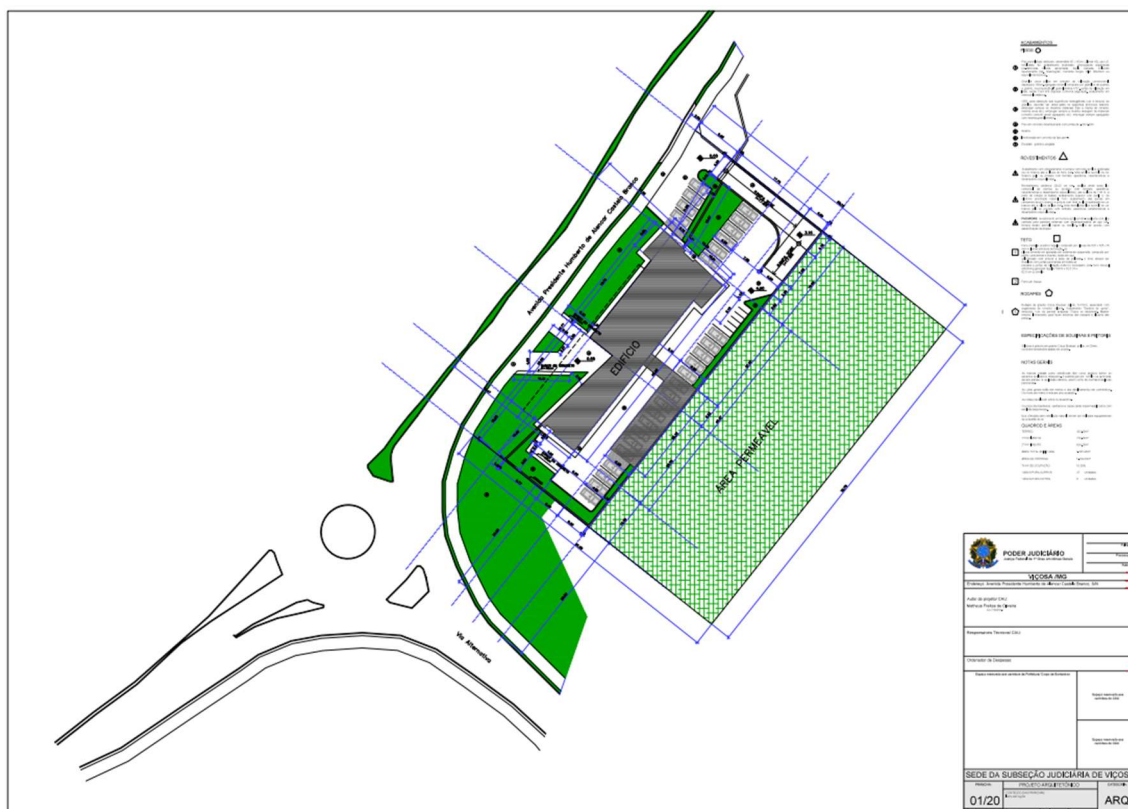
Fonte: O autor

Figura 28 – Fachada principal



Fonte: O autor

Figura 29 – Planta de Situação



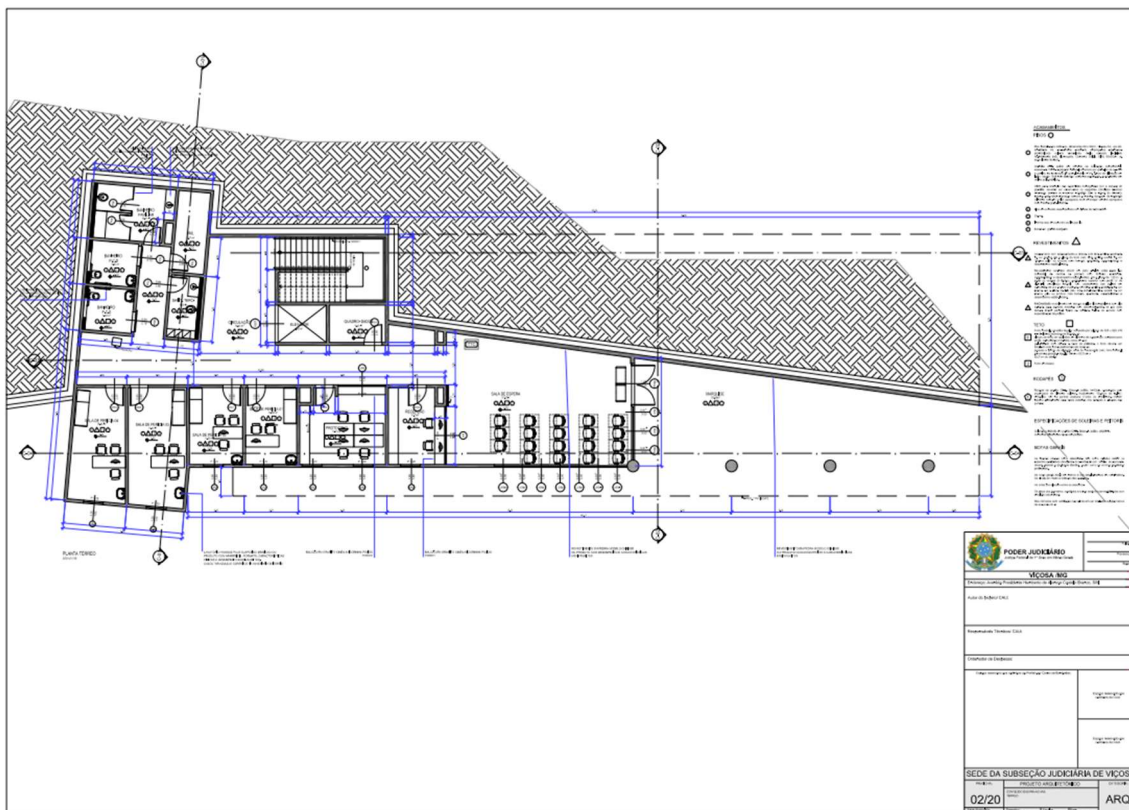
Fonte: O autor

Na Figura 30 está apresentada a planta baixa do pavimento térreo com área construída de 432,53 m², composto por marquise, sala de espera, recepção, protocolo, sala de perícia 01, sala de perícia 02, sala de perícia 03, sala de perícia 04, circulação, escada, elevador, sala elétrica e dados, banheiros.

A Figura 31 apresenta a planta baixa do primeiro pavimento, com área construída de 779,52 m² composto por ambientes administrativos, elevadores, garagem e sanitários.

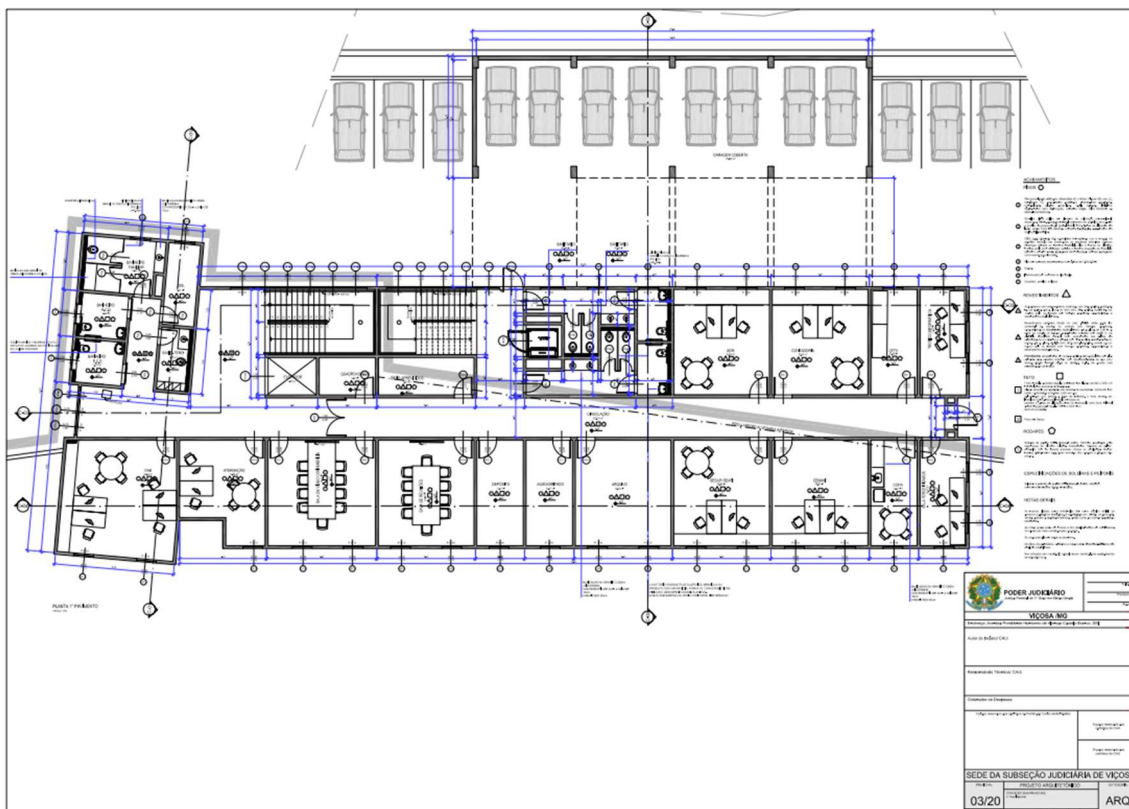
A Figura 32 apresenta a planta baixa do segundo pavimento, com área construída de 624,38 m² composto por ambientes administrativos, elevadores e sanitários. A planta de cobertura está apresentada na Figura 33.

Figura 30 – Planta do pavimento Térreo



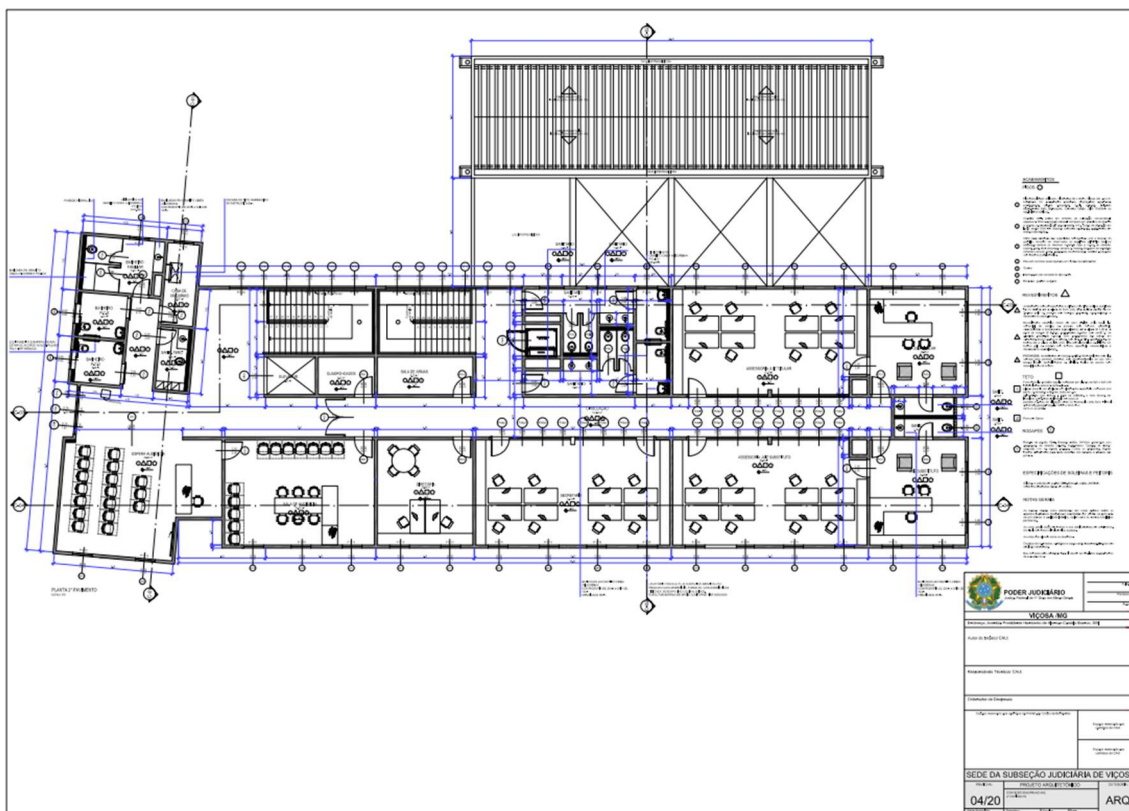
Fonte: O autor

Figura 31 – Planta do Primeiro Pavimento



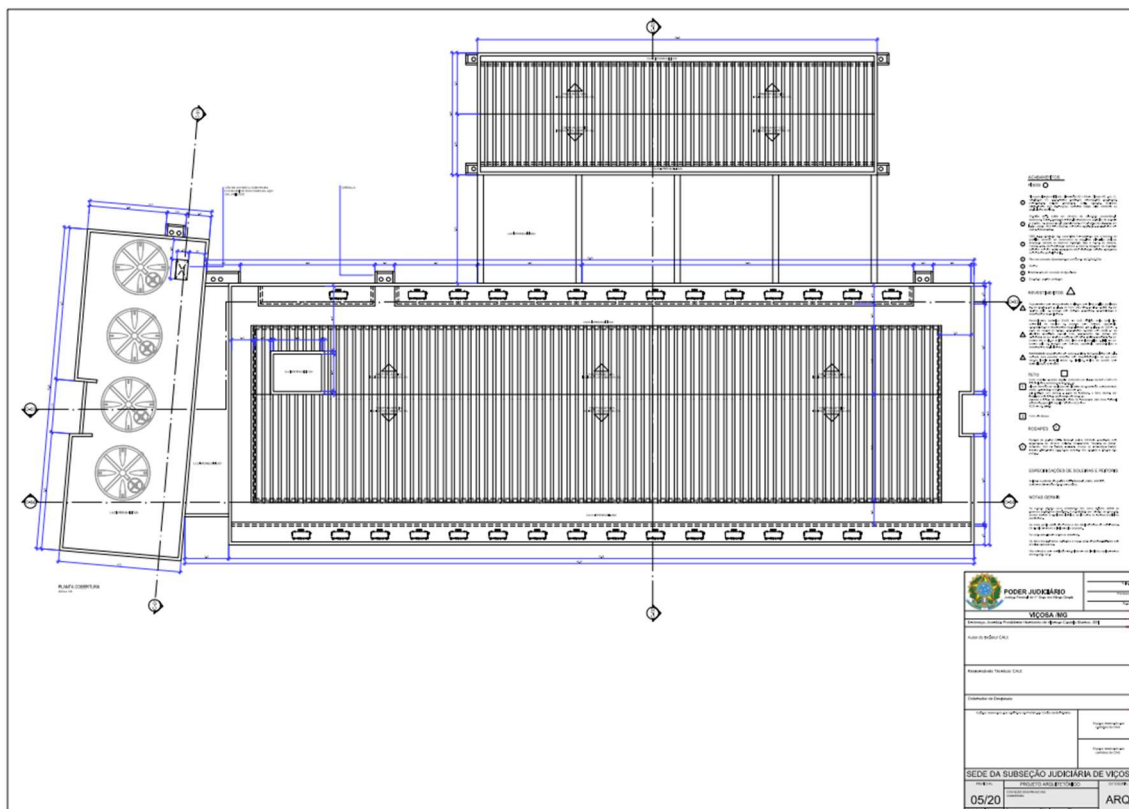
Fonte: O autor

Figura 32 – Planta do Segundo Pavimento



Fonte: O autor

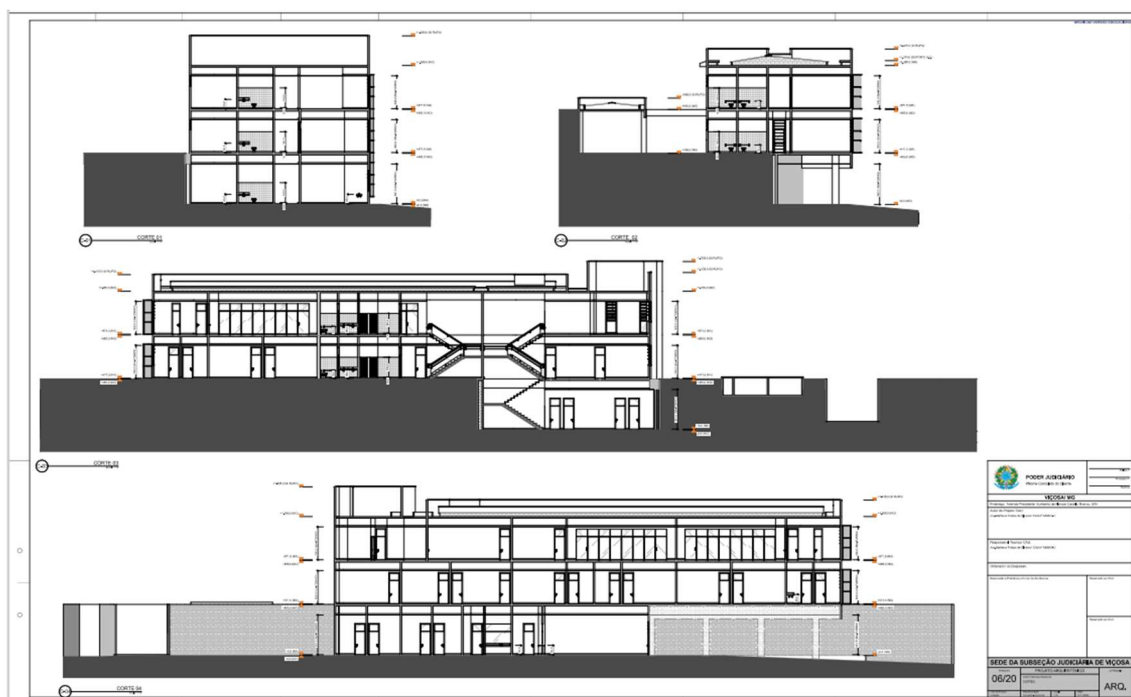
Figura 33 – Planta do pavimento cobertura



Fonte: O autor

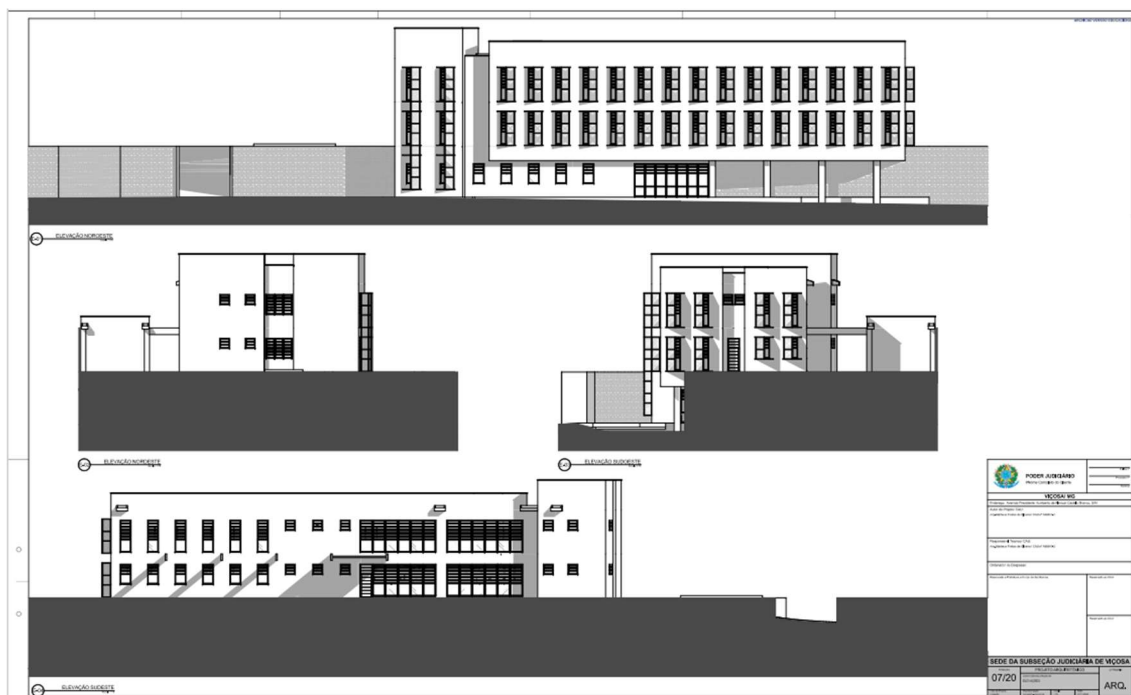
Nas Figuras 34 e 35 estão apresentados os cortes do projeto arquitetônico e a fachada, respectivamente.

Figura 34 – Planta com os cortes



Fonte: O autor

Figura 35 – Fachada

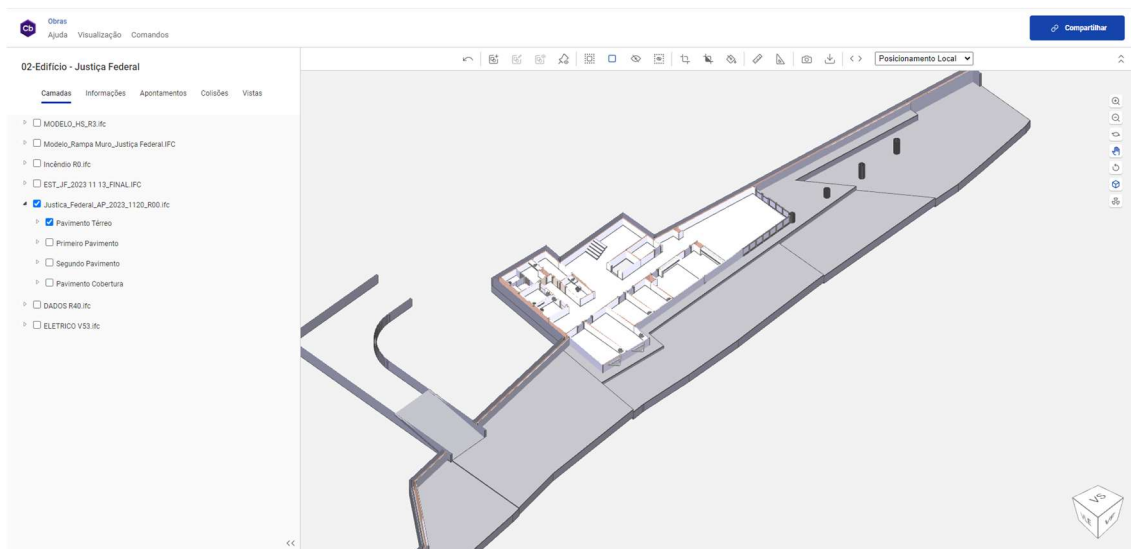


Fonte: O autor

5.3.2 Modelo do projeto no AltoQi Visus Collab®

Na Figura 36 está apresentado o corte do pavimento térreo do modelo de arquitetura retirada do Visus Collab®. Para esta representação foi utilizada a ferramenta de corte do *software*.

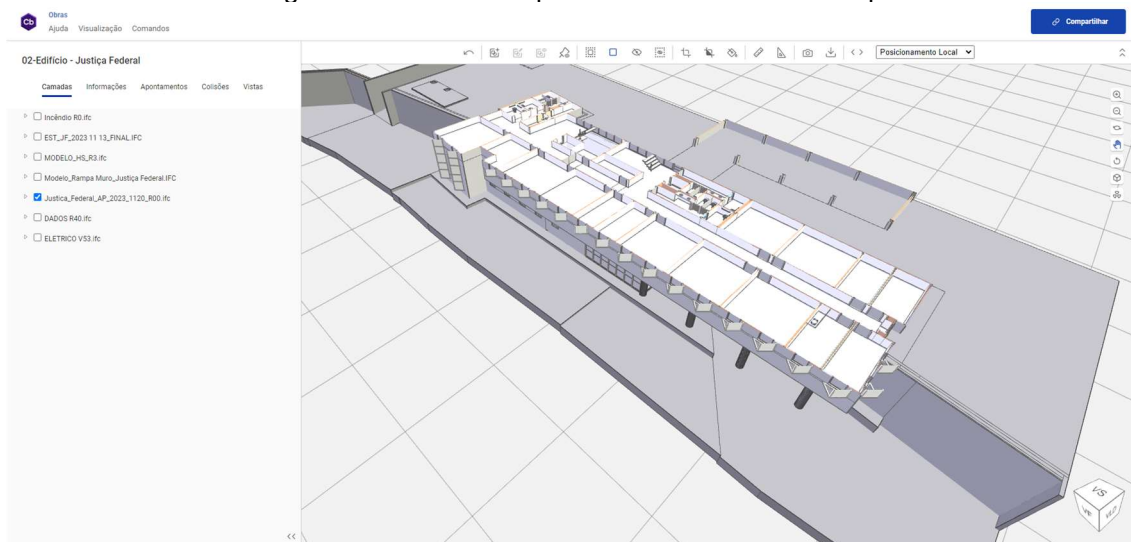
Figura 36 – Corte do pavimento térreo do modelo de arquitetura



Fonte: O autor

A partir do corte do primeiro pavimento utilizando o Visus Collab® (Figura 37), pode-se avaliar que o corte da planta via modelo permite uma visualização muito mais realista e detalhada, comparando com planta baixa do desenho 2D da arquitetura.

Figura 37 – Corte do 1 pavimento do modelo de arquitetura



Fonte: O autor

A Figura 38 apresenta o corte horizontal do segundo pavimento utilizando o modelo de arquitetura importado para o Visus Collab®, sendo possível uma visualização mais realista do projeto.

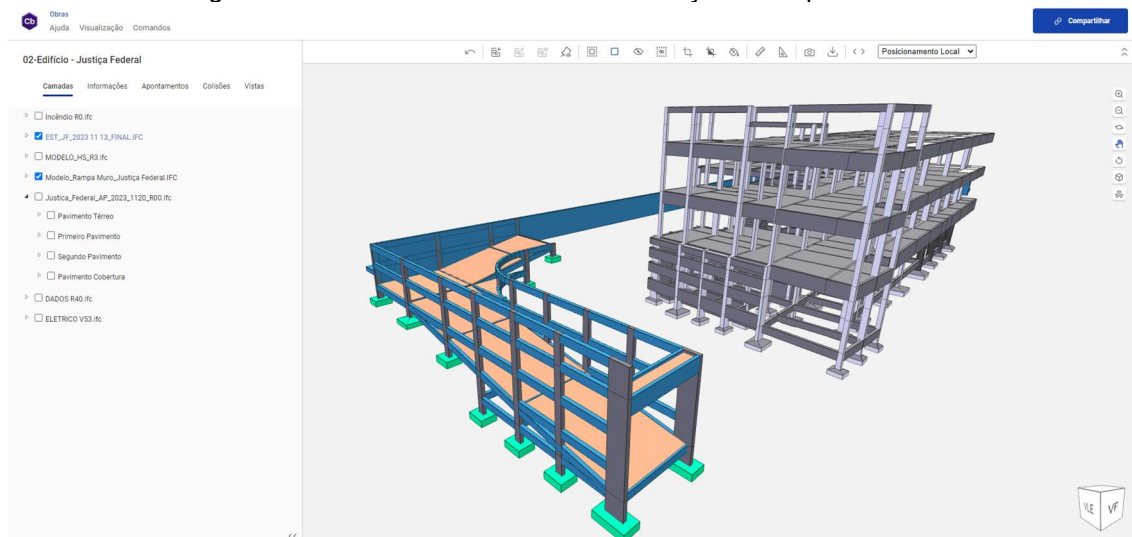
Figura 38 – Corte do 2 pavimento do modelo de arquitetura



Fonte: O autor

A Figura 39 mostra o modelo da estrutura tanto para a edificação quanto para a rampa de acesso retirada do Visus Collab®. Os projetos da rampa de acesso e da edificação foram dimensionados utilizando softwares diferentes e utilizando a extensão IFC para exportação para o ambiente comum de dados que apresentou uma boa operacionalidade, pois os dois modelos foram importados sem apresentar erros.

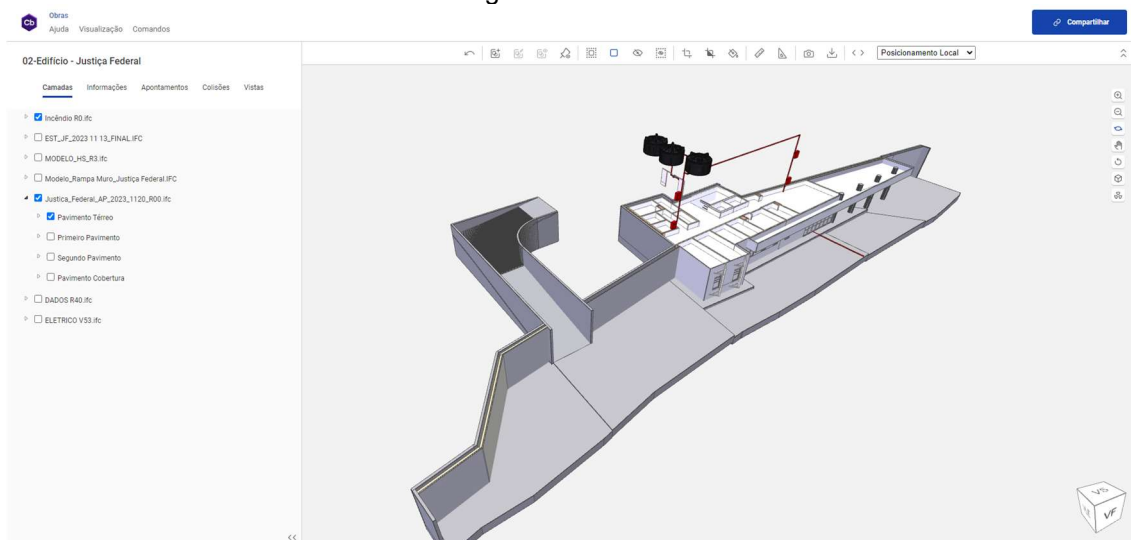
Figura 39 – Modelo da estrutura da edificação e rampa de acesso



Fonte: O autor

A Figura 40 apresenta a imagem do modelo federado sendo ligados os modelos de arquitetura e do projeto de PCIP.

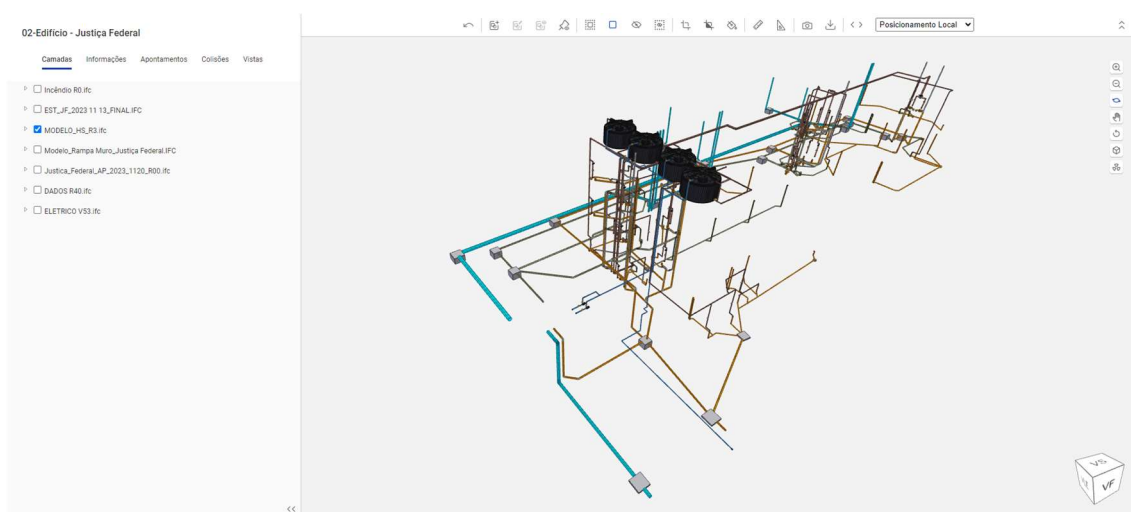
Figura 40 – Modelo PCIP



Fonte: O autor

O modelo do projeto hidrossanitário apresentado no Visus Collab® (Figura 41), sendo apresentado o modelo do projeto hidráulico e sanitário.

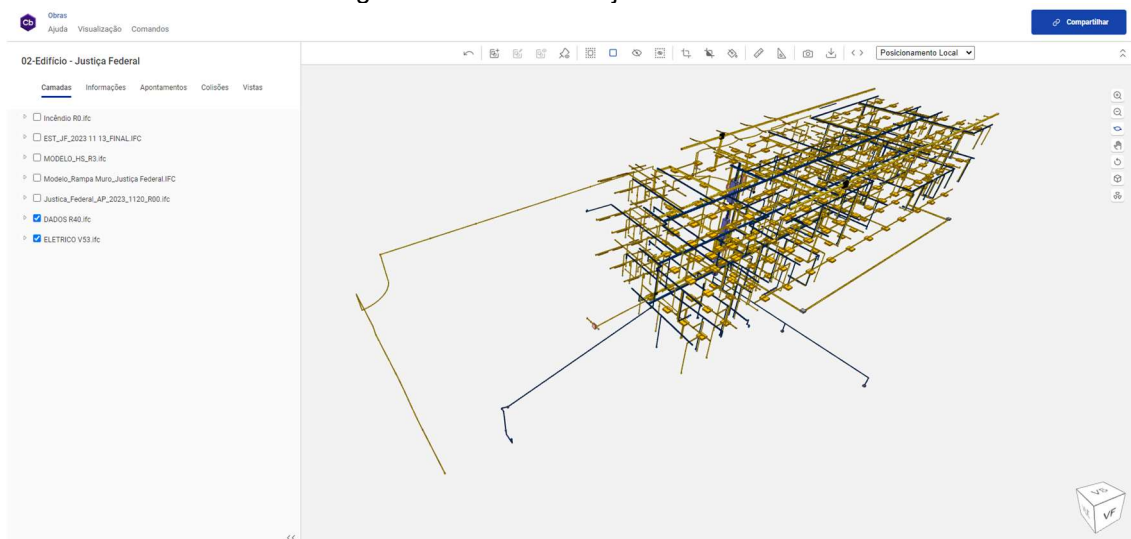
Figura 41 – Modelo projeto Hidráulico e Sanitário



Fonte: O autor

Na Figura 42 está demonstra o modelo do projeto elétrico e dados retirados do Visus Collab® sendo possível a visualização do modelo do projeto elétrico e dados.

Figura 42 – Modelo Projeto de Elétrico e dados

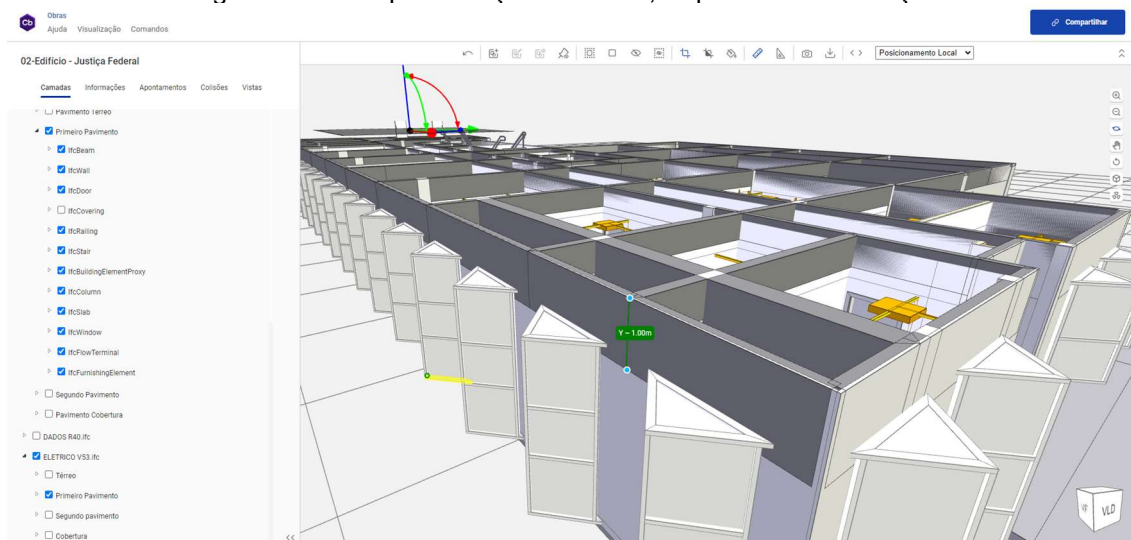


Fonte: O autor

As premissas de projetos, que são adotadas pela equipe para minimizar ou facilitar as decisões para evitar interferências durante o desenvolvimento dos projetos, são apresentadas nas Figuras 43 a 48.

A viga externa apresentada na Figura 43, da estrutura foi dimensionada com altura de 100 cm, para proporcionar espaço suficiente entre as vigas internas e o forro para a passagem de eletrocalhas para as instalações de dados e elétricas. A definição da altura da viga foi discutida entre os membros da equipe de projeto, de acordo com a seção 5.2.5.

Figura 43 – Compatibilização estrutura, arquitetura e instalação elétrica



Fonte: O autor

A compatibilização dos modelos que compõem o projeto proporciona aos projetistas uma avaliação mais realista e evidencia uma maior facilidade para visualizar as interferências, possibilitando as alterações necessárias para correção das mesmas.

A possibilidade de verificação das interferências entre duas disciplinas pode ser feita desligando os demais modelos que compõem o projeto e deixando apenas os modelos que se pretende avaliar ativos. Este processo facilita e permite que os projetistas verifiquem dúvidas sobre o projeto.

A partir das Figuras 44 e 45, é possível a verificação do posicionamento dos pilares, possibilitando a checagem da posição dos pilares junto ao modelo de arquitetura, e facilitando a visualização de possíveis erros no lançamento.

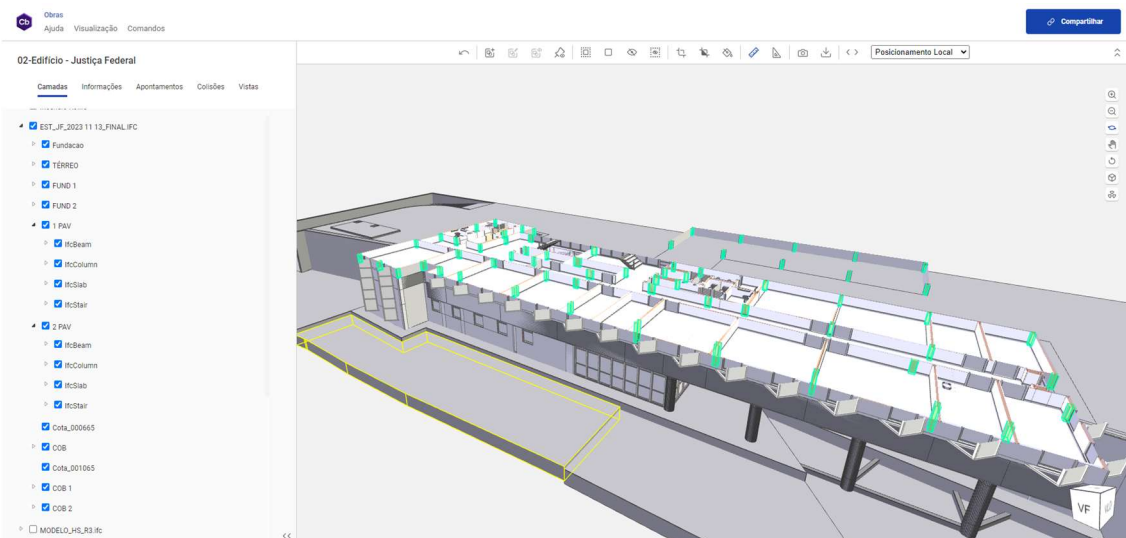
Figura 44 – Pilares do primeiro pavimento



Fonte: O autor

Para atender à disposição da arquitetura foi necessário o lançamento de uma viga de transição para receber os pilares que nasce no primeiro pavimento, uma vez que foi definido no projeto arquitetônico a posição dos pilares no térreo e não seria possível a continuidade dos mesmos no primeiro pavimento pois ficariam no meio das salas do primeiro pavimento.

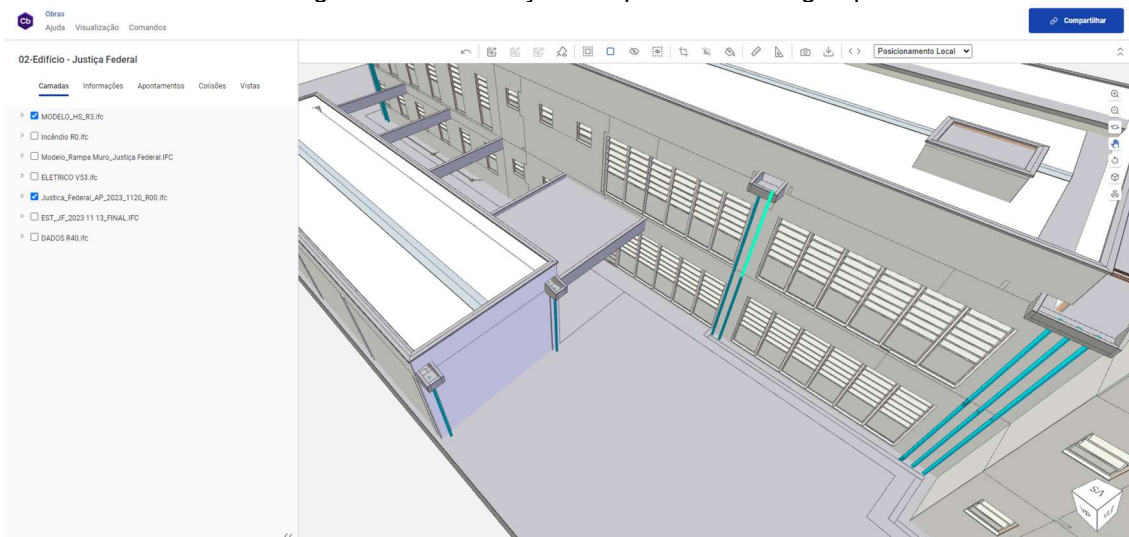
Figura 45 – Verificação dos pilares do 1 pavimento que nascem na viga de transição



Fonte: O autor

Atrás da opção de ativar e desativar os modelos é possível a verificação de interferências entre duas ou mais disciplinas, conforme apresentado na Figura 46, onde está ativo o modelo de arquitetura e o modelo das instalações hidrossanitárias, permitindo verificar ocorre incompatibilidade entre as prumadas das descidas de água pluvial e as esquadrias.

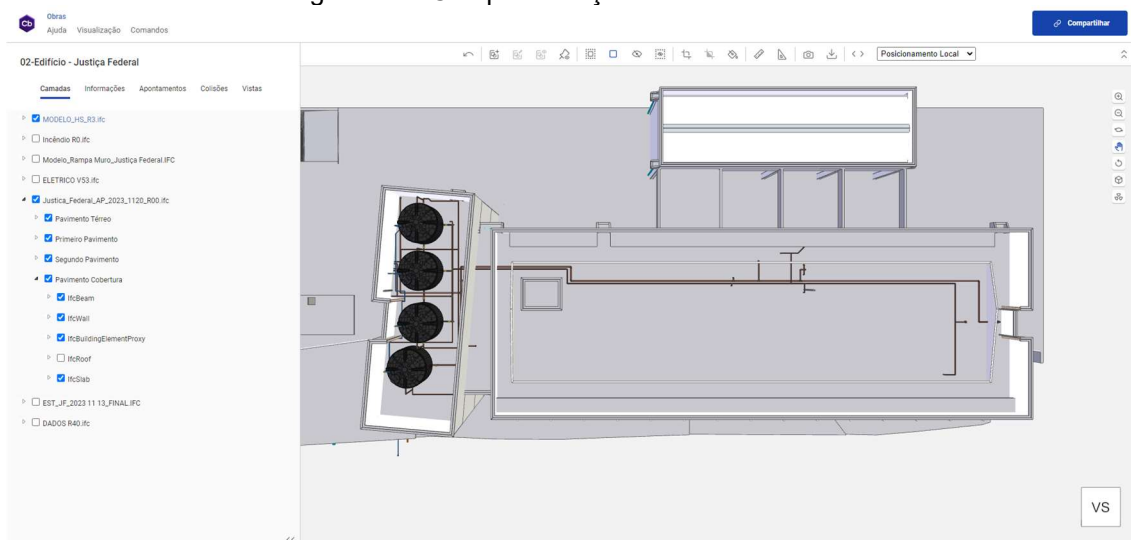
Figura 46 – Verificação das prumadas de água pluvial



Fonte: O autor

Na Figura 47 é possível verificar a avaliação da incompatibilidade entre o barrilete do projeto hidráulico e o projeto de cobertura.

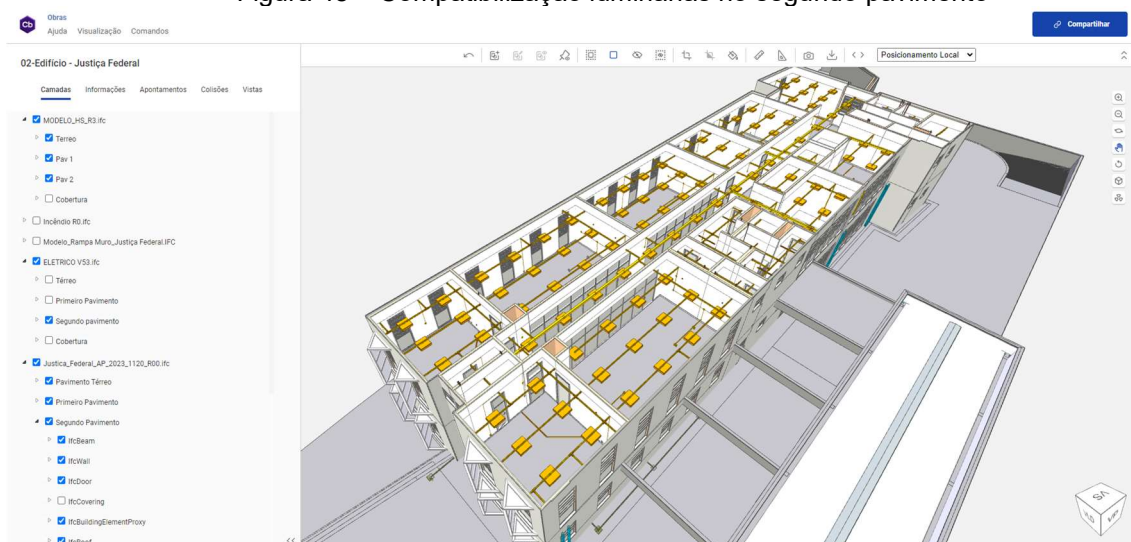
Figura 47 – Compatibilização barrilete com a cobertura



Fonte: O autor

A avaliação da incompatibilidade entre o projeto de distribuição da iluminação do segundo pavimento e o modelo de arquitetura está apresentada na Figura 48.

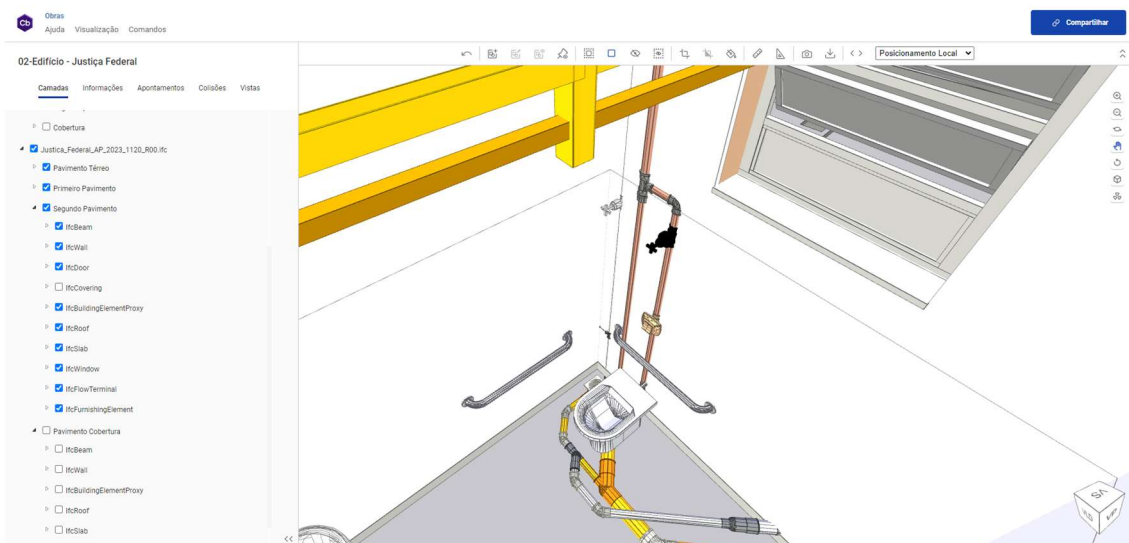
Figura 48 – Compatibilização luminárias no segundo pavimento



Fonte: O autor

Com o modelo fica mais fácil a visualização e identificação das incompatibilidades se comparado com o modelo tradicional, pois no modelo os erros de lançamento são mais fáceis de serem identificados e passa e exigir uma precisão muito maior que no modelo tradicional (Figura 49).

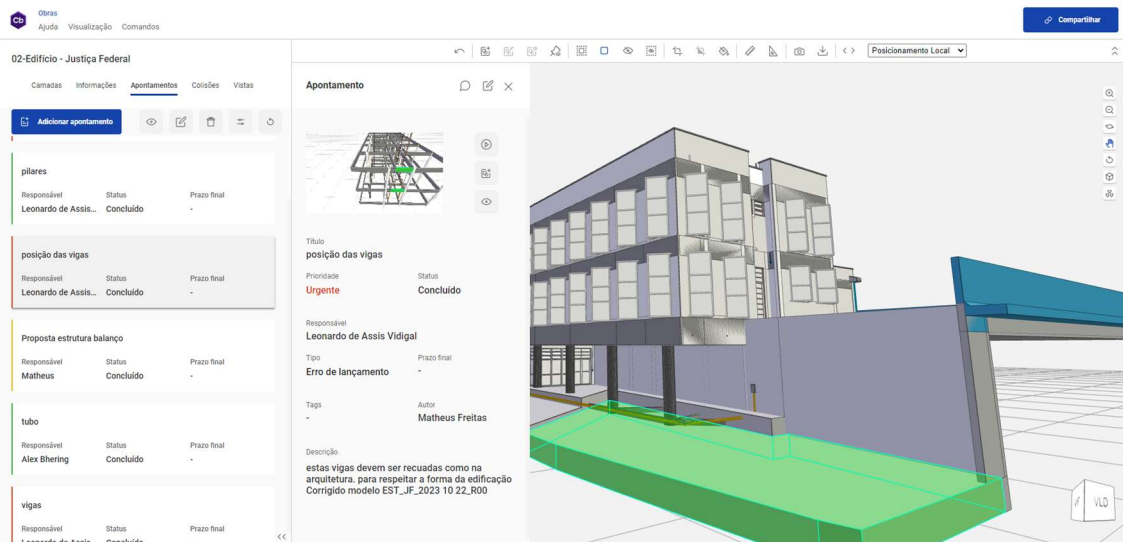
Figura 49 – Facilidade de visualização das interferências, com a tubulação de água fria exposta



Fonte: O autor

As notas BCF (Figura 50) são ferramentas de comunicação entre a equipe de desenvolvimento do projeto, estas notas permitem que a comunicação fique registrada como é possível a marcação das incompatibilidades no modelo fica mais fácil a correção por parte do projetista.

Figura 50 – Notas BCF



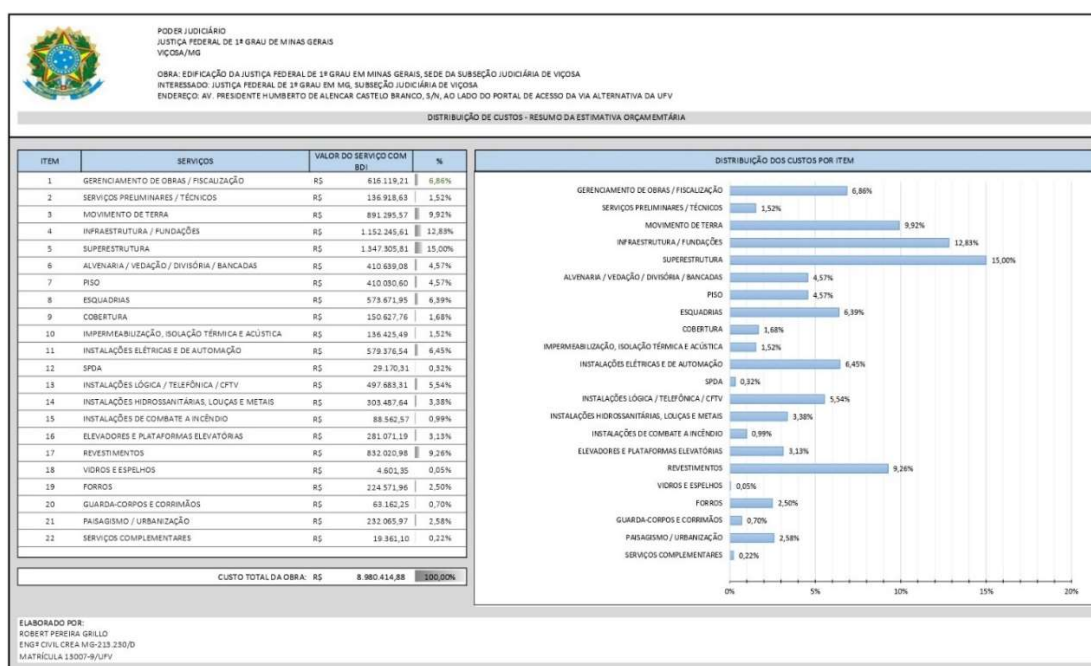
Fonte: O autor

5.3.3 Orçamentação

Na Figura 51 está apresentada a distribuição de Custos por fase da obra, a estativa orçamentária para construção da obra é de R\$ 8.980.414,88 com custo por m² de R\$ 4.891,43.

Para este projeto, o orçamento foi elaborado por meio de planilhas eletrônicas, sendo que parte dos quantitativos dos serviços relacionados ao projeto de arquitetura foram retirados do modelo pela parametrização dos serviços. As demais disciplinas do projeto proporcionam a geração das listas de materiais, contribuindo para a elaboração do planejamento e orçamento da obra. Não foi utilizado software para elaboração do orçamento e não foi avaliada a extração automática dos quantitativos.

Figura 51 – Custos por fase da obra



Fonte: O autor

5.4 Discussão

O objetivo principal desta etapa foi avaliar a proposta de implantação da metodologia BIM que poderá fazer parte de um Plano de Implantação BIM para a Diretoria de Projetos e Obras da UFV. Neste contexto, foi escolhido como estudo de aplicação o Projeto do Edifício da Justiça Federal de Viçosa, englobando tanto o projeto arquitetônico como os complementares que foram elaborados por cada profissional envolvido.

Apesar da importância do BIM ser reconhecida pelo Governo Federal, evidenciado pela edição de decretos que incentivam a aplicação do BIM nas obras públicas, a principal dificuldade encontrada foi relacionada ao custo para aquisição do ferramental computacional (*softwares*). Além disso, os desenvolvedores dos programas têm trabalhado com a licença anual, o que acaba sendo um complicador para o setor, principalmente para órgãos públicos, devido principalmente a redução do orçamento das Universidades Federais. Segundo Martins (2018), o custo de um conjunto de ferramentas BIM pode alcançar U\$112.100. Dentre as principais barreiras para a implementação do BIM, se destacam o alto custo de compra de software e as despesas de treinamento (Ahmed, 2018).

Algumas limitações foram encontradas justamente por não ter o aporte de recurso financeiro necessário para atualização de todos os *softwares* como, por exemplo, o TQS. A versão deste software que foi utilizada para o dimensionamento da estrutura foi a nº 20 plena, que possui limitação quanto às informações do modelo, pois não apresenta dados completos do quantitativo de barras de aço no modelo, a informação extraída do modelo é a taxa de aço por elemento e não o peso por barra, apresentando assim uma deficiência para extração dos quantitativos para o orçamento. Essas dificuldades são decorrentes pela versão do programa que foi utilizada.

O custo inicial para início e desenvolvimentos dos projetos em BIM na UFV foi com a aquisição de 5 licenças do ArchiCAD que é um software de modelagem de informações de construção (BIM) desenvolvido pela Graphisoft, uma empresa húngara. Ele é amplamente utilizado por arquitetos, engenheiros e profissionais da construção para criar modelos 3D detalhados de edifícios e estruturas com custo de R\$ R\$ 87.600,00 (Oitenta e sete mil e seiscentos reais). Foi realizado o upgrade Qibuilder 2022 versão plena com sete disciplinas sendo QiElettrico, QiCabeamento, QiSPDA, QiHidrossanitario, QiGas, QiIncendio e QiClimatização, atualização de 2 (duas) licenças com valor de R\$ 25.080,00 (Vinte e cinco mil e oitenta reais). Foi adquirida 1 (uma) licença do QIVISUS 2022 ao custo de R\$ 10.066,00 (Dez mil e sessenta e seis reais) e uma licença do QICLOUD 2022 com o custo de R\$ 44.000,00 (Quarenta e quatro mil reais), desta forma foram investidos nesta primeira fase de implantação o valor de R\$ 166.746,00 (Cento e sessenta e seis mil, setecentos e quarenta e seis reais).

Comparado com o investimento que a UFV vem fazendo nos últimos anos em obras e reformas, pode-se concluir que é um valor razoável haja visto que em 2023 foram licitados o valor de R\$ 20.853.000,49 (Vinte milhões, oitocentos e cinquenta e três mil e quarenta e nove centavos).

Considerando as contratações feitas no ano de 2023, o custo para aquisição dos programas e atualizações representou um percentual de 0,80% do total anual investido pela instituição. O investimento para implantação do BIM representa, portanto, um percentual muito baixo quando comparando com o total gasto com os projetos licitados na UFV. É importante ressaltar que não houve custo com a contratação do projeto, já que este foi desenvolvido por servidores da UFV. Este fator é interessante, visto que o levantamento realizado pelo TCU indica que a contratação com base em projeto básico deficiente é uma das principais causas da paralização de obras no país com recursos federais (TCU, 2019).

Mesmo correspondendo a um valor de investimento baixo, reforça-se a necessidade de uma política no país que não seja baseada apenas em decretos, mas que apresente também formas mais flexíveis de financiamento e de suporte para que as instituições federais possam adquirir softwares e contratar cursos e treinamento. A maior parte das instituições federais de ensino tem dificuldade em alocar recursos para este tipo de contratação. Desta forma, é preciso uma avaliação mais profunda haja visto que muitas instituições possuem corpo técnico reduzido, não dispendo de profissionais para elaboração de todas as disciplinas de um projeto.

Além do investimento realizado para a aquisição ou atualização de programas, foi feito investimento de R\$ 475.000,00 (Quatrocentos e setenta e cinco mil reais) para a reforma da sede da DPO, fez parte desta reforma a adequação do terceiro pavimento em um escritório panorâmico pode oferecer várias vantagens para a implantação do *Building Information Modeling* (BIM) devido à sua influência positiva no ambiente de trabalho e na colaboração entre os profissionais. Aqui estão algumas vantagens específicas, tais como: comunicação e colaboração aprimoradas, acesso à luz natural para visualização de modelos, incentivo à criatividade, estímulo ao engajamento da equipe, e melhoria do bem-estar. Para a continuidade da implementação do BIM na UFV serão necessários mais investimentos como cursos, aquisição de programas e, principalmente, para capacitação de equipe de engenheiros e arquitetos.

Os modelos nativos foram exportados com o formato IFC e compartilhados e carregados no AltoQi Visus Collab, que foi utilizado como Ambiente Comum de Dados, sendo feitas várias verificações no modelo federado conforme apresentado a seguir.

Quando se fala em "arquivo nativo" no contexto do BIM, refere-se ao formato de arquivo original em que os modelos BIM são criados e armazenados dentro de um determinado software BIM. Cada software tem seu próprio formato nativo de arquivo, que geralmente é proprietário e específico para aquela plataforma.

É de fundamental importância para a compatibilização dos modelos que os mesmos sejam gerados com a mesma origem. Segundo o roteiro apresentado na seção 5.2, a origem foi definida no projeto arquitetônico, posteriormente todos os projetos complementares foram gerados considerando a mesma origem, evitando que os modelos ficassem deslocados. No estudo de caso apresentado, mesmo tendo sido definida a origem, o modelo do projeto elétrico e dados quando exportados para o ACD, ficou deslocado em comparação com os demais, sendo necessário a realização de revisão da origem.

O formato utilizado para exportação dos modelos foi o IFC, e cada profissional responsável pelo projeto salvou o modelo em IFC no diretório criado para a obra, que apresenta uma pasta para cada disciplina. Uma vez carregados, os modelos podem ser visualizados pelos profissionais que compõem a equipe de projeto ao mesmo tempo. Todos os modelos gerados das disciplinas foram carregados no ACD e não foram observados problemas de interoperabilidade, pois foi possível a visualização de todos os modelos.

Outro fator relevante diz respeito à denominação dos pavimentos apresentada no projeto arquitetônico, que deve ser mantida nos projetos complementares, pois o ACD permite a ativação e desativação dos modelos e dos elementos que compõem estes modelos. Por exemplo, no modelo estrutural é possível deixar ativo apenas um pavimento e desativar alguns elementos deste pavimento como lajes e/ou vigas.

Durante a fase de compatibilização, ficou demonstrado que a metodologia vai contribuir para que os projetistas aumentem os seus conhecimentos relativos as demais disciplinas. A modelagem também proporciona maior facilidade para identificação das interferências, pois é mais prático verificar uma incompatibilidade no modelo BIM do que no método tradicional em 2D, permitindo ao projetista a sua correção. Mesquita et al. (2018), em um estudo de caso com a utilização da metodologia BIM para projetos arquitetônico, estrutural e hidrossanitário de um edifício

residencial multifamiliar, relataram por meio da análise das interferências que 53,88% dos problemas que possivelmente seriam detectados na execução poderiam ter sido identificados na fase de projeto. Assim, seriam evitados gastos desnecessários com retrabalhos e atrasos do cronograma da obra.

Os níveis e principalmente o aprofundamento das discussões sobre detalhes do projeto foram potencializadas com a compatibilização dos modelos, pois será necessário que os projetistas aprofundem os seus conhecimentos práticos, uma vez que os detalhes construtivos precisam estar presentes no modelo como, por exemplo, a espessura e o tipo de revestimento, no primeiro pavimento, composto por laje mais camada de regularização e revestimento, já no pavimento térreo, na maioria dos casos não se tem a laje e sim o contrapiso mais a camada de regularização e o revestimento, e precisa ser definido no modelo o nível destes pisos compatibilizados com a estrutura, principalmente no térreo.

A compatibilização dos modelos aumentou de forma considerada a interação entre os projetistas que compõem a equipe de projeto, pois ao fazerem a compatibilização dos modelos, vários questionamentos são apresentados por meio de reunião e de notas BCF. Outro ponto fundamental é o registro das alterações, pois as mesmas ficam documentadas e podem ser consultadas a qualquer tempo, ficando arquivada a justificativa pela adoção de certa decisão de projeto. O registro das informações é de fundamental importância, principalmente para construções que atendem ao setor público, pois constantemente são objeto de reforma e/ou ampliação e estes registros são decisivos para futuras tomadas de decisão.

As incompatibilidades resolvidas em fase de projeto proporcionam maior eficiência para a obra, pois retrabalhos são evitados, mesmo em fase inicial de implantação as modificações realizadas no projeto evitam o retrabalho e o acréscimo de custo gerado pela correção de falhas construtivas durante a obra.

A predefinição de algumas diretrizes do projeto na reunião inicial e a colaboratividade que o desenvolvimento do projeto em BIM proporciona é relevante para o crescimento e o nível da equipe.

Utilizando o ACD para realizar a compatibilização dos projetos, o prazo total gasto para desenvolvimento do projeto foi satisfatório, já que o projeto foi elaborado em 45 dias, incluindo todos os projetos complementares e orçamento, apesar dos profissionais estarem envolvidos em outras funções, tais como fiscalização e desenvolvimento de outros projetos. Esta limitação quanto à não exclusividade de

trabalho em um único projeto é uma grande dificuldade de implantação do BIM em órgãos públicos, principalmente os setores técnicos das Universidades Federais, que na maioria dos casos, contam com um número reduzido de profissionais e para um projeto piloto, por exemplo, não conseguem dedicação integral na elaboração do projeto. Neste sentido, a quantificação do tempo para o desenvolvimento do projeto fica comprometido devido as várias atribuições que eles exercem simultaneamente.

A Tabela 18 apresenta as vantagens da elaboração de um projeto utilizando o BIM fazendo a comparação com o projeto desenvolvido pelo método tradicional. De maneira geral, as vantagens que o BIM promove para a qualidade do projeto são significativas, mas pode-se destacar o aumento do nível de detalhe e precisão dos projetos que também promove um crescimento no nível das discussões entre os projetistas. A precisão é tão importante para o desenvolvimento dos modelos que requer incorporação de informações que não seriam projetadas no processo tradicional. A comunicação entre os membros da equipe também fica mais abrangente, pois os projetistas passam a ter contato com os modelos das outras disciplinas, o que geralmente não ocorre com tanta clareza no processo tradicional. Sendo assim, é esperado uma ampliação do conhecimento da equipe por meio do domínio das premissas e soluções de projetos das demais disciplinas.

O ACD utilizado proporcionou a visualização dos modelos de forma simultânea por todos os projetistas envolvidos no desenvolvimento do projeto, contribuindo significativamente para melhora do fluxo de comunicação e informação da equipe sobre o projeto. Não foram constatados nenhum problema relacionado a interoperabilidade causado com a importação dos modelos.

Tabela 18 – Vantagens e desvantagens observadas com a elaboração do projeto piloto.
Comparação entre as vantagens e desvantagens observadas no projeto piloto em BIM e o processo tradicional

| Descrição | Projeto Piloto em BIM | Projeto Tradicional |
|---|-----------------------|---------------------|
| Elaboração do modelo de arquitetura. | SIM | Alguns casos |
| Elaboração do modelo dos projetos complementares. | SIM | Não |
| Compatibilização entre as disciplinas | SIM | NÃO |
| Colaboração entre os profissionais | SIM | NÃO |
| Correção de interferências | SIM | NÃO |
| Nível de precisão dos projetos | Alto | Baixo |
| Contato do projetista estrutural com o modelo de arquitetura | SIM | SIM |
| Contato dos projetistas dos projetos complementares com o modelo de arquitetura | SIM | NÃO |

Fonte: O autor.

A seguir estão apresentadas as fases que, no âmbito desta proposta, devem ser seguidas, a partir de maio de 2024, para todos os projetos a serem desenvolvidos e executados pela UFV, independente da origem do recurso.

I - Primeira fase - a partir de 1º de maio de 2024, o BIM deverá ser utilizado no desenvolvimento de projetos de arquitetura e engenharia, referentes a construções novas e abrangerá, no mínimo:

a) elaboração dos modelos referentes às disciplinas de:

1. arquitetura;
2. estruturas;
3. instalações hidráulicas e sanitárias;
4. instalações de aquecimento, ventilação e ar condicionado; e
5. instalações elétricas, dados e SPDA;

b) a detecção de interferências físicas e funcionais entre as diversas disciplinas e a revisão dos modelos de arquitetura e engenharia, de modo a compatibilizá-los entre si;

c) montagem do Plano de Implantação do BIM para a DPO.

II - Segunda fase - a partir de 1º de janeiro de 2027, o BIM deverá ser utilizado no desenvolvimento de projetos de arquitetura e engenharia, referentes a construções novas e abrangerá, no mínimo:

a) os usos previstos na primeira fase;

b) a orçamentação, o planejamento e o controle da execução de obras;

III – Terceira fase - a partir de 1º de janeiro de 2028, o BIM deverá ser utilizado no desenvolvimento de projetos de arquitetura e engenharia, referentes a construções novas, **ampliações e reformas** e abrangerá, no mínimo:

a) os usos previstos na segunda fase;

b) a atualização do modelo e de suas informações como construído (as built), para obras cujos projetos de arquitetura e engenharia tenham sido realizados ou executados com aplicação do BIM

IV – Quarta fase - a partir de 1º de janeiro de 2029, o BIM deverá ser utilizado no desenvolvimento de projetos de arquitetura e engenharia, referentes a construções novas, **ampliações e reformas** e abrangerá, no mínimo:

- a) os usos previstos na terceira fase;
- b) o gerenciamento e a manutenção do empreendimento após a sua construção, cujos projetos de arquitetura e engenharia e as obras tenham sido desenvolvidos ou executados com aplicação do BIM.

Os principais desafios serão a manutenção dos softwares por assinatura e finalização do plano de implantação do BIM para a PDO, elaboração do plano de execução BIM e atendimento ao cronograma apresentado nesta dissertação.

A perspectivas futuras são promissoras, pois com o desenvolvimento dos projetos utilizando por completo a metodologia BIM será possível alterar o regime de contratação por preço unitário para preço global, que demanda um menor tempo da fiscalização e proporciona maior segurança dos gestores.

6. CONCLUSÕES

O presente trabalho promoveu uma grande contribuição para desenvolvimento de conceitos que fazem parte de um Plano de Implementação do BIM para Universidade Federal de Viçosa, sendo o pioneiro na instituição envolvendo a sua aplicação em uma obra pública, Prédio da Justiça Federal.

Os projetos de arquitetura e complementares foram desenvolvidos em programa nativo e exportado via IFC para o ACD. Foram realizados a compatibilização dos projetos no ACD e ajustes e correção das incompatibilidades.

O aumento da precisão é uma das principais vantagens do uso do *Building Information Modeling* (BIM) em comparação com métodos tradicionais de projeto e construção. De acordo com os resultados, o BIM aumenta a precisão pelos seguintes fatores:

1. Modelagem precisa em 3D: O BIM permite a criação de modelos digitais tridimensionais detalhados de edifícios e infraestruturas que são mais precisos e representativos do projeto real do que desenhos em 2D ou maquetes físicas.
2. Coordenação entre disciplinas: No BIM, várias disciplinas, como arquitetura, engenharia estrutural e MEP (mecânica, elétrica e hidráulica), podem trabalhar juntas em um único modelo integrado. Isso permite a detecção precoce de conflitos e erros.
3. Detecção de interferências: Com o BIM, é possível realizar análises de colisão automáticas para identificar interferências entre elementos do projeto, como dutos de HVAC e vigas estruturais o que ajuda a evitar problemas durante a construção.
4. Simulação e análise avançadas: O BIM permite a realização de simulações e análises avançadas para avaliar o desempenho do edifício em várias condições, como análise estrutural, simulação energética e análise de iluminação natural. Essas análises são interessantes para otimizar o projeto e garantir sua precisão.

5. Documentação precisa: Com o BIM, é possível gerar automaticamente desenhos de construção e documentação técnica a partir do modelo digital. Isso ajuda a garantir que a documentação do projeto seja sempre atualizada com as mudanças no modelo.
6. Quantificação e estimativa de custos: O BIM facilita a quantificação de materiais e a estimativa de custos ao longo do processo de projeto, auxiliando na obtenção de orçamentos mais precisos e maior controle dos custos durante a construção.

Foi constatado durante a elaboração do projeto que o uso do BIM tem um impacto significativo no aumento da interação e colaboração entre diferentes disciplinas e equipes envolvidas em um projeto. Ao trabalhar em um ambiente BIM compartilhado, os membros da equipe têm a oportunidade de interagir e colaborar com colegas de outras áreas, ampliando seu conhecimento e compreensão dos aspectos multidisciplinares do projeto.

Além disso, os membros da equipe ganham experiência prática na aplicação dos princípios e técnicas do BIM, tais como criação e edição de modelos BIM, a coordenação entre disciplinas, a realização de análises e simulações, e a geração de documentação de construção a partir do modelo. As habilidades adquiridas ao trabalhar com o BIM são frequentemente transferíveis para outras áreas e projetos. Por exemplo, a capacidade de modelagem 3D, análise de dados e colaboração multidisciplinar são habilidades que podem ser aplicadas em uma variedade de contextos profissionais além do BIM.

A partir dos resultados desse estudo, pode-se concluir que houve maior envolvimento dos projetistas com as decisões do projeto com a execução do projeto no BIM e necessidade de conhecimento da equipe sobre as demais disciplinas. Além disso, foram alcançados maiores níveis de aprofundamento nas discussões para solucionar os conflitos e um aumento da precisão do projeto.

Como contribuição para trabalhos futuros, sugere-se fazer um estudo da extração automática de quantitativos usando software adquirido por meio dos modelos federados; dar continuidade a deste trabalho até a conclusão do plano de implantação do BIM na UFV; construir um plano de execução do BIM na UFV e desenvolver templates padrões para todas as disciplinas.

REFERÊNCIAS

- ADDOR, M. et al. **Fluxo de Projetos em BIM: Planejamento e Execução**. Guia AsBEA Boas práticas em BIM, Fascículo II, GTBIM, 2015.
- AHMED, S. Barriers to Implementation of Building Information Modeling (BIM) to the Construction Industry: A Review. **Journal of Civil Engineering and Construction**, v. 7, n. 2, p. 107-113, 2018.
- ALTO QI. 2024. Disponível em: <https://altoqi.com.br/visus-collab>
- ALVES, R. C. M.; PEREIRA, A. T. C. BIM3C: Um modelo para projeto colaborativo em bim. **Projeto, Parametria e Tecnologia II (Inverno)**, v. 5, n. 18, 2021.
- ANTUNES, M. A. R.; OLIVEIRA, D.; RIBEIRO, J. C.; CARVALHO, J. M.; CESAR JÚNIOR; K. M.; CURI, V. C. Estado da arte e BIM: um banco de dados aplicável às obras de reabilitação. **Concreto e Construções**. ed. 106, 2022. DOI: 10.4322/1809-7197.2022.106.0002
- ARAYICI, Y.; FERNANDO, T.; MUNOZ, V.; BASSANINO, M. Interoperability specification development for integrated BIM use in performance based design. **Automation in Construction**, v. 85, p. 167-181, 2018. doi: 10.1016/j.autcon.2017.10.018.
- ARAYICI, Y.; KHOSROSHAHI, F.; PONTING, A.; MIHINDU, S. Towards implementation of building information modelling in the construction industry. In: **Fifth International Conference on Construction in the 21st Century (CITC-V) "Collaboration and Integration in Engineering, Management and Technology"**, 2009, Istanbul, Turkey, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16636-2**: Elaboração e desenvolvimento de serviços técnicos especializados de projetos arquitetônicos e urbanísticos – Parte 2: projeto arquitetônico. Rio de Janeiro, 2017.
- BAIA, D. V. S.; MIRANDA, A. C. O.; LUKE, W. G. Uso de ferramentas bim para o melhor planejamento de obras da construção civil. In: **IV Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção**, 2014.
- BARROS, F. C.; MELO, H. C. Estudo sobre os benefícios do BIM na interoperabilidade de projetos. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v. 8, n. 1, p. 74-91, 2020.
- BRASIL. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. GUIA, A. B. D. I. 1: Processo de projeto BIM. **Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC**, v. 1. Brasília, DF. ABDI, 2017.
- BRASIL. Decreto nº 6.096, de 24 de abril de 2007. Institui o Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais-REUNI. **Diário Oficial da União**, p. 7-7, 2007. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Decreto/D6096.htm

BRASIL. Decreto n. 10.306, de 2 de abril de 2020. Estabelece a utilização do Building Information Modelling na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal, no âmbito da Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling - Estratégia BIM BR. **Diário Oficial da União**, 2020. Disponível em: <http://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.306-de-2-de-abril-de-2020-251068946>.

BRUNETTO, B. A. **Compatibilização de projetos interdisciplinares através do esquema IFC: Processo colaborativo**. Trabalho de Conclusão de Curso - Engenharia Civil. Universidade do Sul de Santa Catarina, 2020.

BUSS, A. G.; CARNEIRO, D. D. A.; LÉDO, B. C. Aplicação do bim na compatibilização de projetos complementares / Bim application in compatibilization of additional projects. **Brazilian Applied Science Review**, v. 4, n. 1, p. 319–332, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34115/basrv4n1-020>.

CALLEGARI, S. **Análise da Compatibilização de Projetos em Três Edifícios Residenciais Multifamiliares**. Dissertação – Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2007.

CAMBIAGHI, H., AMÁ, R. **Manual de escopo de projetos e serviços de arquitetura e urbanismo**. São Paulo: AsBEA, 2006.

DOUMBOUYA, L.; GAO, G.; GUAN, C. Adoption of the Building Information Modeling (BIM) for construction Project effectiveness: the review of bim benefits, **American Journal of Civil Engineering and Architecture**, v. 4, n 3, p.74–79, 2016. DOI: 10.12691/AJCEA-4-3-1.

FABRÍCIO, M. M.; BAÍA, J. L.; MELHADO, S. B. Estudo da sequência de etapas do projeto na construção de edifícios: cenário e perspectivas. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO: a engenharia de produção e o futuro do trabalho, 1998, Niterói. **Anais...** Niterói: UFF/ABEPRO, 1998.

FERREIRA, S.; OLIVEIRA, J.; JEREISSATI, G.; CAVALCANTE, J.; OLIVEIRA, F.; ALMEIDA, P. O. BIM e a compatibilização dos projetos em obras públicas: O caso de estudo de uma escola brasileira. In. **4º Congresso Português de 'Building Information Modelling'**, v. 2 – ptBIM, p. 358- 369, 2022. DOI: <https://doi.org/10.21814/uminho.ed.77>.

FUJII, F. Y.; CAROLINO, C. R.; FRANCO, S. C. C. S.; PICCINI, B. B. G. Abordagem para conceituação do modelo de informação dos ativos para a elaboração do plano de implementação BIM na SABESP. In: 33º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente, 2022. **Anais...** São Paulo, 2022.

IASBIK, M.P.; MARTINEZ, A.C.P.; GAZEL, J.L.T. Integration of BIM and Algorithmic Design logics through data exchange between Grasshopper plugin and Revit and Archicad software. In: **XXIV International Conference of the Iberoamerican Society of Digital Graphics**, p. 470 – 477, 2020.

ISO 16739-1. **Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries**. ISO: Geneva, Switzerland, 2018a.

ISO 19650-1. **Organization of information about construction works — Information management using building information Modelling — Concepts and principles**, ISO: Geneva, Switzerland, 2018b.

KISSI, E.; BOATENG, E.; ADJEI-KUMI, T. Strategies for implementing value management in the construction industry of Ghana Proceedings of the DII-2015. In: **Conference on Infrastructure Development and Investment Strategies for Africa**, p. 255-267, 2015.

KUMANAYAKE R. P.; BANDARA, R. M. P. S. Building Information Modelling (BIM); How it improves building performance. **Int. International Symposium on Ensuring National Security Through Reconciliation & Sustainable Development**, p. 357–365, 2012. DOI: 10.1007/s13398-014-0173-7.2.

LEE, W.; KIM, S.; YU, Y.; KOO, B. Development of graph based deep learning methods for enhancing the semantic integrity of spaces in BIM models. **Korean journal of construction engineering and management**, v. 23, n. 3, p. 45-55, 2022.

LIMA, L. F. **Caderno BIM: coletânea de cadernos orientadores: Caderno de especificações técnicas para contratação e projetos em BIM – Edificações** - Curitiba, PR: Secretaria de Estado de Infraestrutura e Logística, 2018. 136 p.

LIMMER, C. V. **Planejamento, orçamentação e controle de projetos e obras**. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

LIU, Z.-Q.; ZHANG, F.; ZHANG, J. The building information modeling and its use for data transformation in the structural design stage. **Journal of Applied Science and Engineering**, v. 19, n. 3, p. 273-284, 2016. DOI: 10.6180/jase.2016.19.3.05.

MANZIONE, L. **Proposição de uma Estrutura Conceitual de Gestão do Processo de Projeto Colaborativo com o uso do BIM**. Tese de Doutorado. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2013.

MARKETS AND MARKETS. **Building Information Modeling Market with COVID-19 impact analysis by Deployment Type (On Premises, Cloud), Offering Type, Project Lifecycle (Preconstruction, Construction, Operation), Application, End user, & Region - Global Forecast to 2026**. Disponível em: <https://www.marketresearch.com/MarketsandMarkets-v3719/Building-Information-Modeling-COVID-impact-30200684/>

MARTINS, J. C. **BIM é aposta para a retomada do setor da construção**. Tecnologia na Construção - CBIC, Caderno Especial, São Paulo, p. 8, 2018.

MELHADO S. B.; AGOPYAN, V. O conceito de projeto na construção de edifícios: diretrizes para sua elaboração e Controle. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP**, v. 5, p.22, 1995.

MESQUITA, H. D. C., EDUARDO, R. C., RODRIGUES, K. C., PAULA, H. M. D. (2018). Estudo de caso da análise de interferências entre as disciplinas de um edifício com projetos convencionais (re) modelados em BIM. **Matéria** (Rio de Janeiro), v. 23, p. e12173, 2018.

MULLER, M.F., LOURES, E.R. AND JUNIOR, O.C. Interoperability assessment for building information modelling. In: **Proceedings of the 3rd International Conference on Mechatronics, Robotics and Automation**, Atlantis Press, p. 224-231), 2015. DOI: 10.2991/icmra-15.2015.45.

MPDFT. **Caderno de Projetos e de Gestão de Edificações em BIM**. Ministério Público do Distrito Federal e Territórios, DF, 2021. Disponível em: https://www.mpdft.mp.br/portal/pdf/noticias/fevereiro_2021/Caderno_BIM_MPDFT_Edi%C3%A7%C3%A3o_1_2020_dezembro.pdf. Acesso: 20 de maio de 2021.

NBS BIM TOOLKIT. **BIM Toolkit**, 2022. Disponível em: <https://www.thenbs.com/our-tools/digital-plan-of-work/>. Acesso em: 10 ABR. 2024.

OLANREWAJU, O. I.; KINEBER, A. F.; CHILESHE, N.; EDWARDS, D. J. Modelling the relationship between Building Information Modelling (BIM) implementation barriers, usage and awareness on building project lifecycle. **Building and Environment**, v. 207, Part B, p. 108556, 2022.

PAIVA, D. C. S. P. **Uso do BIM para compatibilização de projetos: Barreiras e oportunidades em uma empresa construtora**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2016.

PEÑA, M. D.; FRANCO, L. S. Método para elaboração de projetos para a produção de vedações verticais em alvenaria. **Gestão e Tecnologia de Projetos**. São Paulo, v. 1, n. 1, p. 126-153, 2006.

RIBEIRO, R. R.; CÉSAR JÚNIOR, K. M. BIM no projeto de estruturas de concreto armado: estudos de caso em Revit e Robot. **Revista Técnico-Científica**, n. 22, 2019.

RODRIGUES, A. **Grau de Maturidade BIM: Estudos de Caso em empresas projetistas de Arquitetura na cidade de São Paulo**. Monografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

RODRÍGUEZ, M. A. A.; HEINECK, L. F. M. A construtibilidade no processo de projeto de edificações. In: II WORKSHOP NACIONAL: gestão do processo de projeto na construção de edifícios, 2002, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: PUC-RS, 2002.

RODRIGUEZ, M. A. A.; HEINECK, L.F.M. Segmentação dos projetos de edificações para o seu planejamento, coordenação e controle. **Anais do XI Encontro Nacional de Tecnologias do Ambiente Construído**. A CONSTRUÇÃO DO FUTURO, 2006, Florianópolis, SC. p. 10.

SENA, P. C. P. **Automação de processos de projeto e programação em BIM: Dynamo, Python e C#**. Dissertação Tese. Instituto de Arquitetura e Urbanismo, 2019. DOI: <https://doi.org/10.11606/D.102.2020.tde-12032020-144132>

SILVA, M. V. F. P.; NOVAES, C. C. A coordenação de projetos de edificações: Estudos de caso. **Gestão & tecnologia de projetos**, v. 3, n. 1, p.44-78, 2008.

SILVA, M. A. C.; SOUZA, R. **Gestão de processo de projeto de edificações**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2003.

SHEIK, N. A.; VEELAERT, P.; DERUYTER, G. Exchanging Progress Information Using IFC-Based BIM for Automated Progress Monitoring. **Buildings**, v. 13, n. 9, p. 2390, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings13092390>

SHEHZAD, H. M. F.; IBRAHIM, R. B.; YUSOF, A. F.; KHAIDZIR, K. A. M.; HASSAN, O. H. A.; ABDALLA, S. A. Building Information Modelling Adoption: Systematic Literature Review. In: **International Conference of Reliable Information and Communication Technology**. Cham: Springer International Publishing, 2020. p. 920-932.

SHIROWZHAN, S.; SEPASGOZAR, S. M. E.; EDWARDS, D. J.; LI, H.; WANG, C. BIM compatibility and its differentiation with interoperability challenges as an innovation factor. **Automation in Construction**, v. 112, p. 103086, 2020. DOI: 10.1016/j.autcon.2020.103086

SOUSA, F. J. **Compatibilização de projetos em edifícios de múltiplos andares- Estudo de Caso**. Dissertação Tese, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Católica de Pernambuco, Recife, Brasil, 2010.

TCU – Tribunal de Contas da União. **Acórdão: 1.079/2019**. Plenário. Data de sessão: 15/5/2019.

VAN BERLO, L. A.; KRIJNEN, T.; TAUSCHER, H.; LIEBICH, T.; VAN KRANENBURG, A.; PAASIALA, P. Future of the industry foundation classes: Towards IFC 5. In: **38th International Conference of CIB W78**. 2021. p. 123-137.

YU, Y.; KIM, S.; JEON, H.; KOO, B. A. Systematic Review of the Trends and Advances in IFC Schema Extensions for BIM Interoperability. **Applied Sciences**, v. 13, n. 23, p. 12560, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/app132312560>.

ZAHEDI, A.; PETZOLD, F. Adaptive minimized communication protocol based on bim. In: **EC3 Conference 2019**. European Council on Computing in Construction, 2019. p. 31-39. DOI: <http://doi.org/10.35490/EC3.2019.150>.