

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AMBIENTE CONSTRUÍDO

PEDRO JOSÉ DE FREITAS LAZZARINI

UMA PROPOSTA PARA INSPEÇÃO DE ANOMALIAS NOS SISTEMAS PREDIAIS DE
ÁGUA FRIA E ESGOTO NA FASE DE USO E OPERAÇÃO

JUIZ DE FORA

2024

PEDRO JOSÉ DE FREITAS LAZZARINI

UMA PROPOSTA PARA INSPEÇÃO DE ANOMALIAS NOS SISTEMAS PREDIAIS DE
ÁGUA FRIA E ESGOTO NA FASE DE USO E OPERAÇÃO

Dissertação apresentada Programa de Pós-graduação em ambiente Construído da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ambiente Construído. Área de concentração: Ambiente construído.

Orientadora: Maria Teresa Gomes Barbosa

Coorientador: Kléos Magalhães Lenz César Junior

Juiz de Fora

2024

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

José de Freitas Lazzarini, Pedro.

UMA PROPOSTA PARA INSPEÇÃO DE ANOMALIAS NOS SISTEMAS PREDIAIS DE ÁGUA FRIA E ESGOTO NA FASE DE USO E OPERAÇÃO / Pedro José de Freitas Lazzarini. -- 2024.

108 f.

Orientadora: Maria Teresa Gomes Barbosa

Coorientador: Kléos Magalhães Lenz César Júnior

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído, 2024.

1. Sistemas hidráulicos. 2. BIM. 3. Manifestações Patológicas. I. Teresa Gomes Barbosa, Maria , orient. II. Magalhães Lenz César Júnior, Kléos , coorient. III. Título.

PEDRO JOSÉ DE FREITAS LAZZARINI

UMA PROPOSTA PARA INSPEÇÃO DE ANOMALIAS NOS SISTEMAS PREDIAIS DE
ÁGUA FRIA E ESGOTO NA FASE DE USO E OPERAÇÃO

Dissertação apresentada Programa de Pós-graduação em ambiente Construído da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ambiente Construído. Área de concentração: Ambiente construído.

Aprovado em:

BANCA EXAMINADORA

Profª. Maria Teresa Gomes Barbosa, D.Sc (Orientadora)

Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Kléos Magalhães Lenz César Júnior, Ph.D. (Co-Orientador)

Universidade Federal Viçosa

Prof. Emmanuel Kennedy da Costa Teixeira, D.Sc (Examinador 01)

Universidade Federal de Viçosa

Prof. Maurício Aguilar Molina, D.Sc (Examinador 02)

Universidade Federal de Juiz de Fora

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha gratidão à Pró-Reitoria de Infraestrutura da UFJF por disponibilizar os recursos necessários para o desenvolvimento do estudo de caso desta pesquisa e por seu apoio fundamental na implementação e disseminação do BIM na Universidade. Um agradecimento especial às professoras Maria Teresa e Lia, cujo incentivo foi crucial para meu ingresso no curso de pós-graduação e para minha imersão no tema desta pesquisa. Ao professor Maurício, meu agradecimento por instigar em mim a compreensão de que a engenharia não se resume a simplesmente "resolver problemas", mas sim a ser criativo e inventivo. Aos professores Kléos e Emmanuel, expresse minha gratidão por me receberem na Universidade Federal de Viçosa e por suas colaborações valiosas, essenciais para o sucesso desta pesquisa.

RESUMO

O processo de desenvolvimento do ambiente construído vem, cada vez mais, demandando maior colaboração e compreensão holística do ciclo de vida do empreendimento. Os sistemas das edificações se tornam progressivamente mais complexos e demandam profissionais mais qualificados e projetos mais detalhados. Ao se abordar sistemas hidrossanitários prediais, observa-se que eles são responsáveis pela maior parte das manifestações patológicas incidentes nas construções, e parte considerável dessas falhas surge de processos pouco eficientes de representação do ativo a ser construído. O Building Information Modeling – BIM, como um conjunto de processos, tecnologias e políticas, baseados em modelos paramétricos tridimensionais, é uma mudança de paradigma na Construção Civil e a variedade de suas aplicações pode ser fundamental para uma transformação das atividades executadas nessa indústria. O objetivo principal deste trabalho foi o de propor aplicações do BIM para o monitoramento de manifestações patológicas em sistemas hidrossanitários. Para isso, foi realizado um estudo de caso com o desenvolvimento de um modelo BIM de dois ambientes do Centro de Esportes Aquáticos da Faculdade de Educação Física da Universidade Federal de Juiz de Fora. O estudo aborda os desafios significativos no desenvolvimento do modelo BIM, como a coleta de informação, a atualização dos projetos para plataformas BIM e a maneira como as falhas nos sistemas podem ser gerenciadas nesses modelos. Para isso, além do desenvolvimento do modelo desses ambientes, o trabalho propôs uma série de parâmetros para auxiliar as atividades de manutenção predial. A pesquisa reforçou a importância do BIM na melhora do gerenciamento de serviços de manutenção, comunicação entre equipes e na promoção da eficiência e sustentabilidade ao longo do ciclo de vida do empreendimento.

Palavras-chave: Sistemas hidráulicos, BIM, Manifestações Patológicas.

ABSTRACT

The built environment development process constantly demands greater collaboration and a holistic understanding of the project life cycle. Building systems are becoming increasingly complex and demand more qualified professionals and lots of detailed projects. When addressing building plumbing systems, it is observed that they are responsible for most pathological manifestations in buildings, and a considerable part of these failures arise from inefficient processes of representing the asset to be built. Building Information Modeling – BIM, as a set of processes, technologies, and policies based on three-dimensional parametric models is a paradigm shift in the Construction Industry, and the variety of its applications can be crucial for a transformation of the activities carried out in this industry. The main objective of this work is to propose applications of BIM for the monitoring of pathological manifestations in plumbing systems. For this, a case study was conducted with the development of a BIM model for two areas of the Aquatic Sports Center of the Physical Education department in UFJF. The research addresses the significant challenges in the development of the BIM model, such as information collection, updating projects to BIM platforms and the way failures in the system can be managed in these models. For this, in addition to the BIM model of these environments, the work proposes a series of parameters to assist building maintenance activities. The research reinforces the importance of BIM in improving the management of maintenance services, communication between teams, and promoting efficiency and sustainability throughout the project life cycle.

Keywords: Plumbing design. BIM. Pathological Manifestations.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxo de informação para a gestão da manutenção	16
Figura 2: Disciplinas de projeto na construção civil	22
Figura 3: Sistemas hidrossanitários	25
Figura 4: Incidência de manifestações patológicas na edificação	30
Figura 5: Proporção do custo da edificação por fase.....	35
Figura 6: Três campos correlacionados de BIM.....	41
Figura 7: Maturidade BIM.....	43
Figura 8: Fases do projeto em cada Nível de Incorporação do BIM.....	44
Figura 9: Entregáveis no processo tradicional e com BIM	45
Figura 10: Benefícios da implementação do bim nas fases do ciclo de vida	46
Figura 11: Benefícios do BIM para a gestão de instalações.....	50
Figura 12: Contribuições da fase de projeto e de construção para fase de operação	52
Figura 13: Fachada do prédio onde foi realizado o estudo de caso	59
Figura 14: Vista aérea do Campus da UFJF com indicação do local de estudo.....	59
Figura 15: Croqui planta baixa da edificação, versão final do projeto arquitetônico.....	60
Figura 16: Croqui de corte transversal dos vestiários.	61
Figura 17: Layout do sistema de esgotamento sanitário desatualizado.....	63
Figura 18: Passos para a criação do modelo.....	67
Figura 19: Fluxograma para criação de parâmetros compartilhados no Revit.....	68
Figura 20: Fluxograma estudo de caso	69
Figura 21: Seção dinâmica tridimensional - caixa sifonada	74
Figura 22: Tabela de Conexões do sistema de água fria	75
Figura 23: Plug-in MicroDesk.....	76
Figura 24: Filtro do Revit	77
Figura 25: Calhas de coleta de água do chuveiro	78
Figura 26: Vista em perspectiva seccionada do modelo de arquitetura	79
Figura 27: Parâmetros para manutenção	87
Figura 28: Identificadores para a visualização dos dados sobre os componentes	88
Figura 29: Campo de edição de parâmetros compartilhados no Revit e arquivo de texto	89
Figura 30: Leitor de IFC com o elemento e seus parâmetros.....	90

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Manifestações patológicas em sistemas de água fria de acordo com a fase do ciclo de vida da edificação.....	31
Quadro 2: Manifestações patológicas em sistemas de esgotamento sanitário de acordo com a fase do ciclo de vida da edificação.....	33
Quadro 3: Qual informação se espera que seja entregue, quando e por qual disciplina.....	51
Quadro 4: Tecnologias para gerenciamento de manutenção.....	55
Quadro 5: Resumo das atividades e recursos das fases do procedimento experimental.....	70
Quadro 6: Relatório das manifestações patológicas nos vestiários.....	72
Quadro 7: Procedimentos relacionados ao monitoramento de sistemas hidrossanitários na fase de uso e ocupação do empreendimento.....	81
Quadro 8: Quadro resumo de procedimentos.....	86

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
COBie	<i>COBie Construction Operations Building Information Exchange</i>
FM	<i>Facility Management</i>
IFC	Industry Foundation Classes
RA	Realidade aumentada
RV	Realidade Virtual
SHP	Sistemas Hidrossanitários prediais
UFJF	Universidade Federal de juiz de Fora

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	13
1.2 OBJETIVO	17
1.3 PROPOSIÇÃO METODOLÓGICA	18
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	18
2 REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1 O DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS DE PREDIAIS	20
2.1.1 Contextualização	20
2.1.2 O projeto as-built e o Projeto as-is	22
2.1.3 O projeto para a manutenção	23
2.2 OS SISTEMAS HIDROSSANITÁRIOS PREDIAIS	24
2.2.1 Contextualização	24
2.2.2 Sistemas hidrossanitários prediais de água fria	27
2.2.3 Sistemas prediais sanitários	28
2.3 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM SISTEMAS HIDROSSANITÁRIOS PREDIAIS	28
2.3.1 Manifestações patológicas em sistemas prediais de abastecimento e distribuição de água fria	30
2.3.2 Manifestações patológicas em sistemas prediais de esgoto sanitário	32
2.4 MANUTENÇÃO PREDIAL	34
2.4.1 Considerações iniciais	34
2.4.2 Ferramentas de gestão de manutenção	37
2.5 BIM E O SETOR AECO	38
2.5.1 A Modelagem de Informação na Construção	38
2.5.2 O processo de Implementação do BIM	42
2.5.3 O processo de desenvolvimento do modelo BIM	44
2.5.4 BIM e interoperabilidade	46
2.5.5 Gerenciamento de instalações	47
2.5.6 Gerenciamento da Manutenção	52
2.5.7 Os benefícios do BIM para o Gerenciamento da Manutenção	56
2.5.8 Uso do software Autodesk Revit	57
3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	58
3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	58
3.2 MATERIAL	58
3.3 MÉTODOS	64
4 RESULTADOS	72
4.1 LEVANTAMENTO DE DADOS DA EDIFICAÇÃO	72
4.2 MODELAGEM DOS VESTIÁRIOS	73
4.3 INCORPORAÇÃO DE PARÂMETROS DE GESTÃO DO ATIVO	79
4.2 ANÁLISE DO PROCESSO DE TRABALHO	90

5 CONCLUSÃO	93
REFERÊNCIAS	96

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O desenvolvimento do ambiente construído está relacionado a uma abordagem integrada de todas as etapas do ciclo de vida do empreendimento, do anteprojeto e projeto às etapas de operação, manutenção e demolição. Essa integração possibilita um ciclo de compartilhamento de informações entre essas etapas, em que as soluções mais eficientes podem ser identificadas para a redução de erros, diminuição de custos adicionais, para manutenção e para o descarte ou reutilização de resíduos (Assis e Hippert, 2023).

A fase de uso e operação de um empreendimento corresponde à maior parcela do seu ciclo de vida, entretanto, o gerenciamento da manutenção é comumente negligenciado. Tradicionalmente, o planejamento do ciclo de vida de um empreendimento é finalizado na entrega da obra. Isso faz com que a manutenção seja realizada de forma emergencial ou improvisada. O impacto dessa falta de planejamento é um sobrecusto intensivo ao longo da vida útil da edificação e retrabalhos incidem sobre os serviços de recuperação (Brandão e Santos, 2020).

Estudos relacionados a edificações já existentes, especificamente sobre manutenção, são relevantes para melhorar critérios de qualidade e desempenho para os usuários. Ao se analisar os custos de cada etapa do ciclo de vida do empreendimento, observa-se que os custos relacionados à manutenção e operação podem ser superiores ao custo de construção. A adoção de procedimentos e planos de manutenção indevidos podem inviabilizar o uso e impossibilitar que a edificação chegue ao final de sua vida útil projetada (Barbosa *et al.*, 2020).

Os estudos que correlacionam gerenciamento de manutenção predial e sistemas hidrossanitários destacam a estreita relação entre desempenho e a preservação dos elementos construtivos. A manutenção predial possibilita o monitoramento dos componentes da edificação, que sofrem com o desgaste natural em função do tempo. Evita-se, assim, trocas de maneiras não planejadas e substituições inesperadas. Com o avanço tecnológico, novas ferramentas computacionais dão suporte a medições de desempenho de sistemas, com a prevenção de previsão de falhas. (Bottega *et al.*, 2022).

As edificações, diferentemente de outros produtos, são concebidas para o atendimento de um longo período. Desse modo, devem manter as condições adequadas para o fim a que se destinam. O desenvolvimento e a implantação de programas de manutenção nas edificações possibilitam o controle dos níveis de desempenho ao longo da vida útil projetada. Uma abordagem fundamentada em procedimentos organizados dentro de um sistema de gestão da manutenção é essencial, através do emprego de uma lógica de controle que abranja tanto a qualidade, quanto os custos. (ABNT, 2020).

Assis e Hippert (2023) destacam que a gestão eficaz do sistema de manutenção em edificações possibilita a preservação de suas características originais e previne a degradação dos materiais e componentes que a constituem. Há uma correlação direta entre a vida útil e qualidade do gerenciamento da manutenção, e este último precisa estar fundamentado nas informações projetuais fornecidas. A manutenção baseada em correções após a falha dos componentes aumenta o custo das atividades de preservação do edifício.

De acordo com Arçari (2019), órgãos públicos enfrentam desafios significativos na adoção de tecnologias de gestão da manutenção predial, dado que apresentam uma diversidade de edifícios sob sua responsabilidade e ampla distribuição geográfica. Ademais, há uma escassez de estudos acadêmicos sobre manutenção predial, o que indica que, no ensino superior, o tema é pouco abordado. Ainda assim, as pesquisas desenvolvidas convergem para tópicos como sistemas informatizados de manutenção, bancos de dados voltados para a manutenção, ordens de serviço, inspeção predial, terceirização, indicadores de manutenção e planejamento e controle da manutenção.

O processo de gerenciamento da manutenção em instituições públicas de ensino apresenta deficiências e um dos principais problemas está relacionado às tecnologias para assistir as atividades, como *softwares* e aplicativos. Isso contribui para a degradação do patrimônio público e para perdas precoces de desempenho, o que interfere diretamente no estado de conservação e funcionamento dos edifícios (Arçari, 2019).

Parte das solicitações de reparo em instituições públicas de ensino estão relacionadas aos sistemas prediais hidrossanitários, como, por exemplo, as decorrentes de retorno de gases, vazamentos, obstruções nas tubulações, retorno de espuma e vazamento em ralos. Esses vícios podem surgir devido a erros construtivos causados por falhas de dimensionamento, falta de especificações, comunicação inadequada entre os projetistas, falta de compatibilização com os diversos subsistemas da edificação e ausência de detalhes, o que leva a interpretações dúbias

pelos executores. Desse modo, a gestão adequada da elaboração do projeto hidrossanitário é de extrema importância, pois as anomalias geram prejuízos tanto para as empresas, quanto para o usuário da edificação (Batista *et al.*, 2019).

Sistemas hidrossanitários prediais apresentam ampla variedade de materiais, componentes e equipamentos, com inter-relações dinâmicas, o que faz com que esses sistemas tenham uma complexidade específica. Essas particularidades resultam em uma diversidade de possíveis problemas para as edificações, que modificam a maneira como os fluidos são transportados em seu interior. As anomalias nesses sistemas se caracterizam como eventos que ocorrem de maneira evolutiva, o que significa que caso não sejam resolvidas, elas se agravam em função do tempo, aumentando o prejuízo financeiro (Morais, Paula, Reis, 2021).

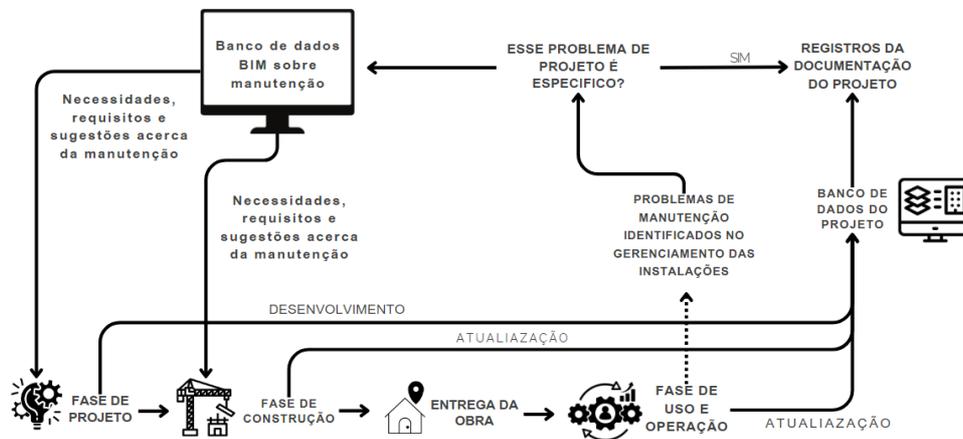
Examinar a natureza das manifestações patológicas pode desempenhar um papel importante na prevenção, de forma a diminuir a ocorrência de anomalias em futuras construções. A ampla disseminação e o aprofundamento desse tópico são de grande importância, pois têm o potencial de beneficiar os profissionais que desenvolvem projetos (com o aprimoramento da qualidade das soluções projetuais), bem como os usuários (com a melhora na gestão da manutenção, essencial para manter o uso adequado da edificação) (Bottega, Pilz, Costella, 2022).

O *Building Research Establishment* (BRE) aponta que os gerentes de atividades da fase de uso e operação não são reconhecidos como parceiros de diálogo durante a fase de projeto. Uma das dificuldades de envolver o gerente de instalações no início da fase de projeto é o fato de que a equipe de gerenciamento de instalações pode ainda não ter sido formada. O uso de tecnologias no desenvolvimento do projeto que antecipem requisitos manutenção, sem a presença física da equipe de gerenciamento de instalações, pode ser uma solução para o processo de integração entre fases do empreendimento. Nesse contexto, a modelagem de Informação na Construção, ou do inglês, *Building Information Modeling* – BIM, passa a ser uma estratégia de integração de informação entre equipes, como é apresentado na Figura 1 (Wong, Ge, He, 2018).

Na fase inicial de projeto, quando a flexibilidade é alta e o custo da mudança de alguma solução de projeto é baixo, a manutenibilidade do produto pode eliminar custos de manutenção, reduzir o tempo de inatividade e melhorar a segurança. O retorno do investimento em novos processos de projeto, como o BIM, surge de diversas fases do ciclo de vida do empreendimento, mas a maior parte das economias está na fase de operação e manutenção. Ocorrem despesas significativas e desnecessárias na prática atual, o que abre oportunidades para práticas

sustentáveis na fase de operação. Para isso são necessárias ferramentas informatizadas para a melhoria das atividades (Issa e Liu, 2014).

Figura 1: Fluxo de informação para a gestão da manutenção



Fonte: Liu e Issa (2013)

O *National Institute of Building Sciences* – NIBS aborda o BIM dentro de três categorias: i) Produto: modelo digital de dados de uma edificação, no qual são utilizadas ferramentas BIM para criar e agregar informações; ii) Processo: abrange todos os envolvidos no empreendimento, recursos de processos automatizados, padrões de informação e a colaboração multidisciplinar; iii) Ferramenta: aplicações informáticas que permitem interpretar, representar, agregar, transmitir e receber as informações do modelo da edificação (Couto *et al.*, 2020).

Na indústria da construção civil, a comunicação de informações projetuais é feita por meio de desenhos e documentos. Entretanto, com o avanço na complexidade das edificações e com a evolução de ferramentas de gerenciamento do ciclo de vida, é necessária a adoção de modelos de representação gráfica que descrevem melhor a edificação. Com a implementação do BIM, a colaboração entre os profissionais ocorre através de um banco de dados parametrizados, que descrevem a construção e possibilitam a inserção, extração, atualização, reuso e alteração de informações (Freire, 2023).

A produtividade em diversas indústrias melhorou significativamente através da adoção da tecnologia da informação. Exemplos incluem a automação na indústria automobilística e aeronáutica, que foi impulsionada pelas tecnologias de projeto integrado, e na agropecuária, com ganhos advindos de equipamentos conectados a sistemas georreferenciados. O BIM se

destaca como um sistema integrado na construção, que possibilita que a indústria da construção civil alcance patamares superiores de eficiência e produtividade (Leusin, 2018).

As aplicações do BIM para edificações existentes são diversas, uma vez que pode ser usado para monitorar componentes e assistir o gerenciamento de desempenho de sistemas e projetos de reforma, renovações ou *retrofits*. Para construções que já estão em uso, é necessário o desenvolvimento de um banco de dados BIM a partir da documentação disponível, que geralmente é apresentada em documentos e desenhos bidimensionais (Alizadehsalehi, Hadavi, Huang, 2020).

É comum que edificações já construídas, desenvolvidas por ferramentas tradicionais de projeto (CAD), possuam informações imprecisas, desatualizadas ou fragmentadas. Quando há documentação em desenhos como plantas, cortes e elevações, eles não possuem as alterações que ocorreram por conta de mudanças de projeto na fase de execução ou reformas, o que pode dificultar a construção de um modelo tridimensional. Nesses casos, é necessário o desenvolvimento de um modelo *as-built* (Santos, 2017).

A precisão na captura de dados é essencial para a efetiva utilização do BIM em edifícios existentes, no entanto, é comum a ausência de desenhos *as-built* para a conversão de CAD para BIM. Os procedimentos convencionais para modelagem começam com a importação de desenhos CAD para *software* BIM, utilizando um desenho 2D como base para o desenvolvimento manual do modelo BIM. Entretanto, essa conversão é limitada pela precisão e pelo nível de automação, tornando a inserção manual de dados em grandes edifícios uma tarefa complexa. Assim, avanços na tecnologia de *hardware* oferecem opções de captura de dados quando essas informações não estão disponíveis. Independentemente do método utilizado, é fundamental desenvolver uma estrutura de trabalho para a captura e incorporação eficaz de dados em modelos BIM (Soliman *et al.*, 2021).

1.2 OBJETIVO

A necessidade de estudar aplicações de ferramentas BIM em estágios na etapa de uso e operação do ciclo de vida da edificação, com o recorte em sistemas hidrossanitários de água fria e esgoto, foi a motivação principal deste trabalho. Dessa maneira, o objetivo principal foi propor aplicações do BIM para a inspeção de manifestações patológicas nesses sistemas. São objetivos específicos:

1. Proposição de soluções para a correção das manifestações patológicas identificadas nos sistemas hidrossanitários.
2. Proposição de um uso do BIM com o levantamento, especificação e incorporação de parâmetros necessários para o gerenciamento das atividades da manutenção de sistemas hidrossanitários.

1.3 PROPOSIÇÃO METODOLÓGICA

De forma sucinta, este trabalho efetua, primeiramente, uma abordagem do conhecimento existente sobre BIM em processos de gerenciamento de manutenção e em falhas nos sistemas hidrossanitários prediais. Por meio de um estudo de caso, analisou-se como uma ferramenta BIM pode ser usada para desenvolver um modelo de dois ambientes de uma edificação de uso educacional para a inspeção de manifestações patológicas em sistemas de água fria e esgoto na fase de operação/manutenção. Ademais, no âmbito do Decreto nº 10.306, de 22 de janeiro de 2024, pretende-se desenvolver um modelo virtual para futuros projetos, reformas, intervenções e, também, para o gerenciamento da manutenção de parte do Centro de Esportes Aquáticos Universidade Federal de Juiz de Fora, uma vez que os vestiários são essenciais para atividades de discentes e docentes e para programas de extensão que envolvem a comunidade.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta pesquisa foi estruturada em quatro capítulos. O Capítulo Um corresponde à introdução, contendo a justificativa e relevância do tema desenvolvido, os objetivos, a proposta metodológica e a estrutura do trabalho.

No Capítulo Dois, foi feita uma revisão bibliográfica sobre sistemas hidrossanitários, o seu processo de projeto e as manifestações patológicas que os afetam. Ainda é desenvolvida uma abordagem sobre como as ferramentas e processos BIM podem ser empregadas para a inspeção de anomalias construtivas na fase de uso de edificações.

No Capítulo Três, desenvolveu-se o procedimento experimental desta pesquisa. Nesta seção, há uma análise detalhada dos materiais, métodos e abordagens implementados na condução do estudo de caso. Cada etapa do processo do estudo de caso é delineada e explicada: seleção, coleta de dados e construção do modelo BIM.

No Capítulo Quatro da pesquisa, apresentou-se a análise e discussão dos resultados do estudo de caso. Nesta seção, foram analisados os processos e ferramentas utilizados para o levantamento *in loco* das anomalias construtivas e desenvolvimento do modelo BIM dos ambientes da edificação que foram usados no estudo de caso, aliada a uma análise baseada no referencial teórico elencado nesta dissertação. Examina-se também o processo de desenvolvimento da construção do modelo BIM e as aplicações para o monitoramento de manifestações patológicas. Assim, identifica-se padrões, tendências e relações significativas que surgiram do processo de trabalho.

Na Conclusão, foi desenvolvida uma discussão sobre o tema abordado, com a análise de como os objetivos propostos foram alcançados e como eles impactam na inspeção predial de sistemas de água fria e esgoto. São apresentadas também sugestões para pesquisas futuras sobre o tema proposto.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS DE PREDIAIS

2.1.1 Contextualização

Os processos tradicionais de desenvolvimento de projeto vêm sendo substituídos por uma abordagem integradora, caracterizada como Projeto Simultâneo. Essa abordagem integra os diversos participantes em termos de disciplinas e de etapas do ciclo de vida, o que possibilita o aprimoramento de soluções e contribuições de cada profissional, melhorando a qualidade do produto. O Projeto Simultâneo incorpora ainda, na fase de concepção, aspectos e demandas de fases seguintes do ciclo de vida, como como construtibilidade, habitabilidade, manutenibilidade e sustentabilidade das edificações (Cardoso *et al.*, 2017; Grazina, 2017).

Segundo a NBR 13531 (ABNT, 2017) a elaboração de projetos de edificação refere-se ao *processo de planejamento e representação antecipada dos atributos funcionais, formais e técnicos dos elementos que compõem uma edificação, seja para construir, pré-fabricar, montar, ampliar, reduzir, modificar ou recuperar*. Esses projetos abrangem tanto os ambientes internos, quanto externos da construção, além dos detalhamentos dos elementos da edificação, sistemas prediais, componentes construtivos e materiais a serem utilizados na construção.

Souza (2016) e Pereira (2017) indicam que o projeto de edificações, na construção civil, apresenta as seguintes etapas:

- Idealização do produto: as definições preliminares e programa de necessidades. Nessa etapa, são definidos os objetivos do empreendimento, prazos, recursos disponíveis, critérios e parâmetros de projeto, premissas e restrições.
- Desenvolvimento do produto: coleta e estabelecimento de informações referentes ao local e ao entorno do empreendimento. Além disso, é desenvolvido o estudo preliminar, com a representação gráfica conceitual, com a análise de volumetria e implantação no terreno.
- Formalização: desenvolvimento do anteprojeto, com definições preliminares de arquitetura, sistema construtivo e pré-dimensionamento estrutural e concepção do sistema de instalações prediais. Desenvolvimento do projeto legal, contendo informações técnicas padronizadas e documentadas.

- Desenvolvimento do anteprojeto, com representação intermediária da arquitetura, definição do sistema construtivo, pré-dimensionamento estrutural, concepção do sistema de instalações prediais (informações suficientes para avaliações preliminares da qualidade do projeto e dos custos de obra). Desenvolvimento do projeto legal, com o conteúdo de informações técnicas suficientes, na forma padronizada, para aprovação do projeto com autoridades competentes.
- Detalhamento: entrega do projeto executivo, contendo a representação final e completa da edificação, memoriais e detalhes técnicos suficientes para perfeita e abrangente compreensão do projeto. Desenvolvimento do projeto para a produção, com um conjunto de informações sobre o projeto que possibilite o planejamento das atividades de construção.
- Planejamento da execução: Simulação das alternativas técnicas e econômicas, racionalização da produção e gestão de custos e prazos do projeto.
- Entrega: Desenvolvimento do projeto *as-built*, com atualizações das informações contidas no projeto executivo que tenham sido alteradas ao longo do processo de construção.

A partir disso, observa-se que o processo de projeto permeia todo o ciclo de vida de um edifício, do seu planejamento e concepção à sua operação e manutenção. Esse processo envolve os diversos agentes ao longo das etapas e abrange não apenas atividades, mas também as decisões que precisam ser tomadas. (Cardoso *et al.*, 2017).

De acordo com Barbosa (2019), especialistas na construção civil possuem responsabilidades progressivamente mais específicas, à medida que há a introdução de inovações tecnológicas nos materiais e nos processos construtivos. Isso resulta na necessidade de interconectar diversos profissionais no desenvolvimento do projeto, o que gera múltiplas interferências durante o processo. A Figura 2 apresenta a multidisciplinaridade presente na construção civil, com cada disciplina de projeto.

Figura 2: Disciplinas de projeto na construção civil



Fonte: Adaptado de Bretas (2010) e Silva Filho (2018)

2.1.2 O projeto *as-built* e o projeto *as-is*

O projeto *as-built* caracteriza-se como a representação gráfica e/ou descritiva de como a edificação foi de fato construída e é um instrumento de controle da conformidade com os requisitos de projeto. Por meio dele, pode-se registrar as adaptações do projeto original existentes, entender suas causas e prever suas consequências, o que auxilia os profissionais na tomada de decisões assertivas. O seu objetivo principal é efetuar o registro e atualização da construção, que pode ser usado para fins de manutenção, reforma, renovação e futuras modificações do edifício (Salviano e Souza Neto, 2016).

Lindegård e Gholami (2018) pontuam que o *as-built* é desenvolvido a partir de informações sobre diferentes componentes de uma instalação. Isso pode incluir representações gráficas de elementos levantados *in loco*, dados de desempenho energético e de materiais utilizados, cronograma de manutenção, planejamento operacional, vida útil do projeto, garantias, entre outros. Com isso, a inserção de cada tipo de informação no projeto está relacionada aos objetivos pretendidos no gerenciamento da instalação que, usualmente, incluem:

- Levantamento das condições existentes: pode envolver medições, fotografias e análise das características estruturais e funcionais do edifício.

- Identificação de problemas ou deficiências: envolve danos estruturais, sistemas obsoletos ou questões de segurança.
- Objetivos do desenvolvimento do *as-built*: o propósito pode ser uma reforma para atender a novos requisitos, a adaptação do espaço para novos usos, a restauração de elementos históricos ou a manutenção dos elementos existentes.
- Especificações técnicas detalhadas: servem para a orientação da execução das obras e garantia da conformidade com os requisitos legais e normativos.
- Requisitos legais e regulatórios: envolvem licenças, permissões e conformidade com códigos de construção.
- Integração com elementos existentes: envolve os novos elementos que serão inseridos na edificação.

O projeto *as-built* contém as informações do ativo no final de sua construção. Ao se iniciar a fase de uso, operação e manutenção, esse projeto transforma-se no *as-is*, sempre atualizado com modificações, representando a edificação até sua demolição. O *as-is* passa a ser um banco de dados de informações sobre um empreendimento em um ponto no tempo, sendo continuamente enriquecido. Dessa maneira, o *as-built* torna-se um *as-is* à medida que o ativo físico sofre alguma atualização, modificação ou reforma e isso passa a ser documentado no projeto (Volk, Stengel, Schultmann, 2014).

Se não houver um projeto *as-is*, a documentação do edifício deve ser consultada para reunir as informações necessárias para criar ou atualizar o projeto. Essa documentação pode ser proveniente de duas fontes principais: dados recentemente coletados no local (condição atual), e dados arquivados de documentos da fase de projeto e construção. Embora os documentos arquivados nem sempre estejam atualizados, eles contêm informações sobre componentes não visíveis e atributos adicionais. Os dados no local priorizam informações geométricas, enquanto os arquivados podem fornecer dados semânticos. A escolha entre essas fontes depende dos tipos de dados disponíveis e do objetivo do uso do projeto *as-is* (Schönfelder *et al.*, 2017).

2.1.3 O projeto para a manutenção

Ampofo *et al.* (2020) aponta que o projeto para a manutenção precisa subsidiar o processo dos serviços de manutenção da edificação, com o fornecimento de diretrizes e instruções para as atividades. Dessa maneira, os seguintes fatores precisam ser levados em consideração:

- Criação de programas preventivos;
- Elaboração de modos econômicos de operação;
- Estimativas precisas de custos;
- Identificação de reparos necessários;
- Gestão de históricos de dados relacionados a atividades de manutenção;
- Proposição e análise contínua de soluções de engenharia para anomalias existentes.

O foco do projeto para a manutenção é projetar para facilmente manter um sistema, subsistema ou componente da edificação. Em algumas situações, a escolha de uma solução de projeto específica para uma edificação pode inviabilizar intervenções programadas periodicamente, devido a impeditivos como dificuldade de acesso, falta de segurança e riscos de acidentes (Grazina, 2017).

2.2 OS SISTEMAS HIDROSSANITÁRIOS PREDIAIS

2.2.1 Contextualização

A concepção de edifícios é um processo cada vez mais complexo, uma vez que progressivamente diversifica-se as atividades dos usuários, o que resulta em sistemas prediais interativos, que abrangem disciplinas como hidráulica, termodinâmica, eletricidade, telecomunicação, eletrônica, dentre outras. No processo de projeto, é essencial considerar o uso pretendido do edifício e as variáveis regionais, climáticas, culturais, sociais e econômicas para atender às exigências qualitativas dos usuários (Costa, 2015).

Além das normas específicas, os projetistas devem desenvolver os sistemas de uma edificação a partir de critérios estabelecidos pela norma brasileira de desempenho NBR 15575 (ABNT, 2022). O cumprimento desses critérios tem impacto em toda a cadeia produtiva: escritórios de arquitetura e engenharia, empreiteiras, construtoras e fornecedores de materiais. Durante a fase de projeto, é necessário um detalhamento maior das soluções adotadas e antecipação de decisões que antes eram tomadas em fases posteriores (Costa e Ilha, 2017).

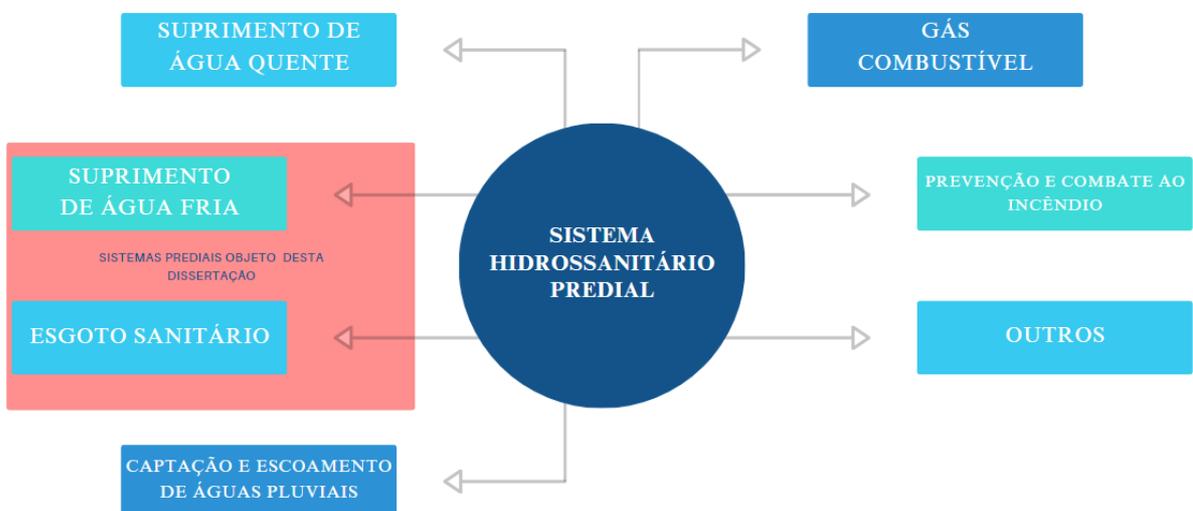
Os sistemas hidráulicos e sanitários correspondem a cerca de 12-15% dos custos de construção (projeto, instalação, reparo, manutenção e conservação dos componentes). O desempenho desses sistemas se relaciona com o conforto do usuário e com a economia de recursos. Na concepção desses sistemas, precisam ser consideradas as soluções dos outros sistemas prediais

envolvidos, o que permite a redução de custos adicionais para a construção e manutenção (Savarkar, Shende, Bobde, 2023).

A NBR 15575-6 (ABNT, 2022) define sistemas hidrossanitários prediais (SHP) como “... um conjunto de subsistemas destinados a suprir os usuários com água potável fria e/ou quente e água de reuso, e a coletar e afastar os esgotos sanitários, além de coletar e dar destino às águas pluviais”.

A classificação dos sistemas hidrossanitários prediais está correlacionada aos insumos e serviços necessários para o atendimento das demandas dos usuários na edificação, permitindo associar cada um deles a um sistema predial específico, com características próprias, como materiais, tipos de conexões, traçados e integração no cronograma de execução da obra. Ademais, esses sistemas devem atender a requisitos de desempenho distintos, garantindo eficiência e funcionalidade para satisfazer as necessidades dos ocupantes do edifício (Lima, 2016). A Figura 3 apresenta os subsistemas dos sistemas hidrossanitários.

Figura 3: Sistemas hidrossanitários



Fonte: Adaptado de Lima (2016)

A NBR 15575 - 6 (ABNT, 2022) aborda os critérios de desempenho dos sistemas hidrossanitários conforme apresentado a seguir:

- Resistência mecânica dos sistemas hidrossanitários e das instalações - resistir às solicitações mecânicas durante o uso;

- Solicitações dinâmicas dos sistemas hidrossanitários - não provocar golpes e vibrações que causem risco à sua estabilidade estrutural;
- Permitir utilização segura aos usuários - as peças de utilização e demais componentes dos sistemas hidrossanitários que são manipulados pelos usuários não devem possuir cantos vivos ou superfícies ásperas;
- Temperatura de utilização da água - quando houver sistema de água quente para os pontos de utilização nas edificações habitacionais, o sistema deve prever formas de prover ao usuário que a temperatura da água na saída do ponto de utilização seja limitada;
- Estanqueidade das instalações dos sistemas hidrossanitários de água fria e água quente - apresentar estanqueidade quando sujeitos às pressões previstas no projeto;
- Vida útil de Projeto das instalações hidrossanitárias - manter a capacidade funcional durante vida útil de projeto conforme períodos especificados na ABNT NBR 15575-1 (ABNT, 2022), desde que o sistema hidrossanitário seja submetido às intervenções periódicas de manutenção e conservação;
- Manutenibilidade dos sistemas hidráulicos, de esgotos e de águas pluviais - permitir inspeções, quando especificadas em projeto, do sistema hidrossanitário;
- Contaminação da água a partir dos componentes dos sistemas - evitar a introdução de substâncias tóxicas ou impurezas;
- Contaminação biológica da água no sistema de água potável - não utilizar material ou componente que permita a proliferação de microrganismos que possam causar doenças;
- Contaminação da água potável do sistema predial - não ser passível de contaminação por qualquer fonte de poluição ou agentes externos;
- Contaminação por refluxo de água - não permitir o refluxo ou retrossifonagem;
- Ausência de odores provenientes da instalação de esgoto - não permitir o retorno de gases aos ambientes sanitários;
- Contaminação do ar ambiente pelos equipamentos - não deve haver possibilidade de contaminação por geração de gás;

- Funcionamento das instalações de água - o sistema predial de água fria e quente deve fornecer água na pressão, vazão e volume compatíveis com o uso, associado a cada ponto de utilização, considerando a possibilidade de uso simultâneo;
- Funcionamento das instalações de esgoto - coletar e afastar, até a rede pública ou sistema de tratamento e disposição privados, os efluentes gerados pela edificação habitacional;
- Funcionamento das instalações de águas pluviais - coletar e conduzir água de chuva;
- Conforto na operação dos sistemas prediais - prover manobras confortáveis e seguras aos usuários;
- Uso racional da água - reduzir o consumo da água da rede pública de abastecimento e o volume de esgoto conduzido para tratamento, sem aumento da probabilidade de ocorrência de doenças ou da redução da satisfação do usuário;
- Contaminação do solo e do lençol freático - não contaminar os aquíferos subterrâneos;
- Desempenho acústico - prevenir ruídos gerados por equipamentos prediais.

2.2.2 Sistemas hidrossanitários prediais de água fria

Pedroso (2016) sugere que o uso de água em uma edificação é um dos propósitos pelo qual a edificação foi projetada. A tipologia da edificação é uma das variáveis para o projeto desses sistemas, dado que cada tipo de empreendimento tem características específicas. Os sistemas de abastecimento e distribuição de água fria são compostos por tubos, reservatórios, peças de utilização, equipamentos e outros componentes, destinados a conduzir água fria dos pontos de abastecimento até os pontos de uso (NBR 5626, ABNT 2020) e têm como funções principais:

- Fornecer e distribuir água para diferentes pontos de consumo da construção;
- Assegurar que a água seja distribuída de forma uniforme e com pressão adequada em todos os pontos de consumo, para que os usuários tenham acesso a ela em diferentes partes do edifício.
- Garantir a qualidade da água, de modo a evitar sua contaminação, garantindo a qualidade e a potabilidade.

- Possibilitar o controle do consumo de água, com medidores individuais ou coletivos para o monitoramento e controle do consumo nas edificações.

2.2.3 Sistemas prediais sanitários

Os sistemas sanitários configuram componentes de coleta e transporte de esgoto sanitário, componentes do subsistema de ventilação, ramais de descarga/esgoto, tubos de queda, coletores prediais e subcoletores, caixas de gordura e de passagem (NBR 8160, ABNT 1999). Esses sistemas têm como objetivos prevenir a contaminação da água, possibilitar o rápido escoamento da água utilizada e dos dejetos introduzidos, impedir que os gases do interior do sistema cheguem aos usuários e impedir o acesso de corpos estranhos no sistema. Essa norma também estabelece que esses sistemas devem ser acessíveis em casos de manutenção e que haja possibilidade de realizar reparos e checagem do desempenho dos componentes.

Esses sistemas apresentam quatro funções: captação, condução, ventilação e descarte. A captação envolve os dispositivos sanitários; a condução refere-se às tubulações e acessórios que captam e encaminham o esgoto sanitário e a ventilação engloba as tubulações projetadas para preservar a integridade dos fechos hídricos, com o intuito de evitar a emissão de gases para o interior do ambiente e direcioná-los adequadamente para a atmosfera (Botelho e Junior, 2021).

De acordo com Carvalho Júnior (2021), os aparelhos sanitários são conectados através de ramais de descarga que, por sua vez, se ligam a dispositivos equipados com desconector. Desses dispositivos, a água servida é conduzida por um ramal de esgoto que se conecta a uma caixa de inspeção e, por fim, a um coletor, responsável por encaminhar o efluente para um coletor público ou um sistema de disposição individual.

2.3 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM SISTEMAS HIDROSSANITÁRIOS PREDIAIS

A Norma de Desempenho define manifestação patológica como uma irregularidade que se manifesta no produto em função de falhas no projeto, na fabricação, na instalação, na execução, na montagem, no uso ou na manutenção, bem como problemas que não decorram do envelhecimento natural (NBR 15575, ABNT, 2022).

Os sistemas hidrossanitários representam a maior parte das manifestações de patologias em edifícios. Isso se deve ao fato que esses sistemas são executados sem o desenvolvimento de projetos e, somados a isso, à baixa qualidade dos materiais empregados e à escassez de mão de

obra qualificada para a construção. Outro ponto levantado é que esses sistemas, por serem embutidos na construção, na maioria das vezes ocultam as possíveis falhas (Vieira, 2016).

Um das alternativas para a redução dos custos com a manutenção, além do necessário para a recuperação do desgaste natural dos componentes da edificação, é por meio da identificação das manifestações patológicas mais recorrentes em um sistema. Isso possibilita a criação de um sistema de *feedback* ou retroalimentação que incorpora informações acerca do desempenho na fase de operação e uso em projetos futuros. Assim, um projeto precisa ser desenvolvido com a análise não apenas da construtibilidade, mas também da manutenibilidade¹ e operacionalidade (Botelho e Junior, 2021).

Carvalho Júnior (2021) aponta que as manifestações patológicas em sistemas hidráulicos podem ter diferentes origens. Essas falhas se dispõem na fase de projeto como inadequações no projeto executivo ou projeto de produção (falta ou imprecisões nas especificações de materiais e serviços, carência ou ausência de detalhes construtivos), na concepção e dimensionamento, no programa de necessidades ou ainda no desenvolvimento do *as-built*.

Afolabi *et al.* (2018) apontam que inconsistências no projeto de sistemas hidráulicos e sanitários influenciam o aumento nos custos de manutenção. Os autores apontam que as principais falhas são:

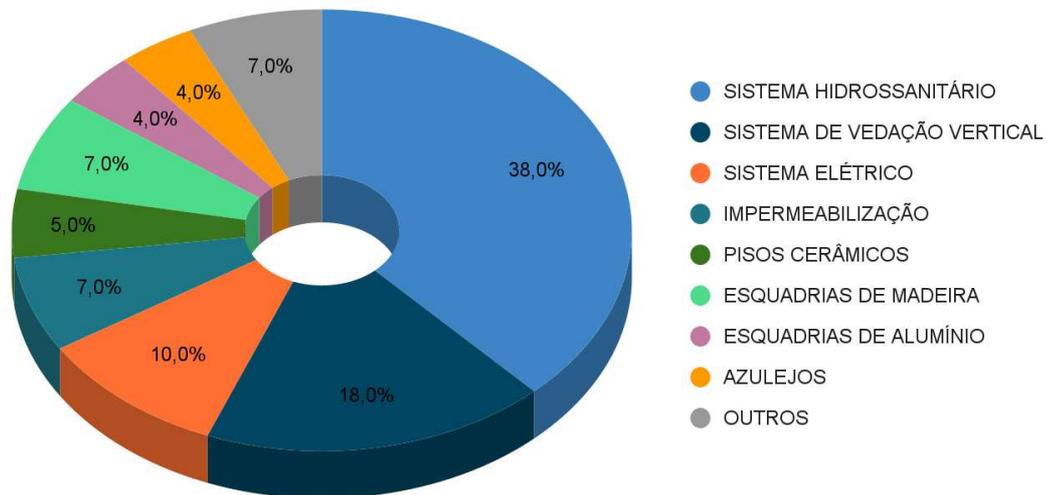
- Problemas como a falta de soluções que considerem manutenibilidade dos sistemas;
- Falta de espaço de trabalho para realizar a manutenção;
- Inacessibilidade de alguns elementos e componentes para o trabalho de manutenção;
- Layout de drenagem inadequado;
- Soluções de projeto pouco exequíveis;
- Detalhamento técnico de projeto insuficiente.

Fernandes (2021) conclui que as anomalias decorrentes de erros no processo de construção da edificação são atribuídas a interpretações equivocadas do projeto, falta de controle de qualidade, limpeza e fiscalização, economia de materiais e mão-de-obra não qualificada. Na fase de uso e manutenção, as principais causas são manutenção indevida ou negligente, danos aos elementos

¹ A norma de Desempenho (NBR 15575-1:2022) define manutenibilidade como o grau de facilidade de um sistema, elemento ou componente de ser mantido ou recolocado no estado no qual possa executar suas funções requeridas, sob condições de uso especificadas, quando a manutenção é executada sob condições determinadas, procedimentos e meios prescritos.

da edificação, uso indevido e modificações realizadas na edificação sem a devida análise e revisão do projeto. O autor ainda aponta que a maior parte dessas manifestações patológicas são incidentes em sistemas hidrossanitários, como é possível observar no gráfico da Figura 4.

Figura 4: Incidência de manifestações patológicas na edificação



Fonte: Adaptado de Fernandes (2021)

2.3.1 Manifestações patológicas em sistemas prediais de abastecimento e distribuição de água fria

Kamble e Kumthehar (2015) ressaltam que as principais anomalias nesses sistemas são níveis de pressão e vazão insuficientes, falhas no desempenho das válvulas, rompimento nas tubulações, funcionamento inadequado dos equipamentos instalados, presença de ruídos e vibrações, bloqueios nas tubulações, flutuações na temperatura da água quente e baixa qualidade da água. Essas anomalias podem estar relacionadas a falhas em diferentes momentos do ciclo de vida da edificação, no dimensionamento e concepção do projeto, na construção dos sistemas e à falta de manutenção ou operação incorreta. O Quadro 1 apresenta uma relação entre as causas das falhas e suas variedades de origem (Macedo, 2015).

Quadro 1: Manifestações patológicas em sistemas de água fria de acordo com a fase do ciclo de vida da edificação

PROJETO	Erros na determinação das pressões nas redes
	Consideração incorreta dos coeficientes de simultaneidade
	Dimensionamento incorreto dos espaçamentos entre abraçadeiras
	Consideração incorreta das perdas de carga
	Dimensionamento incorreto de juntas das tubulações embutidas
CONSTRUÇÃO	Adoção de materiais incorretos
	Ligação inadequada entre os elementos da instalação
	Vedação inadequada das válvulas de descarga
	Mudanças bruscas de diâmetros e existência de singularidades na rede
	Excesso de carga dos elementos construtivos
	Deformação exagerada de tubos
	Ausência de isolamento das tubagens, quando há necessidade
	Tensões exageradas nas instalações
USO/OPERAÇÃO	Mau funcionamento de válvulas redutoras de pressão
	Desgaste físico dos equipamentos
	Envelhecimento prematuro de tubos de PVC devido à exposição à radiação solar ou a temperaturas elevadas
	Incidência de ar nas tubagens e sua acumulação nos pontos altos
	Contaminação de tubos enterrados
	Excessos de velocidades do escoamento
	Defeitos em torneiras, válvulas e outros acessórios do sistema
	Manutenção inadequada

Fonte: Adaptado de Macedo (2015)

Vieira (2016) aponta que, nos sistemas de abastecimento e distribuição de água fria, poderão surgir rupturas de tubulação, contaminação da água em tubulações e reservatórios, vazamentos

nas tubulações embutidas, presença de ar no interior das tubulações e o desacoplamento nas juntas de tubulações plásticas.

2.3.2 Manifestações patológicas em sistemas prediais de esgoto sanitário

As anomalias construtivas nos sistemas prediais de esgotamento se dividem em três grupos (Macedo, 2015):

1. Perda de estanqueidade: manifestam-se normalmente no caso de tubulações embutidas, com o surgimento de manchas de humidade persistentes nos paramentos dos elementos de construção próximos das zonas afetadas. Em tubulações aparentes, caixas de inspeção e caixas sifonadas manifestam-se por meio de exsudações nas zonas afetadas e derrames para os pavimentos.
2. Obstrução de componentes: Essas obstruções são resultado do uso inadequado por parte dos utilizadores, que descartam objetos inadequados nos sistemas, como fraldas, papel higiênico, entre outros. Isso resulta na incapacidade de escoamento dos dispositivos sanitários ligados às tubulação. Ademais, pode ocorrer o refluxo das descargas dos dispositivos através do ralo de pavimento, da tampa da caixa sifonada ou de outros equipamentos conectados.
3. Projeto inadequados desses sistemas: Soluções ruins de projeto podem originar problemas como obstrução de tubos, surgimento de ruídos e de maus odores.

Para Vieira (2016), o mau cheiro nos ambientes pode ter as seguintes origens: sistema de ventilação inadequado ou inexistente, desconectores impróprios ou inexistentes, vedação inadequada ou inexistente de saída de bacias sanitárias, além de caixa de passagem ou de gordura sem o fechamento adequado. O autor ainda indica outra manifestação patológica nestes sistemas, o retorno de espuma, que ocorre nas grelhas de ralos e caixas sifonadas e pode ser resultado das conexões dos ramais de esgoto em áreas com pressão excessiva.

É necessário analisar se a ligação dos ramais de esgoto provenientes da máquina de lavar roupa com as colunas está situada em zonas de sobrepressão, como definido pela norma NBR 8160 (ABNT, 1999). As anomalias também podem ser classificadas de acordo com a fase do ciclo de vida da edificação e suas origens, como no Quadro 2.

Quadro 2: Manifestações patológicas em sistemas de esgotamento sanitário de acordo com a fase do ciclo de vida da edificação

PROJETO	Subdimensionamento dos diâmetros das tubulações
	Não consideração em fase de projeto das dilatações das tubulações
CONSTRUÇÃO	Deficiente vedação de caixas de inspeção ou de passagem
	Ventilação incorreta dos ramais posteriores aos sifões, que ocasiona um mau funcionamento
	Ligações incorretas entre tubulações, acessórios e equipamentos
	Travessia incorreta de elementos estruturais
	Obstrução e retorno de esgoto por ausência de um correto declive das tubulações
	Mudanças bruscas de diâmetros
	Espaçamento incorreto entre apoios das tubulações que não são embutidas
	Mudanças bruscas de diâmetros
	Deslocamentos dos elementos da construção
USO/ OPERAÇÃO	Má utilização e falta de manutenção dos sistemas
	Obstruções em ralos ou aparelhos sanitários
	Obstrução de tubulações

Fonte: Adaptado de Macedo (2015)

2.4 MANUTENÇÃO PREDIAL

2.4.1 Considerações iniciais

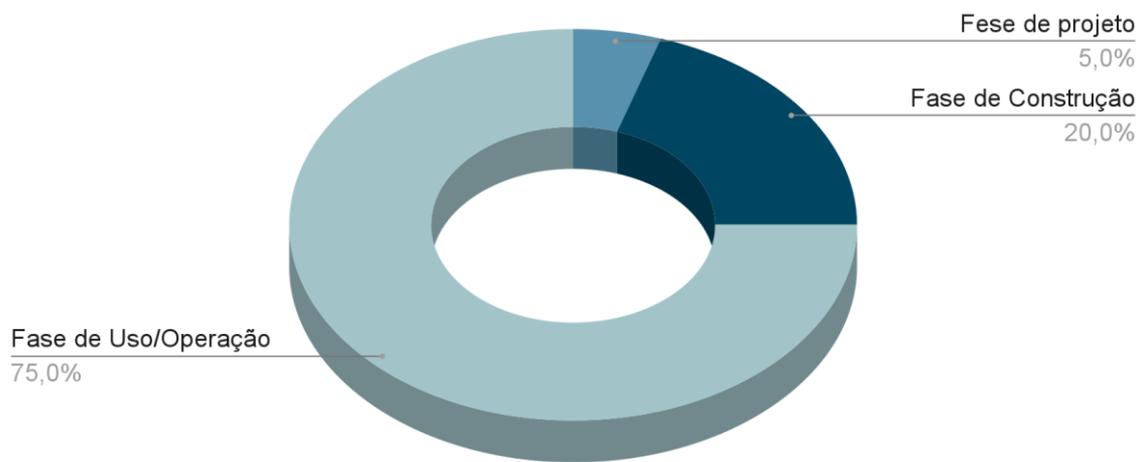
Diante do exposto, constata-se que a manutenção deve nascer ainda na fase de projeto, com a especificações de materiais, aprimoramento dos detalhes construtivos e outros dados da fase de concepção e construção. Nessa fase, os custos e investimentos futuros devem ser estudados sob uma perspectiva de custo/benefício, porque manutenções onerosas tendem a não ser praticadas ou inviabilizam a conservação adequada da edificação. Na fase de operação, os planos de manutenção devem ser incorporados às rotinas de uso e ocupação dos empreendimentos, sendo balizados na análise sistêmica entre atividades preventivas e atividades corretivas e ganho de desempenho e sobrevida (Bersagui, 2016).

A manutenção, na construção civil, se relaciona com a necessidade de uso racionalizado de recursos, para assegurar que as ações e tomadas de decisão sejam planejadas e que se evite procedimentos corretivos de caráter imediato. A Figura 5 apresenta os custos da construção num edifício de idade igual a 30 anos. Observa-se que mais de 75% do custo de um edifício estão presentes na fase de utilização e manutenção do edifício. Como o custo de manutenção tende a ser proporcional à idade do edifício, os resultados podem atingir patamares mais altos. (Silva, 2020).

Ao longo do tempo, o conceito de manutenção de edifícios passa por evoluções. A definição mais recente enfatiza a combinação de ações técnicas e administrativas realizadas ao longo da vida útil para preservar a edificação ou suas partes, mantendo o desempenho das funções necessárias. Para uma eficiente execução das atividades de manutenção, são essenciais um plano de manutenção adequado e um sistema de monitoramento (Freitas, 2017).

A NBR 15575 (ABNT, 2022) define manutenção como “conjunto de atividades a serem realizadas para conservar ou recuperar a capacidade funcional da edificação e seus sistemas constituintes, a fim de atender às necessidades e segurança dos seus usuários”.

Figura 5: Proporção do custo da edificação por fase



Fonte: Adaptada de Silva (2020)

A manutenção garante o bom funcionamento da edificação para o cumprimento dos requisitos iniciais de Vida Útil de Projeto (VUP). São necessários procedimentos que certifiquem que os serviços de manutenção sejam periódicos. Esses procedimentos são o conjunto estruturado de tarefas que incluem os recursos e a duração necessários para executar a manutenção, o que é caracterizado como plano de manutenção (Sanches, 2022).

Em edificações, há elementos fontes de manutenção, que contém comportamentos distintos de manutenção, modelos de degradação, ciclo de vida, importância, entre outras informações. Nos sistemas hidrossanitários, esses elementos ou podem ser louças e metais, tubulações, conexões, acessórios de tubulação e metais. O nível inicial de desempenho nunca será completamente restaurado, porque ocorre a deterioração irreversível ao longo do tempo, as manutenções periódicas podem melhorar o desempenho do sistema e mantê-lo acima do índice mínimo por um período maior, aumentando sua vida útil (Silva, 2020).

Segundo Alshehri (2016), a manutenção de edifícios compreende a interação de determinantes técnicos, sociais, legais e fiscais, que governam e gerenciam o uso de edifícios. O principal objetivo de uma organização de gerenciamento de manutenção é assegurar um padrão e nível de serviço aceitáveis de maneira contínua e econômica.

Brandão (2021) e Sanches (2022) apontam que há diversas pesquisas que abordam tipologias diferentes de manutenção, todavia, a variedade de técnicas pode ser dividida em seis principais tipos de manutenção, a saber:

1. Manutenção preventiva: ocorre em intervalos de tempo previamente estabelecidos, com parâmetros pré-definidos. O objetivo é reduzir as chances de degradação ou falha de um componente. Ocorre quando o componente ainda não chegou em seu desempenho mínimo ou na falha. Esse tipo de manutenção envolve tarefas sistemáticas, como inspeções, reformas e substituições.
2. Manutenção preditiva: baseada em análises técnicas sistemáticas para garantir a qualidade do serviço. Para isso, são utilizados processos de supervisão para a detecção precoce de falhas e perdas de desempenho nos componentes.
3. Manutenção detectiva: busca a verificação do estado de componentes sem a paralisação das atividades, é usada em instalações em que a infraestrutura é essencial para o funcionamento contínuo, como uma indústria.
4. Manutenção corretiva não planejada: abordagem de correção de falhas de maneira imprevista, que ocorre após o evento, sem preparação para serviço de reparo. Isso diminui a qualidade do processo e aumenta os custos indiretos de manutenção, gerando riscos para a segurança.
5. Manutenção corretiva planejada: refere-se a atividades executadas com o intuito de corrigir falhas para restabelecer seu funcionamento e operacionalidade. Envolve a correção do desempenho abaixo do mínimo estabelecido. As necessidades de produção, a ausência de riscos à saúde das pessoas ou da edificação, a disponibilidade de recursos, equipamentos e mão-de-obra para reparos são algumas das razões para a adoção desse processo de manutenção.
6. Engenharia de manutenção: tem uma abordagem integradora de pessoas, processos e tecnologias, na qual são desenvolvidas análises de padrões de desempenho, falhas sistemáticas, manutenibilidade e fornece um *feedback* para o projeto do sistema. São estabelecidos padrões de qualidade e são identificadas melhores práticas empregadas em organizações externas. Um dos principais benefícios da Engenharia de manutenção é o desenvolvimento de planos de manutenção e inspeção.

2.4.2 Ferramentas de gestão de manutenção

A gestão da manutenção é uma metodologia que sistematiza processos, de modo a solucionar problemas e aumentar a disponibilidade de recursos, essa metodologia precisa de um sistema informatizado que atenda às demandas específicas de cada instituição (Bersagui, 2016). Ferreira (2017) aponta que esses processos compreendem a determinação dos procedimentos essenciais, frequências, recursos e responsáveis técnicos. Os procedimentos de gestão de manutenção incluem:

- Cumprimento de normas técnicas e manuais de operação;
- Desenvolvimento de inspeções e relatórios;
- Elaboração e supervisão de planos de manutenção, projetos e execução de serviços;
- Desenvolvimento de estimativas de custo e orçamentos;
- Orientação dos usuários sobre uso adequado.

Para o desenvolvimento do sistema de manutenção predial, é necessário a criação de um arquivo técnico da edificação, com o registro detalhado dos sistemas e componentes (Ferreira, 2017). Para Silva (2014), o desempenho é baseado nas diretrizes implementadas, padrões operacionais, fluxo de informações e comunicação entre profissionais.

O sistema de manutenção predial é desenvolvido com base nas características da edificação, como tipologia, dimensão, complexidade funcionais dos sistemas e o entorno (Santos, 2021). Esse sistema inclui um conjunto de procedimentos, documentos, como cadastramento detalhado da edificação, avaliação contínua dos componentes, plano de intervenções, treinamento técnico, controle de atividades e estabelecimento de normas (Bersagui, 2016).

O plano de manutenção deve ser estruturado de maneira a abranger os seguintes elementos (Arçari, 2019):

- A designação clara do sistema;
- A descrição pormenorizada da atividade a ser executada;
- A definição da periodicidade com base em parâmetros técnicos específicos.
- A identificação inequívoca dos responsáveis pela execução;
- A documentação de referência e os meios de comprovação, o método pelo qual o sistema será avaliado;
- Os custos inerentes a cada etapa do processo.

A Norma de Desempenho (NBR 15575, ABNT, 2022) determina a adoção da ferramenta de inspeção predial como uma metodologia técnica para avaliar as condições de uso e manutenção preventiva e corretiva de edificações. Arçari (2019) sugere a implementação de ferramentas tridimensionais para avaliar o desempenho dos elementos construtivos, para possibilitar a realização de ajustes e a implementação de técnicas de manutenção em busca da qualidade total da edificação.

As inspeções devem ser planejadas a partir de um roteiro para sistemas, subsistemas, elementos, equipamentos e componentes da edificação, incluindo o diagnóstico das anomalias decorrentes da degradação natural ao longo da vida útil. Devem ser considerados os riscos à saúde e segurança dos usuários, além das solicitações e reclamações das notificações dos usuários. A partir disso, é recomendada a elaboração de relatórios de inspeção, com detalhes da degradação de cada componente, perdas de desempenho e sugestão de ações (Ferreira, 2017; Arçari, 2019).

Atualmente, há diversas de ferramentas computacionais pouco exploradas pelos profissionais do setor, como é o caso das plataformas BIM. Essas plataformas podem auxiliar na gestão dos serviços de manutenção, conforme apresentado a seguir.

2.5 BIM E O SETOR AECO

2.5.1 A Modelagem de Informação na construção

Ao se analisar a incorporação de ferramentas e tecnologias nos processos de projeto da construção civil brasileira, observa-se que uma parcela significativa de profissionais ainda utiliza programas desatualizados. Ferramentas como planilhas eletrônicas, CAD 2D e 3D são as mais frequentemente adotadas. No entanto, há uma tendência crescente de adoção de tecnologias voltadas para aperfeiçoamento do gerenciamento do projeto, do ambiente construído e do ciclo de vida da edificação (Lima *et al.*, 2019).

A indústria AECO historicamente apresenta métodos fragmentados de trabalho, o que faz com que seja necessária a implementação de processos de colaboração e integração das equipes de trabalho e o uso de ferramentas de modelagem paramétrica e simulação, que permitem que as soluções de projeto sejam mais acuradas (Carvalho, 2019).

Desenhos² destinam-se principalmente à interpretação humana e as informações neles contidas podem se tornar ambíguas, caso haja alguma redundância (algum elemento pode ser desenhado mais de uma vez), podendo se tornar inconsistentes, principalmente durante processos de alterações. Eles também não conseguem descrever todos os aspectos de uma edificação, o que os torna insuficientes para a comunicação. Por outro lado, em um modelo BIM, cada aspecto da edificação é representado apenas uma vez. A principal diferença entre um modelo BIM e outras tecnologias é que a informação é produzida e armazenada em um processo formal orientado pela tecnologia (Freire, 2023).

Embora a inserção da tecnologia CAD (*Computer-Aided Design*) tenha tornado o processo de projeto mais eficiente na Construção Civil, ela manteve as práticas tradicionais no setor. A inserção do BIM não se caracteriza apenas como uma evolução tecnológica, mas como uma revolução metodológica, uma vez que introduz uma nova abordagem projetual na construção. Desse modo, sua implementação é mais complexa, porque exige uma reorganização significativa das pessoas, processos e tecnologias nas equipes de desenvolvimento de projetos (Lopes, 2022).

O comitê do NIBS categoriza o modelo BIM como um produto, uma tecnologia de informação (*Information Technology* - IT) de padrão aberto e como um entregável, essencial para o gerenciamento do ciclo de vida da edificação. Essa categorização dá suporte à criação da Cadeia de Valor da Informação no Setor AECO, que é um dos resultados mais promissores do BIM (Sacks *et al.*, 2021).

Por uma perspectiva de Integração de Projetos, BIM pode ser definido como o processo de gerenciamento de informação através do ciclo de vida da edificação, em que o fluxo de trabalho integrado é um dos principais enfoques (Silva Filho, 2018). Para Sacks *et al.* (2021), BIM não é uma coisa ou um tipo de software, mas um sistema técnico e social que envolve um processo amplo de mudanças na maneira como edifícios são projetados, construídos e gerenciados. Para Ghaffarianhoseini *et al.* (2017), BIM é um processo colaborativo que abrange impulsionadores de negócios, processos de projeto, execução de obras e gerenciamento de manutenção e fornece padrões abertos de informação para todos os envolvidos no projeto.

² Desenho, durante o texto, refere-se à representação gráfica bidimensional de objetos, neste contexto, de arquitetura e engenharia.

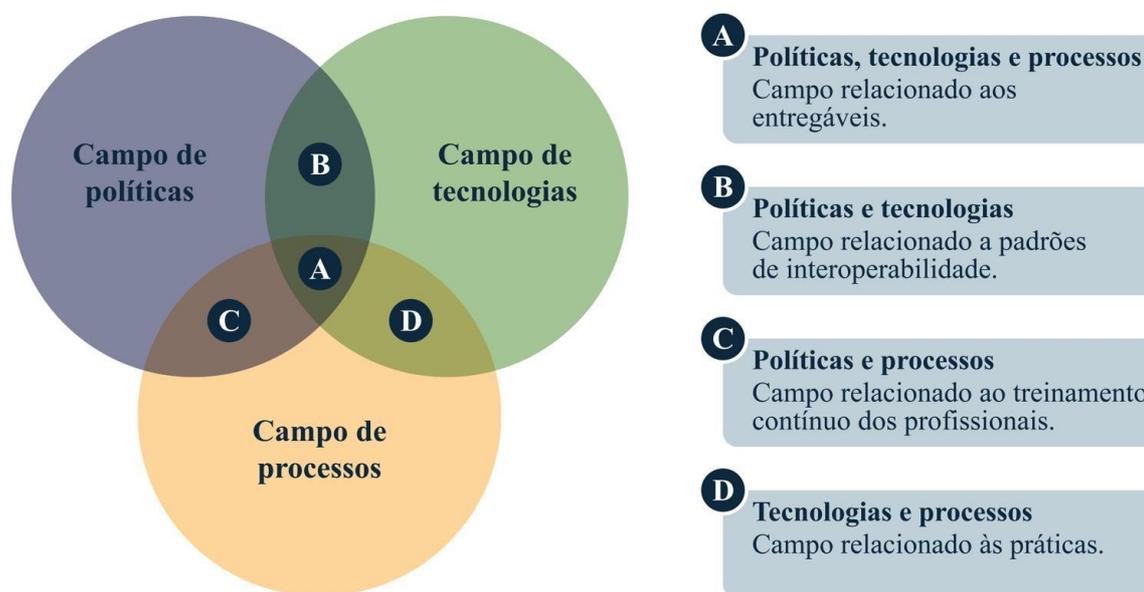
Por uma abordagem gerencial, o BIM pode ser entendido como um processo melhorado de concepção, planejamento, projeto, construção, operação e manutenção que se baseia no uso de modelos padronizados de uma edificação, em que é possível acessar as informações que descrevem e compõem essa edificação em todo o ciclo de vida. As abordagens de BIM se apresentam em três campos (ou vieses), relacionados em função das suas interdependências: um conjunto de políticas, um conjunto de processos e outro conjunto de tecnologias (Pärn; Edwards; Sing, 2017), conforme ilustrado na Figura 6.

No campo tecnológico, estão agrupados especialistas em softwares, hardwares, ferramentas, equipamentos e sistemas que dão suporte ao trabalho e aumentam a eficiência e a produtividade no setor. Para processos, estão as atividades ordenadas em função do tempo, que possuem um lugar, um começo e um final, assim como entradas e saídas. Neste campo, estão agrupados profissionais desde a fase de concepção da construção até a fase de manutenção/operação. Finalmente, o campo das políticas está relacionado a uma organização específica de princípios ou regras para a tomada de decisões, preparando as organizações, equipes e indivíduos para a implementação do BIM, além de analisar os benefícios, riscos e minimizar conflitos (Succar e Kassem, 2019).

A compreensão de BIM deve ir além da representação tridimensional de um projeto. Nem todo modelo 3D pode ser considerado BIM, entretanto, cabe enfatizar que um modelo BIM certamente será tridimensional. Programas tridimensionais que não são baseadas em objetos paramétricos tornam as alterações e revisões trabalhosas e manuais, o que não se encaixa em um contexto BIM. Não são soluções BIM plataformas ou *softwares* que não funcionam como um repositório de dados integrados com possibilidades de automação e parametrização (Ruphael, 2022).

A modelagem BIM incorpora na prática projetual a não redundância de dados por meio de arquivos centralizados que contêm as informações da construção. Isso permite que a concentração de esforços mude para as soluções projetuais e não mais para os desenhos técnicos. A automação na produção de desenhos possibilita que eles sejam feitos em maior quantidade e a disponibilidade de recursos permite o foco no processo construtivo, especificação de componentes, tomadas de decisão e simulações. Observa-se que, ao se trabalhar em plataformas BIM, há duas atividades distintas no processo: a modelagem da edificação e o desenvolvimento dos desenhos técnicos, a partir da geometria tridimensional (Silva Filho, 2018).

Figura 6: Três campos correlacionados de BIM



Fonte: Adaptado de Succar e Kassem (2015).

A modelagem orientada por objetos e relações paramétricas, de acordo com Brígite (2019), apresenta duas vantagens. A primeira é a de que o modelo composto por objetos paramétricos, com forma, informação e função, incorpora assim regras para manter sua consistência. A segunda é a de que ferramentas BIM podem fazer o reuso de modelos. Assim, projetar com parâmetros demanda o estabelecimento de um conjunto de diretrizes aplicadas à criação do modelo. O modelo paramétrico torna-se um sistema interconectado de informações, que responde às mudanças específicas que ocorrem em suas partes e oferece a possibilidade de realizar diversos ajustes à medida que é manipulado.

A inserção do BIM traz uma variedade de aplicações a partir do produto desenvolvido, o modelo BIM. Com o trabalho colaborativo e a modelagem paramétrica, é possível o desenvolvimento de estudos de viabilidade, planejamentos de recursos, análises ambientais, estimativas de custos, fabricação digital, detecção de interferências e compatibilização de projetos (Silva Filho, 2018).

A partir da mudança de paradigma que é o BIM, o projeto passa a ser compreendido não apenas como um procedimento burocrático no processo de construção de novos empreendimentos, mas

também como um fator que influencia a maneira como o empreendimento se desenvolve ao longo de sua existência. A implementação do BIM beneficia a comunicação entre os indivíduos envolvidos no projeto, com o auxílio na tomada de decisões, seja durante a fase de planejamento do projeto, ou mesmo após a conclusão da obra, com a melhoria na eficiência de operação e manutenção da edificação (Carvalho, 2019).

2.5.2 O processo de implementação do BIM

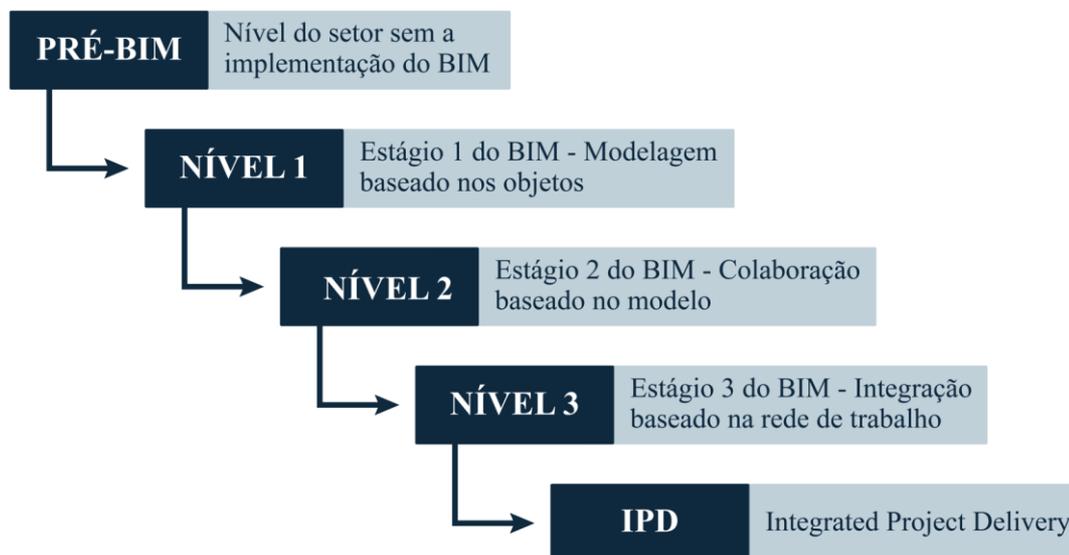
A inserção do BIM está relacionada a fatores como o suporte efetivo da liderança organizacional, a capacitação dos colaboradores, a disponibilidade de informações e tecnologia, a implementação de políticas BIM pela empresa e a promoção do compartilhamento de conhecimento. A implementação do BIM não se resume simplesmente à inserção de um software e seus processos associados, mas contempla também um conjunto de ações necessárias para alcançar, manter e aprimorar a capacidade e a maturidade BIM (Lima *et al.*, 2019).

O BIM apresenta uma série de estágios, ou níveis distintos, que conduzem o setor AECO para a era digital, mas que partiu do desenho auxiliado por computador. Assim, quatro níveis foram definidos (nível 0 até nível 3) como critérios para estabelecer se um empreendimento é compatível com BIM. Esses níveis traduzem como é a maturidade³ de uma organização em relação ao processo de implementação do BIM (Lima *et al.*, 2019; Amorim, 2020), conforme ilustrado na Figura 7.

O nível 3 de maturidade corresponde à Construção Simultânea, que está relacionado a atividades de projeto que integram todos os aspectos de concepção, construção e operação. Essa sobreposição de informações é apresentada na Figura 8, juntamente com a forma que as informações são desenvolvidas em níveis anteriores, em que as informações são agregadas nos modelos à medida que se avança nas fases do ciclo de vida da edificação (Carvalho, 2019).

³ A Maturidade BIM está relacionada à qualidade, repetibilidade e grau de excelência de uma capacidade BIM. A capacidade denota a habilidade para executar uma tarefa, entregar um serviço ou gerar um produto.

Figura 7: Maturidade BIM

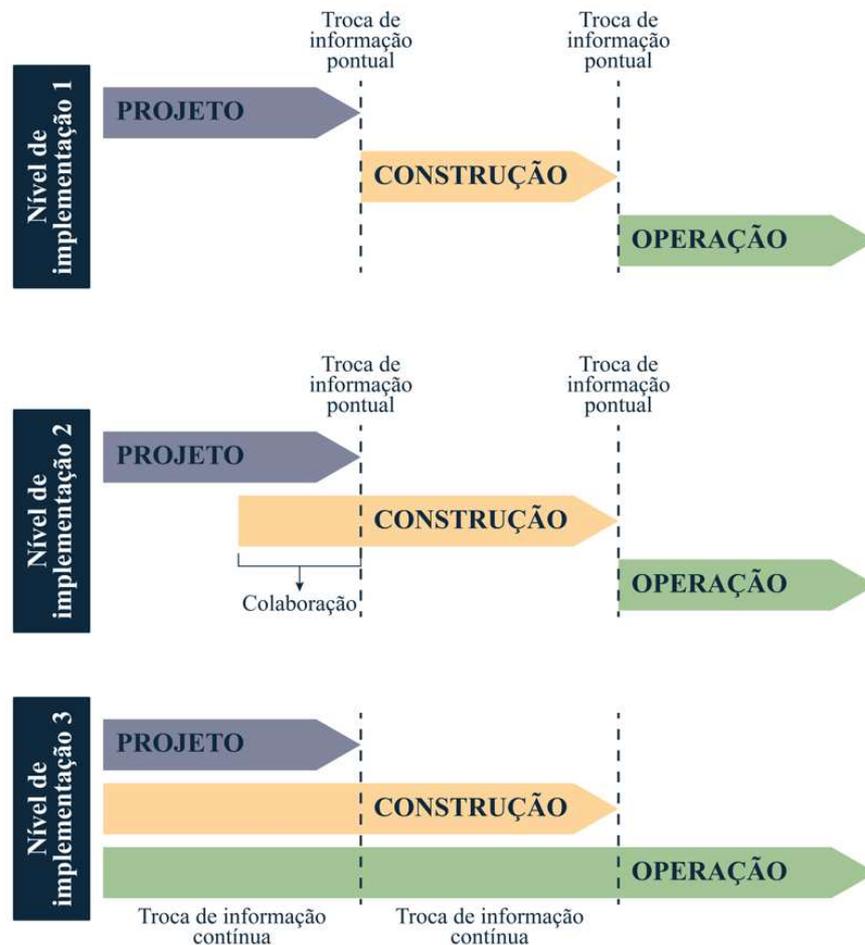


Adaptação de Lima *et al.* (2019).

O último nível corresponde a um processo de colaboração completo de todas as disciplinas, que acessam e trabalham com um único repositório centralizado, comumente uma base de dados em algum repositório em nuvem. Todos os indivíduos podem acessar e modificar os modelos, o que dificulta o surgimento de informações conflitantes entre si e é entendido como Open BIM. Nesse nível, há a adoção da *Integrated Product Delivery*, IPD, associada à implementação do BIM, o que expande as possibilidades para o trabalho colaborativo entre equipes de funções distintas e, assim, torna possível criar processos de gestão da edificação da fase de projeto à fase de uso e pós-ocupação (Amorim, 2020; Sacks *et al.*, 2021).

A IPD, juntamente com o BIM, representa um rompimento com o processo linear de projeto que atualmente é adotado, em que as informações seguem um fluxo inconsistente e não representam o produto. Segundo o *American Institute of Architects* (AIA), IPD consiste em uma abordagem de projeto que integra pessoas, tecnologias, sistemas e práticas em um processo colaborativo, com o foco em otimizar os processos no setor AECO, permitindo que alta performance seja atingida pelas equipes durante o ciclo de vida da edificação, e o resultado disso é um ambiente construído sustentável de qualidade (Tijani; Jin; Osei-Kyei, 2024).

Figura 8: Fases do projeto em cada Nível de Incorporação do BIM



Adaptação de Aðalsteinsson (2014).

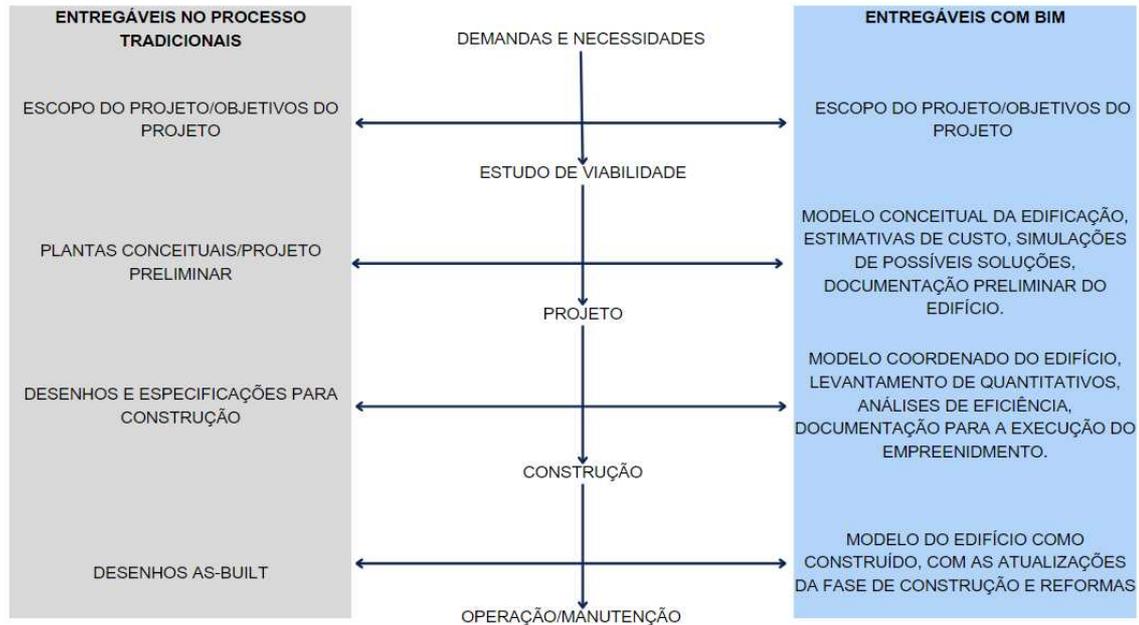
2.5.3 O processo de desenvolvimento do modelo BIM

Diversos produtos resultam do uso do modelo BIM, incluindo o desenvolvimento de plantas baixas, cortes, fachadas, perspectivas, quantitativos, orçamentos, cronogramas, simulações e análises (relacionadas à performance dos sistemas). A Figura 9 compara os entregáveis em diferentes fases do ciclo de vida da edificação, contrastando o processo tradicional de desenvolvimento de projeto com a abordagem BIM (Sampaio, 2017; Pereira, 2017).

Na fase de projeto, é possível visualizar de forma precisa a edificação, mesmo em estágios iniciais, gerar documentação 2D de forma automática em qualquer momento, corrigir

automaticamente elementos quando há mudanças, verificar requisitos do programa, extrair quantitativos e melhorar a análise energética e de sustentabilidade.

Figura 9: Entregáveis no processo tradicional e com BIM



Fonte: Adaptado de Pereira *et al.* 2017

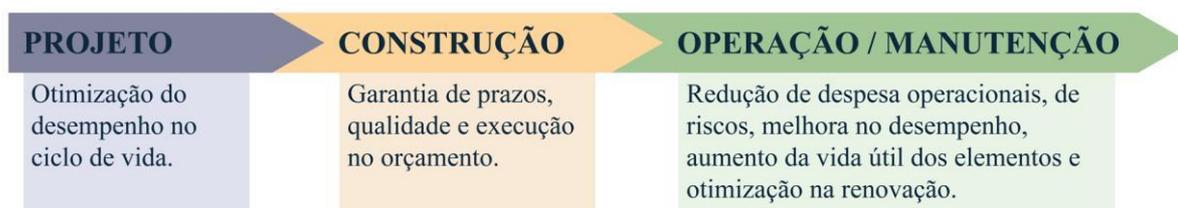
Na fase de execução, pode-se criar o planejamento da obra a partir do modelo, descobrir interferências físicas entre os objetos antes da execução, iniciar a fabricação de peças da edificação de acordo com o objeto modelado (pré-fabricação) e melhorar a implantação da metodologia de construção (Sacks *et al.*, 2021).

A fase de operação e manutenção se refere a informações da fase de pós-construção da edificação. Nela, são inseridas informações essenciais para a gestão da instalação. Isso permite que processos de manutenção, reforma e operação da edificação sejam planejados e estruturados de maneira gerencial (Barreiro, 2020; Montiel-Santiago *et al.*, 2020). O desenvolvimento desse modelo é feito a partir da inserção de informações sobre o status de elementos da edificação, manuais de uso, informações sobre garantia e especificações técnicas (Afzal, 2021).

A Figura 10 mostra como a operação e manutenção da edificação se relacionam com as outras fases do ciclo de vida da edificação e indica como o BIM beneficia cada fase do ciclo de vida da edificação. Na fase de projeto, o uso do BIM otimiza o desempenho da edificação no ciclo

de vida. Na fase de construção, permite garantir a entrega mantendo a qualidade, os prazos e o orçamento. Na operação e manutenção, a adoção do BIM reduz despesas operacionais e riscos.

Figura 10: Benefícios da implementação do BIM nas fases do ciclo de vida



Fonte: Adaptado de Sacks *et al.* (2021)

Segundo Silva Filho (2018), as boas práticas para o desenvolvimento do trabalho em ambiente BIM incluem:

- O estabelecimento de um coordenador de BIM;
- Revisão regular das informações do projeto, de forma a garantir a integridade do modelo e do fluxo de trabalho do projeto;
- Desenvolvimento de diretrizes claras para as equipes envolvidas no projeto, para manter a eficiência e integridade dos dados;
- Definição e documentação das disciplinas modeladas, o conteúdo de cada disciplina e o tipo de detalhamento que será incluso no modelo;
- Sistematização de revisões periódicas para solução de questões do projeto;
- Inclusão apenas de informações necessárias no modelo, para garantir a assertividade das atividades dentro do modelo.

2.5.4 BIM e interoperabilidade

Um dos principais atributos que uma ferramenta BIM precisa ter é a interoperabilidade, que é a capacidade de troca de dados entre aplicativos de diferentes desenvolvedores, o que permite a estabilização do fluxo de dados e automação. É preciso compreender os benefícios e as restrições de cada método de compartilhamento de dados para o gerenciamento eficiente da comunicação. Com isso, é possível a transferência de informações sobre os componentes (ou objetos) que compõem um modelo BIM e suas características, como geometria, materiais, propriedades térmicas, elétricas e mecânicas, etc (Sacks *et al.*, 2021).

Diante dessa necessidade de intercambiar informações entre diferentes sistemas, a *International Alliance for Interoperability (IAI)*, que agora se tornou a *buildingSMART International*, vem

desenvolvendo o formato IFC (*Industry Foundation Classes*). O IFC consiste em especificações de dados de padrão aberto, com o objetivo principal de permitir a troca de dados e informações sobre um edifício ou infraestrutura ao longo do ciclo de vida do projeto (Sacks *et al.*, 2021).

O formato IFC descreve informações sobre componentes do modelo BIM, como sistemas de vedação, esquadrias, sistemas hidrossanitários, elétricos, mecânicos, etc. O uso do IFC permite que os profissionais se comuniquem sem a perda da integridade ou semântica das informações do modelo. O IFC tem um papel essencial na facilitação do fluxo de trabalho colaborativo e na redução de erros e conflitos no gerenciamento da informação, principalmente aqueles causados por informações desatualizadas ou por interferências entre sistemas (Sousa, 2017).

Para a integração de informações de gerenciamento e manutenção, existe o formato de dados padronizado internacional COBie (*Construction Operations Building Information Exchange*), um subconjunto do IFC que coleta todas as informações necessárias em um modelo digital padronizado, tais quais especificações técnicas, garantias e manuais de manutenção. O COBie promove a interoperabilidade entre as fases de construção e gestão de instalações. Os principais benefícios desse formato são a otimização de recursos financeiros, otimização da gestão de alterações na edificação e eficácia na medição de investimentos (Farghaly *et al.*, 2018).

2.5.5 Gerenciamento de instalações

Durante a pandemia de Covid-19, foi reconhecida a importância do gerenciamento de instalações (*Facility Management* - FM) em melhorar os espaços, infraestrutura e serviços para pessoas e para organizações e, também, na ajuda a profissionais que trabalharam na linha de frente (Klungseth, *et al.*, 2022). Para Souza Filho (2020), FM consiste na combinação de atividades com o objetivo de facilitar as tarefas de todas as áreas de uma edificação e contempla o suporte de infraestrutura. Assim, observa-se que FM relaciona pessoas, processos, ambientes e tecnologias para a eficiência de serviços.

A Tecnologia da Informação (TI) e os softwares lideram uma revolução nos métodos de coleta de dados e otimização dos processos de FM. Nas últimas décadas, o poder dos sistemas de TI e a disponibilidade para os usuários aumentaram e os custos para o investimento diminuíram. Agora é possível uma interação sinérgica entre os processos de FM e a tecnologia (Lavy; Jawadekar, 2014).

A ISO 41001 (2018) aponta que *Facility Management* compreende a integração de pessoas, ambientes e processos no ambiente construído, com o objetivo de melhorar a qualidade de vida das pessoas e a produtividade da atividade final daquele ambiente. A FM está relacionada a diversas atividades que variam conforme o setor de mercado, tipos de organização e processos. Sua implementação traz uma série de benefícios, como:

- Melhora na qualidade, produtividade e performance financeira;
- Diminuição do impacto ambiental e aumento da sustentabilidade;
- Desenvolvimento de um ambiente de trabalho funcional;
- Estabelecimento de locais de trabalhos seguros, nas conformidades das entidades reguladoras;
- Melhorar a resiliência e relevância;

A FM permite a condução de atividades operacionais relacionadas aos ambientes e a determinados ativos que estão presentes na edificação. Esses ativos são elementos presentes nos sistemas da edificação, como máquinas, equipamentos, peças elétricas e hidrossanitárias e outros componentes e são gerenciados por meio de registros (Silva e Ferreira, 2020). Os registros desses ativos podem ser a locação, tempo de vida útil, modelo, fabricante, data da fabricação, distribuidor, data da aquisição, data de instalação, custo inicial, consumo de energia, ciclo de substituição, necessidade de acesso, manutenção requisitada e custo da manutenção (BS 8210:2020, 2020).

A certificação da eficiência no fluxo de informações entre indivíduos e softwares ao longo das várias etapas do desenvolvimento do empreendimento é fundamental para otimizar a transmissão de dados relacionados às atividades e elementos da construção. Na fase de uso e operação, a utilização de ferramentas computacionais passa a ser indispensável. Isso se deve à importância da análise dos indicadores de desempenho e custos, bem como de suas inter-relações e implicações nas atividades recorrentes nas instalações (Souza Filho, 2020).

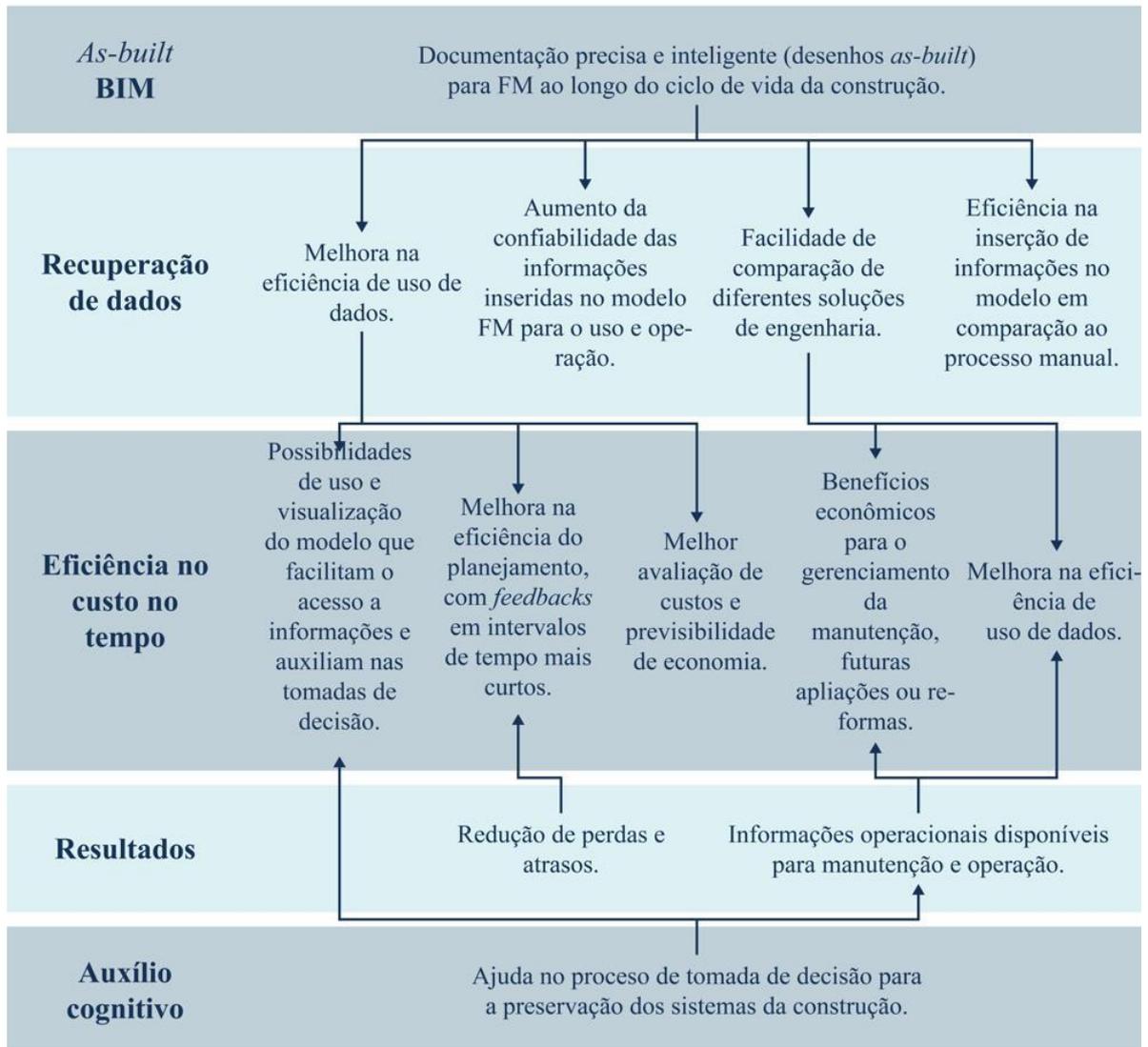
Para Aðalsteinsson (2014), o acesso aos dados é fundamental para que um gerente de instalações possa tomar decisões informadas sobre elas, uma vez que é necessário avaliar o desempenho do edifício ao longo do tempo, comparando-o com outros, e compreender os sistemas e componentes presentes, assim como manuais, garantias, entre outros, principalmente em edifícios grandes. Nesse processo, deve haver o estabelecimento de um conjunto de

informações necessárias para cada atividade, para que as tarefas sejam assertivas. Na figura 11, o autor aponta quais as informações essenciais para serem passadas para a fase de operação e manutenção, de acordo com cada disciplina.

Em métodos tradicionais de trabalho no FM, acontece um processo manual de inserção de informação nos arquivos digitais, conforme o tempo permite. Dessa maneira, o trabalho eficiente acontece apenas quando se tem um banco de dados consistente e as informações já foram verificadas. Isso faz com que o processo seja dispendioso em termos financeiros e em tempo (Opoku *et al.*, 2021).

Para que o modelo BIM seja utilizável no FM, as informações dentro dele precisam ser suficientes, acessíveis e validadas e, portanto, o processo de coleta de informações precisa ser bem estruturado. O estudo de viabilidade para aplicações do modelo BIM no FM foca em quatro elementos físicos que o modelo precisa incorporar: salas, zonas, sistemas de construção e componentes de construção. A partir disso, essas quatro principais categorias são subdivididas em elementos específicos que serão analisados (Aðalsteinsson, 2014).

Figura 11: Benefícios do BIM para a gestão de instalações



Fonte: Adaptado de Pärn, Edwards e Sing (2017)

Com a implementação do BIM, lacunas de informações podem ser preenchidas e desencontros de informações podem ser evitados, o que torna possível o gerenciamento da edificação na fase de manutenção e operação (Issa e Liu, 2014). Embora a implementação do BIM seja consistente no projeto de novas edificações, essa implementação ainda não é comum na gestão de manutenção, reforma e demolição de edifícios existentes. Os benefícios da difusão do BIM para o FM são apresentados no Quadro 3 (Volk; Stengel; Schultmann, 2014).

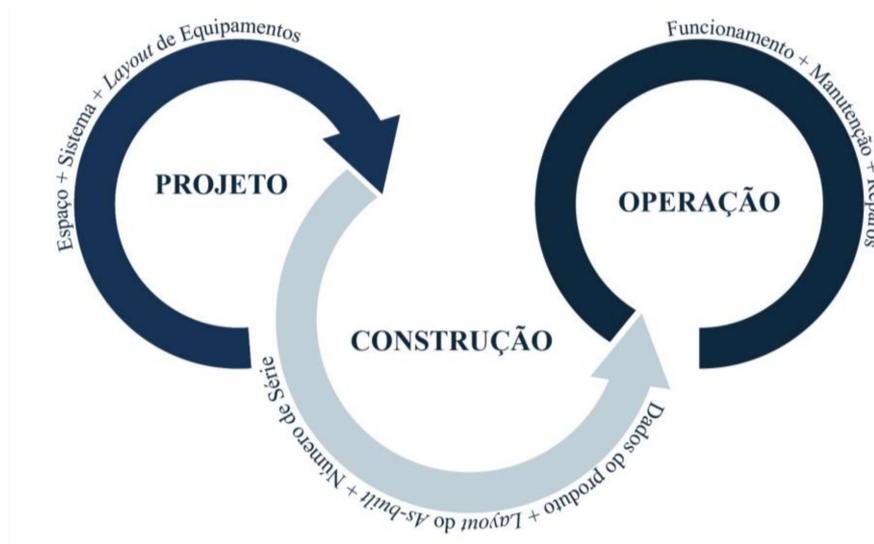
Quadro 3: Qual informação se espera que seja entregue, quando e por qual disciplina.

FASE	DISCIPLINA	INFORMAÇÃO
Anteprojeto	Arquitetura	Informações sobre performance energética, quantitativos, tamanhos e informações espaciais.
Projeto	Arquitetura	Ambientes: informações espaciais, informações sobre revestimentos e requisitos de componentes. Zonas: incêndio, acessos etc. Códigos de construção.
	Sistemas Prediais	Espaços: análises de energia e requisitos dos sistemas prediais. Zonas: Especificações de locação de equipamentos.
	Estrutura	Requisitos estruturais.
Construção	Construção	Informações do <i>as-built</i> , materiais, pré-fabricados, datas de instalação, garantias, informação de produtos, listas de partes sobressalentes, fornecedores e instruções.
	Arquitetura	Locação dos componentes e <i>layout</i> do <i>as-built</i> .
	Sistemas Prediais	<i>As-built</i> com sistemas prediais alocados.

Fonte: Adaptado de Aðalsteinsson (2014)

Para Masania (2015), o FM se relaciona com as outras fases do ciclo de vida do empreendimento de acordo com a Figura 12, em termos de produtos necessários para o desenvolvimento das atividades. O autor aponta que a fase de operação e manutenção necessita tanto do projeto *as-built* quanto de informações do projeto para a construção, como locação de equipamentos e disposição dos sistemas.

Figura 12: Contribuições da fase de projeto e de construção para fase de operação



Fonte: Adaptado de Masania (2015)

2.5.6 Gerenciamento da Manutenção

A variedade e o volume de informações que precisam ser processados durante as atividades de manutenção predial fazem com que sejam adotadas ferramentas computacionais, para que o processo seja eficiente e haja menores interrupções. A gestão automatizada de informações promove a diminuição do custo total de manutenção e melhora na confiabilidade e disponibilidade de dados de componentes e sistemas. Essas ferramentas também beneficiam o processo através de uso eficiente de recursos de mão-de obra, acompanhamento em tempo real dos procedimentos, agilização de tarefas administrativas e otimização das relações humanas com a operação dos sistemas (Brandão, 2021).

Embora o BIM seja pouco usado na manutenção predial, devido à falta de comunicação entre pessoas, a sua aplicação no gerenciamento de manutenção possibilita que os envolvidos no projeto discutam e desenvolvam um planejamento dos procedimentos e demandas e insiram e extraíam informações dos modelos (Gao e Pishdad-Bozorgi, 2019).

Para o gerenciamento da manutenção de edifícios já construídos, o conjunto de informações e documentos sobre o ativos se encontram em formatos de desenhos bidimensionais de arquitetura e engenharia, na maioria das vezes. Essa documentação está prevista como um

entregável contratualmente, mas acaba por ser armazenada em locais de difícil acesso. Habitualmente, não existem projetos *as-built* ou desenhos atualizados da edificação e, além disso, informações sobre as condições da instalação e *status* de reparo são difíceis de localizar e utilizar (Brandão, 2021).

Souza (2020) aponta que o uso de ferramentas computacionais durante a fase de manutenção e operação é essencial para acompanhar e analisar indicadores de desempenho e custos, bem como monitorar os sistemas de uma edificação. Em seguida, o autor apresenta alguns métodos de gerenciamento da manutenção de edificações com o uso do BIM que estão presentes na literatura.

Esses métodos possibilitam uma abordagem sistêmica dos processos relacionados à manutenção/operação e se fundamentam no uso do modelo tridimensional. Os métodos apresentados pelo autor utilizam-se de arquivos em formato aberto IFC para comunicação entre diferentes softwares e plataformas BIM, sistemas estruturados em realidade virtual e, também, indicadores de desempenho baseado em parâmetros compartilháveis criados dentro dos *softwares* (Gao e Pishdad-Bozorgi, 2019).

Um dos métodos mostrados é o Sistema Analítico de Gestão de Instalações (FM *Visual Analytics System* - FMVAS), no qual o foco é o suporte aos técnicos na identificação de problemas na instalação. O método parte do princípio de que o modelo BIM é capaz de ser usado nas avaliações técnicas, compreensão de espaços, checagem da condição de equipamentos e na tomada de decisões. No processo, é possível acessar o modelo e extrair dos parâmetros presentes nos objetos as informações do ciclo de vida necessárias (Souza, 2020).

Nesse método, o gerente de manutenção pode mapear as condições dos sistemas relacionados e identificar sua localização. A visualização dos elementos por cores padronizadas ajuda a identificar as condições de serviço de cada elemento. Esse método tem cinco tarefas principais: identificação do problema, identificação da relação entre os sistemas, identificação de sistemas relacionados para a visualização, definição dos parâmetros de pergunta e visualização (Motamedi; Hammad; Asen, 2014).

Diversos sistemas de gerenciamento baseados em BIM foram desenvolvidos para coletar, gerenciar e analisar informações relacionadas à manutenção e reparo. Esses sistemas agregam microcomputadores formados por controladores digitais diretos e equipamentos de controle, permitindo a supervisão automática da operação de dispositivos. É possível também o uso de

códigos de barras e *QR codes* para extrair e inserir dados durante o processo de manutenção. Essa integração facilita o registro automático de manutenção para componentes específicos (Cao; Kamaruzzaman; Aziz, 2022).

O uso de tecnologias BIM para o FM ainda necessita apresentar visualizações amigáveis e didáticas, para operar e manter equipamentos e sistemas de maneira eficiente em edifícios. Dessa maneira, a integração do BIM com realidade aumentada (RA) se torna uma possibilidade para um uso didático das informações do modelo. Essa integração ajudará a equipe de FM a otimizar estratégias de manutenção de edifícios e tomadas de decisões (Alavi *et al.*, 2021).

Uma alternativa é a integração entre realidade aumentada e Virtualidade Aumentada Imersiva (VAI) para o gerenciamento de instalações. Com isso, os usuários possuem um módulo de RA para campo e um módulo de VAI para escritório. Esses dois módulos podem ser usados independentemente ou combinados por meio de colaboração visual interativa. É possível desempenhar as tarefas de campo e de escritório de forma independente, com a capacidade de consultar e coordenar a qualquer momento sem interpretação incorreta dos dados relacionados à tarefa, O tempo de entrada de dados é menor e há menos erros nesse processo, o que melhora a eficiência das tarefas de campo (El Ammari e Hammad, 2019).

O Quadro 4 apresenta uma série de possibilidades de integração de BIM com diversas tecnologias para o gerenciamento da manutenção. Essas tecnologias possibilitam que os empreendimentos atinjam um nível de inserção do BIM chamado *Virtually Integrated Design, Construction and Operation* (Ismail *et al.*, 2015).

Quadro 4: Tecnologias para gerenciamento de manutenção

TECNOLOGIA	FUNÇÃO
<i>BIM-based Facility Management (BIMFM)</i>	Identificar, rastrear, coordenar e acessar informações de manutenção em um sistema de banco de dados
<i>BIM-assisted Facility Management</i>	Possibilitar a identificação automática de equipamentos e instalações que apoiam a gestão operacional e estratégica de edifícios
<i>BIM integrated Computer-Aided Facility Management (BIMCAFM)</i>	Planejar as atividades de manutenção e monitorar a operação de manutenção
<i>Knowledge BIM-Based System</i>	Estabelecer estratégias de priorização de atividades
<i>Mobile and BIM-based Facility Maintenance Management (BIMFMM)</i>	Adquirir e rastrear informações de manutenção e fornecer uma plataforma de compartilhamento de informações usando aplicativos móveis
<i>RFID Localisation and BIM-based Visual Analytics</i>	Gerenciar a localização e rastrear componentes de manutenção no edifício
<i>Navigation system using BIM and RFID</i>	Navegar por quaisquer componentes em uma instalação de edifício desconhecido em tempo real
<i>3-Dimensional Visualized Expert System</i>	Fornecer um plano de manutenção predial
<i>Defect Management System using BIM, ImageMatching and Augmented Reality (AR)</i>	Detectar erros e problemas e possibilitar inspecionar componentes sem precisar visitar o local de trabalho real
<i>Collaborative BIM-based Markerless Mixed Reality (BIM3R)</i>	Facilitar a coleta de dados em tempo real e no local e apoiar atividades de avaliação de componentes usando a Realidade Mista (MR) como técnica de visualização
<i>BIM-based Visual Analytics Approach (Integration with COBIE)/Facilities Management Visual Analytics System (FMVAS)</i>	Identificar e analisar as causas raízes (para um problema específico ou defeito) baseado na análise visual para construção

Fonte: Adaptado de Ismail (2015)

2.5.7 Os benefícios do BIM para o Gerenciamento da Manutenção

Nas inspeções de manutenção, é necessário que haja um banco de dados completo, no qual seja possível que o usuário identifique as anomalias presentes nos componentes de cada sistema no modelo BIM e saiba as possíveis causas. Além disso, é preciso que haja associação com relatórios fotográficos e outras documentações e informações externas ao modelo. Dessa maneira, pode-se traçar as melhores estratégias para os reparos, com redução de custo e de tempo para a correção das patologias (Sampaio e Simões, 2014).

Santos (2017) aponta que o BIM apresenta ferramentas que proporcionam a identificação e análise de sistemas construtivos e equipamentos, com possibilidades variadas de visualização, além do acesso a informações de atributos atualizadas com grau de confiabilidade para tomada de decisões. É apontado, então, que o BIM apresenta os seguintes benefícios para a gestão da manutenção:

- Aperfeiçoamento de processos de manutenção por meio da automação de atividades;
- Melhora na eficiência na comunicação entre equipes de monitoramento e execução da medidas corretivas, por causa da agilidade de acesso a dados;
- Aprimoramento no acesso e troca de informações de gerenciamento, que podem estar contidas no modelo BIM;
- Melhora nos estudos de manutenibilidade, com enfoque no desempenho estabelecido em cada etapa do ciclo de vida da edificação;
- Melhora na eficiência com o desenvolvimento de vistas específicas e detalhes da edificação no aplicativo, uma vez que é possível criar cortes, elevações, plantas e vistas tridimensionais de maneira automática;
- Possibilidade de inserção, no modelo, de dados exigidos por normas e regulamentos, que podem vir de documentação externa ao modelo.
- Aperfeiçoamento do plano de atividades de manutenção, a partir do modelo detalhado do ativo, planejamento das atividades de manutenção, criação de cronogramas e gestão de recursos.

2.5.8 Uso do software Autodesk Revit

Uma etapa do processo de inserção do BIM é a escolha das tecnologias que darão suporte ao processo de trabalho, uma vez que é preciso compreender as demandas para a avaliação dos recursos disponíveis. Parte da infraestrutura para essa inserção é a implementação de plataformas BIM, núcleos de geração de informação estruturados em modelagem paramétrica, com funcionalidades como produção de modelos de informação, documentação técnica e análise de incompatibilidade e interferências, além de interoperabilidade. Uma das plataformas BIM existentes no mercado é o *Revit*, produto desenvolvido pela Autodesk (Biller *et al.*, 2021).

O *Revit* é um dos softwares mais aplicados nos escritórios de projeto e possibilita que a maior parte dos especialistas possam desenvolver seus sistemas. A plataforma oferece possibilidade de modelagem da arquitetura e dos sistemas prediais (hidráulica, elétrica e mecânica). Os modelos de cada disciplina podem ser desenvolvidos separadamente e, através do próprio *software*, se vincularem uns aos outros para a coordenação do processo de projeto (Jovanovichs, Mounzer, 2021). Baia (2015) aponta como principais vantagens para a adoção do *Revit* a interface didática para o processo de aprendizado e a biblioteca de objetos para assistir a modelagem da edificação.

3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Um edifício localizado no campus da UFJF foi utilizado como estudo de caso: o complexo de esportes aquáticos, que contém vestiários, banheiros e salas. O trabalho se delimitou nos sistemas de água fria e esgotamento sanitário desses ambientes, com o desenvolvimento do modelo BIM no *software Autodesk Revit*, versão 2024. O processo de trabalho para o desenvolvimento do estudo de caso apresentou quatro fases: levantamento de dados da edificação, construção virtual do modelo BIM, incorporação de parâmetros de gestão do ativo e análise do processo de trabalho e interface BIM. Cada fase contém atividades específicas, descritas posteriormente.

3.2 MATERIAL

A edificação (Figura 13) deste estudo pertence à Faculdade de Educação Física, localizada no Campus da UFJF, como foi apresentado na Figura 14. A definição do local de estudo foi baseada na importância que ele tem para o corpo docente, discente e para a comunidade, uma vez que ele concentra um volume grande de atividades tanto para os alunos quanto de projetos de extensão. Neste prédio, o enfoque foi dado aos vestiários, que possuem um uso constante, devido às atividades desenvolvidas na instalação. A Figura 15 apresenta uma representação da planta do prédio. Delimita-se, então, ao desenvolvimento do *as-is* dos sistemas hidrossanitários presentes nesses ambientes.

A edificação apresenta dois vestiários, um feminino e outro masculino, dois banheiros acessíveis e, na sala dos professores, dois banheiros e uma copa. Cada vestiário possui onze chuveiros elétricos e quatro lavatórios. O vestiário masculino conta com três bacias sanitárias e cinco mictórios. O vestiário feminino contém cinco bacias sanitárias. A Figura 16 apresenta uma representação da planta baixa dessa parte da edificação extraída do *AutoCAD*.

A Figura 16 apresenta um croqui de dois cortes transversais da área do estudo de caso. A edificação é em alvenaria e conta com uma laje técnica para os reservatórios, paredes em alvenaria, forro em PVC e piso cerâmico. O vestiário apresenta sistemas de distribuição de água fria, coleta de esgoto e distribuição de água fria e quente. O sistema de distribuição de água quente não foi considerado na pesquisa, pois não está em uso na edificação. Esse sistema não

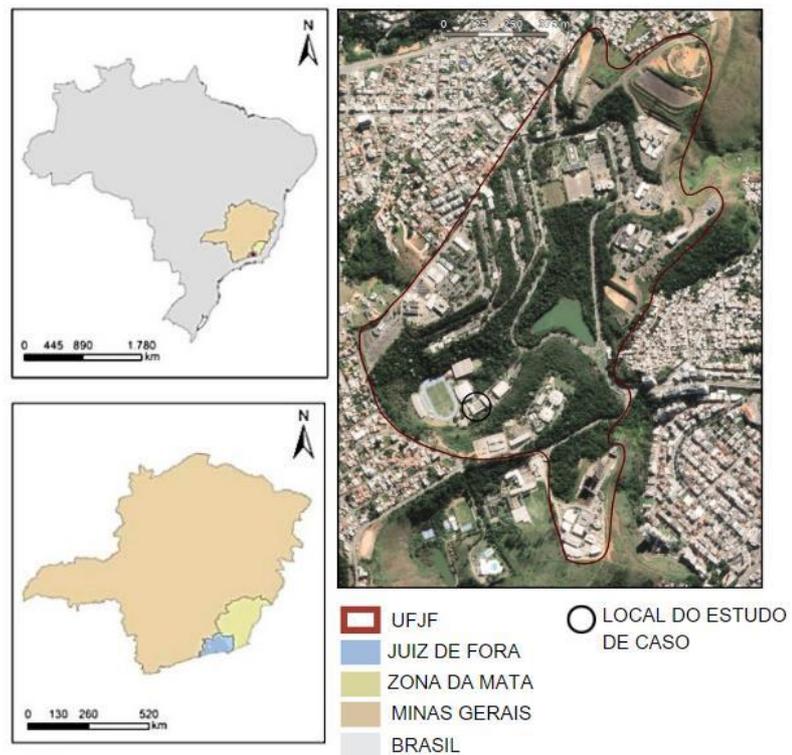
foi executado conforme projeto e, atualmente, os ambientes contam apenas com duchas elétricas.

Figura 13: Fachada do prédio onde foi realizado o estudo de caso



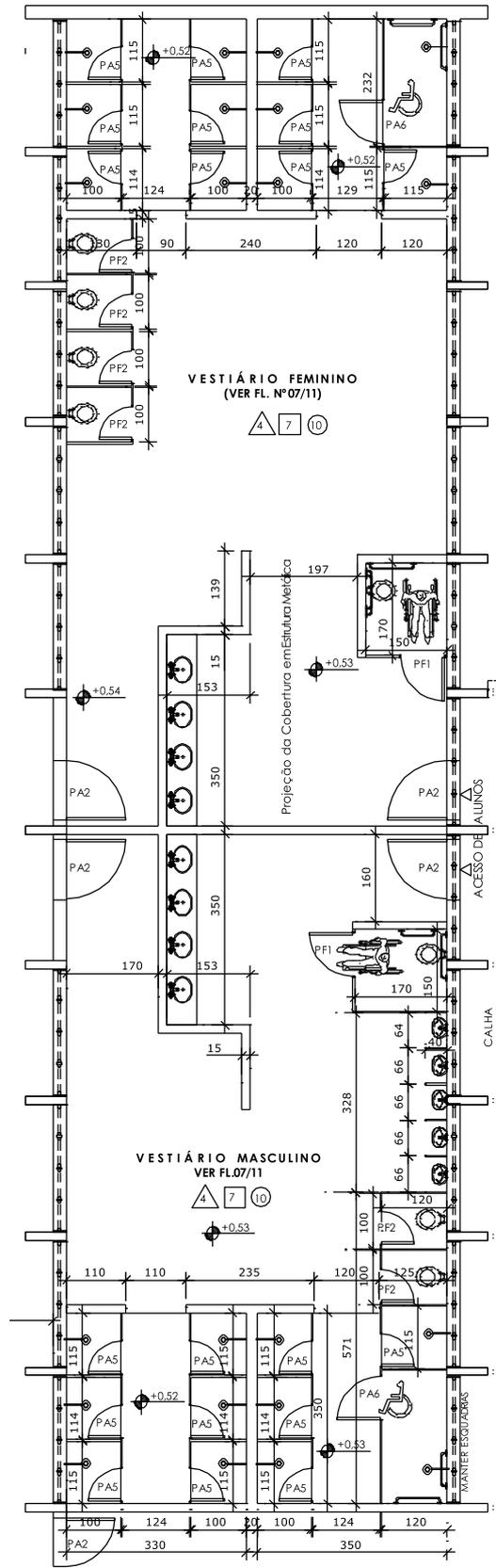
Fonte: Autor (2024).

Figura 14: Vista aérea do Campus da UFJF com indicação do local de estudo



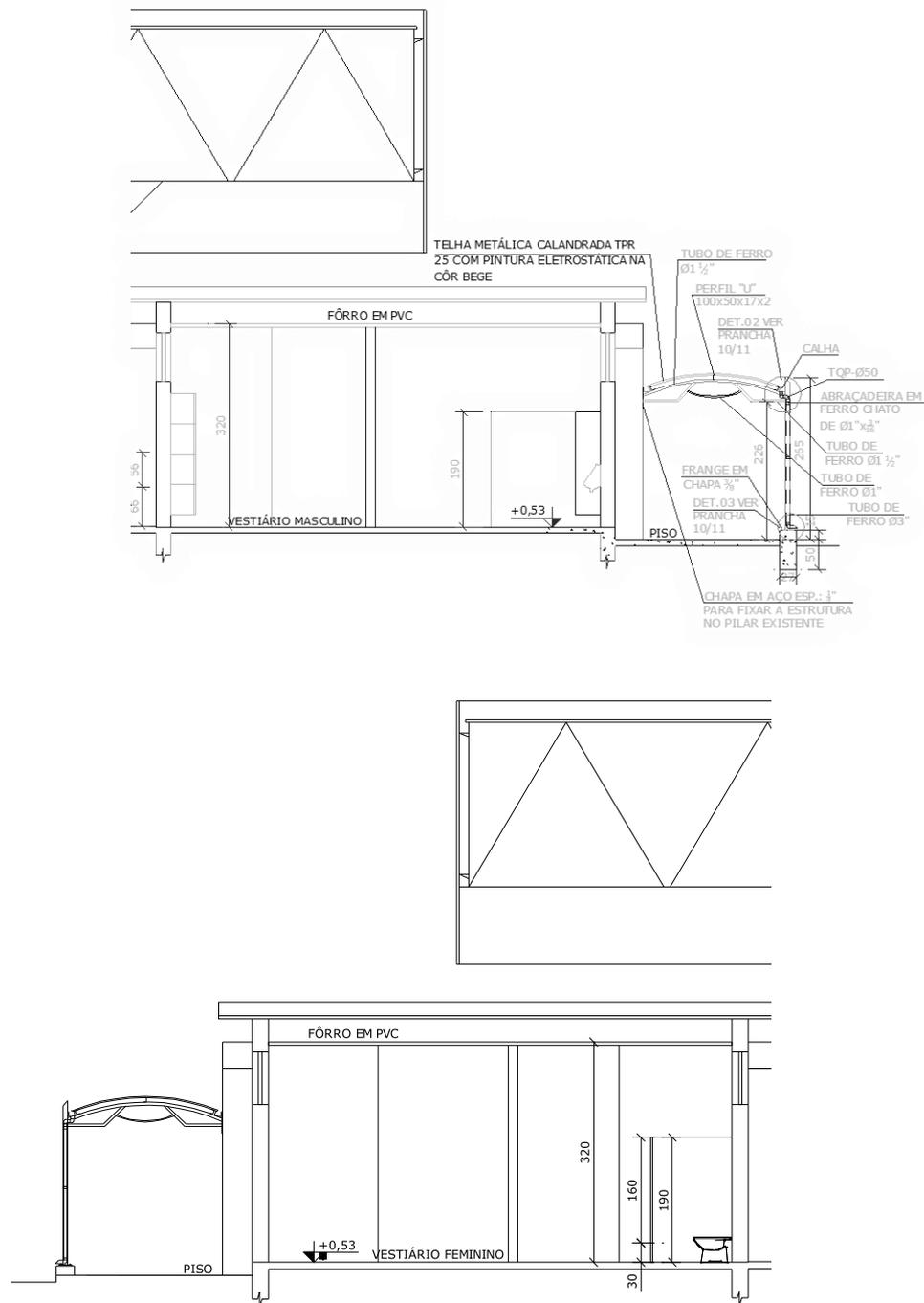
Fonte: Tourinho *et al.*, (2024)

Figura 15: Croqui planta baixa da edificação, versão final do projeto arquitetônico.



Fonte: Pró-Reitoria de Infraestrutura da UFJF (2024)

Figura 16: Croqui de corte transversal dos vestiários.

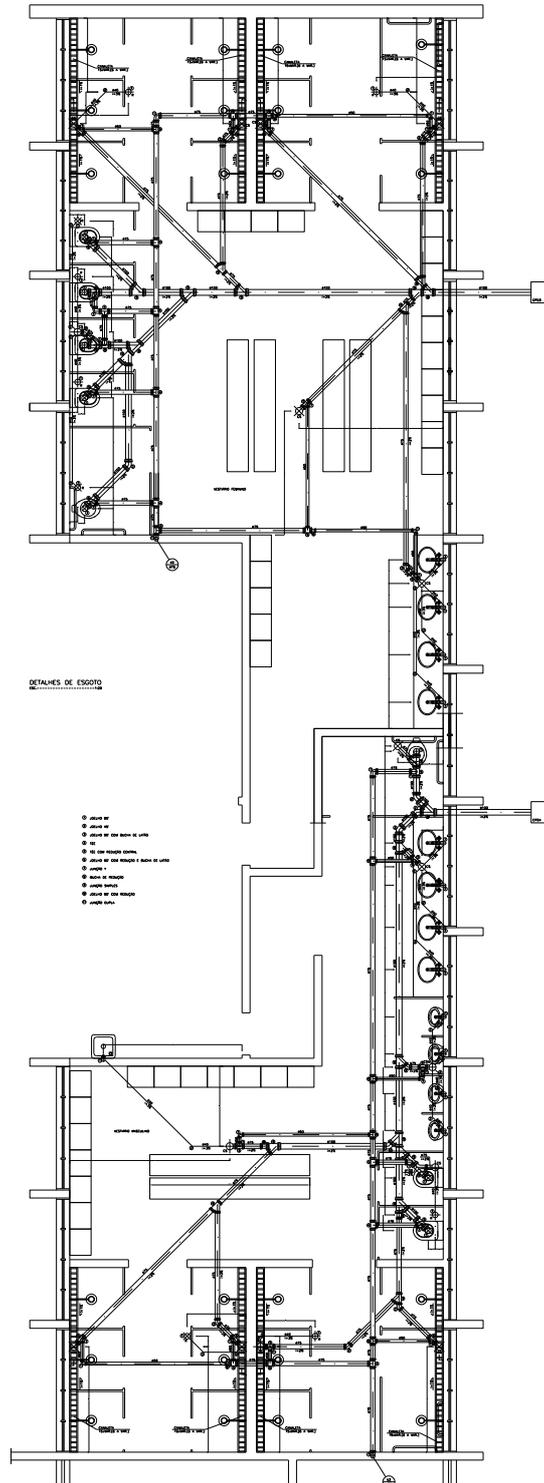


Fonte: Pró-Reitoria de Infraestrutura da UFJF (2024)

O projeto hidrossanitário disponibilizado pela Pró-Reitoria apresentou desenhos com versões desatualizadas, que não consideraram as mudanças no *layout*, como foi apresentado na Figura 16. As mudanças foram feitas nos lavatórios e nos sanitários acessíveis, mas os demais pontos hidráulicos permaneceram na mesma posição. O modelo BIM foi desenvolvido considerando as partes que foram mantidas e acrescentou as mudanças que ocorreram na instalação. O processo de levantamento *in loco* também serviu para a checagem dos desenhos, se

correspondiam ao que estava construído, e foi identificado onde a tubulação do layout final está. Na Figura 17, foram apresentados os dois layouts lado a lado com as diferenças destacadas.

Figura 17: Layout do sistema de esgotamento sanitário desatualizado.



Fonte: Pró-Reitoria de Infraestrutura

3.3 MÉTODOS

O Processo de trabalho para o desenvolvimento do estudo de caso foi composto por quatro fases detalhadas a seguir:

Fase 1: Levantamento de dados da edificação: Nesta fase inicial, o trabalho foi concentrado na obtenção de informações cruciais relacionadas à edificação objeto de estudo. As principais atividades realizadas nesta fase incluíram:

- A) *Visitas in loco*: Foram realizadas visitas presenciais à edificação para a coleta de dados sobre a localização e estado de conservação dos pontos de utilização, rede de tubos de água fria, pontos de coleta do esgoto, localização de caixas sifonadas e ralos e anomalias construtivas hidráulicas desses sistemas. Para isso, foram feitas medições detalhadas e observações visuais diretas. As visitas também tiveram o intuito de checar a conformidade do projeto arquitetônico e do projeto de sistemas hidrossanitários, com a identificação de divergências e discrepâncias entre o projeto e a realidade construída.
- B) Coleta de dados de construção: Além das visitas, foram coletadas as informações para a modelagem dos ambientes no *software* por meio da análise de documentos, plantas, elevações, cortes e desenhos técnicos disponibilizados pela Pró-Reitoria de Infraestrutura da Universidade.
- C) Relação com as manifestações patológicas identificadas no local do levantamento: As manifestações patológicas foram documentadas por fotografia e compuseram o Relatório Fotográfico de Patologias.

O levantamento *in loco* teve dois objetivos principais: identificar as manifestações patológicas nos vestiários e conferir a localização dos pontos hidráulicos. Para atingir esses objetivos, foram utilizados os instrumentos e técnicas a seguir:

- Para a locação dos pontos de abastecimento de água e coleta de esgoto, foi utilizada uma trena convencional. As medidas obtidas *in loco* foram então comparadas com as dimensões disponíveis nos desenhos em CAD. Isso permitiu verificar discrepâncias entre as condições reais e as representações nos desenhos, identificando possíveis irregularidades ou variações não previstas no projeto.
- Para a inspeção da distribuição de água fria, foi empregado um equipamento específico, o *Bosch Professional D-tect 120*. Esse dispositivo é capaz de detectar tubos plásticos

com fluido em uma profundidade máxima de 120 mm. Essa ferramenta foi essencial para mapear a localização dos tubos e propor os traçados no ambiente.

Em casos nos quais os pontos hidráulicos tinham localizações divergentes às dos projetos disponíveis ou não haviam sido representados em nenhuma versão de projeto, foram elaborados croquis. Esses croquis foram desenhados no local para orientar a modelagem posterior no *software*, fornecendo informações precisas sobre a distribuição dos pontos hidráulicos.

As manifestações patológicas nos vestiários foram identificadas através de uma análise visual detalhada. A inspeção procurou identificar vazamentos, pontos de umidade e danos em equipamentos, que representam indicadores de condições inadequadas. Durante a análise, a pesquisa examinou áreas propensas à umidade, em busca de sinais de infiltração. Ademais, os equipamentos foram verificados quanto a desgaste, corrosão ou mau funcionamento. Essa abordagem visual forneceu uma base para documentar as manifestações patológicas, com a avaliação do estado geral das instalações e a proposição de medidas corretivas adequadas.

Fase 2: modelagem dos ambientes em uma plataforma BIM: após a aquisição de dados na fase anterior, ocorrerá o avanço para a construção virtual do modelo BIM. O *software* selecionado para este processo foi o *Autodesk Revit 2024*, licença estudantil, uma vez que apresenta a capacidade de suportar modelagem paramétrica tanto em aspectos arquitetônicos, quanto em sistemas de engenharia e a licença para estudantes apresenta as funcionalidades para o desenvolvimento desta pesquisa. As principais etapas nesta fase incluem:

- A) Importação de desenhos para o *software* BIM: o processo de modelagem no *Revit* a partir de desenhos CAD (*Computer-Aided Design*) vinculou os desenhos CAD, que podem incluir plantas baixas, elevações, cortes e detalhamentos, ao modelo no *Revit*. Esses desenhos serviram como referência para a criação da geometria tridimensional na plataforma BIM.
- B) Detalhamento das informações do modelo: detalhamento dos elementos arquitetônicos (paredes, pisos, forros e esquadrias) de acordo com o que está no local. Além disso, as informações no modelo serão comparadas com os dados levantados *in loco* para verificar se o que está construído corresponde a última versão de projeto recebida para a modelagem.
- C) Modelagem hidráulica: além da arquitetura, o *Revit* também suporta a modelagem de sistemas hidráulicos, como tubulações, encanamentos e acessórios. Os projetos

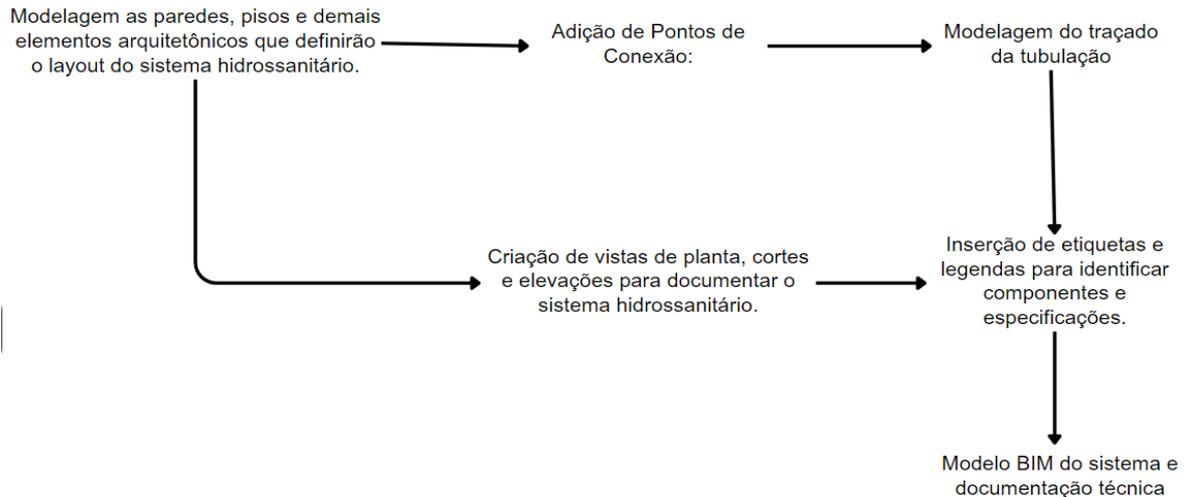
hidráulicos são integrados ao modelo geral da edificação, o que facilita a detecção de conflitos.

O processo de modelagem foi desenvolvido da seguinte maneira: primeiro, foi criado um arquivo para o modelo arquitetônico dos ambientes. Nesse arquivo, foi inserida a última versão da planta em AutoCAD e, a partir disso, foram modeladas as alvenarias, acabamentos, pisos, forros e esquadrias. As medidas foram comparadas com as medidas realizadas no levantamento na fase anterior.

Na etapa subsequente, foi criado um arquivo para o modelo hidrossanitário. Nesse arquivo, os pontos de utilização foram posicionados conforme a disposição arquitetônica e deu-se início ao traçado dos tubos, de acordo com o projeto (nas regiões nas quais os desenhos em CAD eram congruentes entre si). Para a elaboração das tubulações de abastecimento de água, foram utilizadas as informações obtidas durante o levantamento *in loco* realizado na fase anterior, para assegurar a sincronia entre o modelo hidrossanitário e a infraestrutura física identificada no ambiente.

O processo de modelagem foi concomitante ao processo de criação de pranchas para apresentação. À medida que as informações eram inseridas ao modelo, eram criadas as pranchas técnicas de entregas, contendo cortes, elevações e vistas isométricas. A Figura 18 apresenta um esquema de modelagem para os sistemas hidrossanitários adotados no processo.

Figura 18: Passos para a criação do modelo



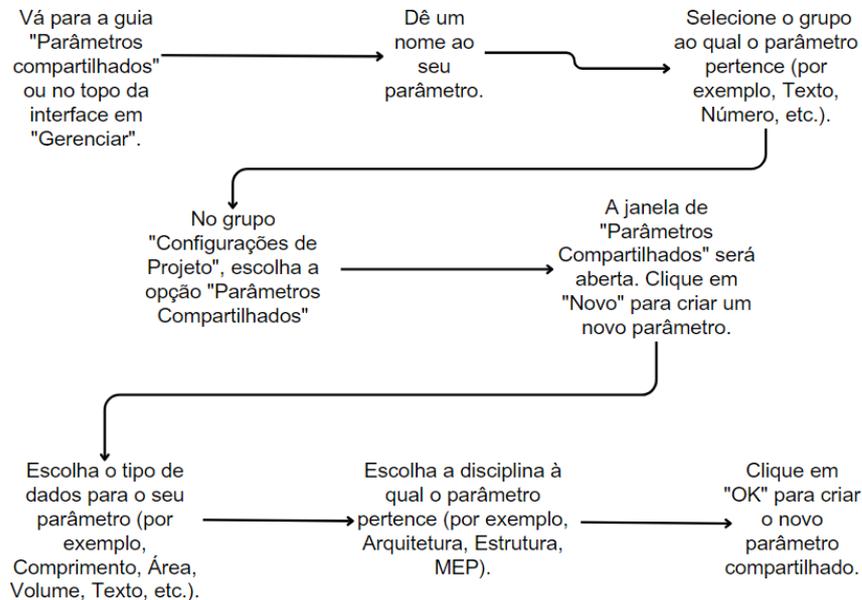
Fonte: Autor, 2024

Fase 3: Incorporação de parâmetros de gestão do ativo: nesta fase, ocorreu o levantamento para identificar quais parâmetros são essenciais para a gestão dos sistemas hidrossanitários do ativo. Esses parâmetros serão integrados ao modelo BIM previamente desenvolvido. Essa etapa possui quatro fases:

- A) Levantamento de trabalhos, manuais e documentos que especificam atividades e procedimentos para a manutenção dos sistemas hidrossanitários.
- B) Identificação das atividades e procedimentos necessários para o monitoramento de cada sistema.
- C) Proposição de parâmetros a serem inseridos no modelo BIM que deem suporte a essas atividades e procedimentos.
- D) Inserção desses parâmetros no modelo BIM.

A partir da determinação dos parâmetros que devem ser inseridos no arquivo, o próximo passo foi o processo de inserção. No *Revit*, a inserção de parâmetros compartilhados está relacionada à criação e utilização de parâmetros que podem ser compartilhados entre diferentes elementos em um projeto. Isso permite atribuir informações específicas a vários componentes ou elementos de construção, como tubulações, acessórios de tubo ou conexões de tubo. A Figura 19 apresenta a sequência de passos para criar um parâmetro compartilhado no *Revit*.

Figura 19: Fluxograma para criação de parâmetros compartilhados no *Revit*



Fonte: Autor, 2024

A seleção do tipo de dado para um parâmetro foi determinada pelo método de preenchimento esperado. Os parâmetros que representam uma condição de sim/não podem ser configurados como do tipo sim/não. Isso permite ativar a propriedade caso a resposta seja afirmativa. Um exemplo prático seria o parâmetro "Vazamento?". Caso haja um vazamento em um acessório de tubo, como um registro, o parâmetro será ativado. Outros parâmetros foram criados como tipo "texto". Para esse tipo de parâmetro, é recomendável padronizar as respostas inseridas, para simplificar o gerenciamento das informações no modelo. Isso é útil para manter a consistência e facilitar a manipulação de informações no modelo.

No *Revit*, os parâmetros são classificados como de tipo e de instância. Os parâmetros de tipo afetam globalmente todos os elementos de um tipo no projeto, enquanto os parâmetros de instância são específicos para cada elemento individual. Os parâmetros criados devem ser do tipo instância, para que seja possível fazer ajustes individuais e inserção das variações específicas em elementos do mesmo tipo. A partir disso, o modelo torna-se mais preciso e adaptável às complexidades que surgem nas instalações.

Fase 4: Análise do processo de trabalho: ocorreu a análise do processo de levantamento das anomalias construtivas e da localização dos componentes do sistema de água fria e esgoto dos

ambientes. Também ocorreu a análise de como a ferramenta BIM usada para a modelagem dos sistemas dos ambientes pode ser usada para a inspeção de falhas. Essa fase tem uma etapa única, na qual houve uma análise crítica das fases anteriores, com a identificação de áreas de melhorias e refinamento de processos.

A Figura 20 apresenta um fluxograma de como será o desenvolvimento do estudo de caso deste trabalho.

Figura 20: Fluxograma estudo de caso



Fonte: Autor, 2024.

O Quadro 5 apresenta as atividades, recursos e desafios de cada uma dessas fases anteriormente apresentadas.

Quadro 5: Resumo das atividades e recursos das fases do procedimento experimental

FASE	ATIVIDADES	RECURSOS
FASE 1	Definir critérios de medição e observação. Identificar possíveis discrepâncias entre o projeto e a construção. Documentar manifestações patológicas.	Equipamentos de medição (trena, nível, etc.). Câmera para registro visual. Acesso a desenhos técnicos e documentos.
FASE 2	Importar os desenhos para o <i>Revit</i> . Desenvolver a modelagem. Comparar dados levantados com o modelo em desenvolvimento. Integrar sistemas hidráulicos ao modelo global.	<i>Software Autodesk Revit</i> . Desenhos CAD atualizados. Dados levantados <i>in loco</i> .
FASE 3	Identificar parâmetros essenciais para gestão dos sistemas hidrossanitários. Levantar manuais e documentos relevantes. Propor e inserir parâmetros no modelo BIM.	Documentação técnica presente na literatura.
FASE 4	Revisão crítica das fases anteriores. Identificação de melhorias. Refinamento de procedimentos.	Registros de atividades anteriores.

Fonte: Autor, (2024)

O processo de desenvolvimento do modelo BIM dos sistemas de água fria e esgoto dos vestiários considera o projeto disponibilizado, com a checagem *in loco* dos equipamentos que não sofreram mudanças e o levantamento nos que foram modificados. Esse procedimento será feito utilizando um dispositivo móvel com as plantas baixas e outros desenhos do projeto cotado. Assim, serão comparados os valores medidos *in loco* com os valores dos presentes nos desenhos.

A avaliação do processo de trabalho (Fase 4) será conduzida por meio de revisões detalhadas de cada fase do procedimento experimental. Serão considerados critérios como eficiência, consistência entre dados levantados e modelo BIM e conformidade com os objetivos do estudo. Possíveis melhorias serão identificadas durante essa análise. Serão considerados ajustes que

possam otimizar a qualidade dos dados coletados, a precisão do modelo BIM e a utilidade dos parâmetros de gestão do ativo.

4 RESULTADOS

4.1 LEVANTAMENTO DE DADOS DA EDIFICAÇÃO

O Quadro 6 apresenta uma descrição dessas manifestações patológicas, o registro fotográfico e suas possíveis correções.

Quadro 6: Relatório das manifestações patológicas nos vestiários

Descrição:	Solda feita de maneira incorreta	
Local:	Abastecimento dos chuveiros no vestiário masculino	
Possíveis correções:	Substituição da conexão pelo tê e redução apropriadas.	
Descrição:	Acionador no mictório inapropriado	
Local:	Vestiário masculino	
Possíveis correções:	Substituir por válvula para mictório 1/2" 3/4"	
Descrição:	Mancha de umidade presente no revestimento, indica uma infiltração entre o registro do chuveiro e a saída para o abastecimento da peça.	
Local:	Vestiário masculino, chuveiros	
Possíveis correções:	Substituição do registro de pressão e suas conexões, joelho de 3/4 para 1/2 e tubulação entre essas conexões.	

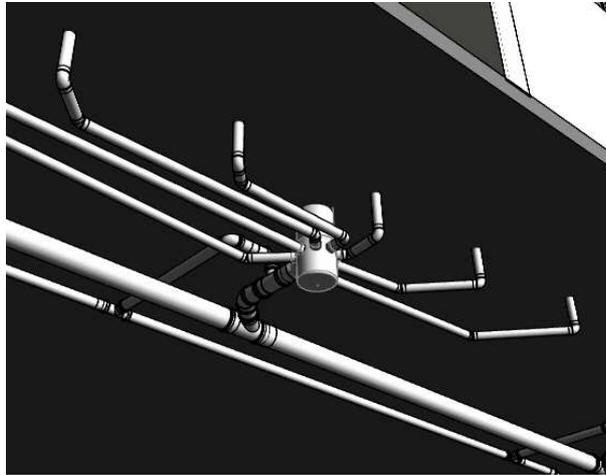
Descrição:	Registros com corrosão e sem manopla	
Local:	Vestiários feminino e masculino	
Possíveis correções:	Substituição do registro, conexões e manopla.	
Descrição:	Chuveiro com vazamento	
Local:	Vestiário feminino, chuveiros	
Possíveis correções:	Substituição do registro de pressão e suas conexões (luva azul rosca interna $\frac{3}{4}$ e adaptador rosca externa $\frac{3}{4}$).	
Descrição:	Formação de lodo e vegetação, indicando umidade no local	
Local:	Vestiário feminino	
Possíveis correções:	Impermeabilização da laje, verificação de tubulações e conexões adjacentes para detecção de vazamentos.	

Fonte: Autor, (2024)

4.2 MODELAGEM DOS VESTIÁRIOS

A modelagem dos ambientes ampliou as possibilidades de visualização dos componentes dos sistemas. Anteriormente, a checagem de dados referentes à disciplina de hidráulica limitava-se a uma planta baixa, dois cortes (vertical e horizontal) e diagramas isométricos. O modelo também possibilita que os elementos que compõem o sistema não sejam representados apenas como símbolos, o que melhora a leitura da instalação. A Figura 21 apresenta uma seção dinâmica tridimensional feita em uma caixa sifonada. A partir dela, o usuário pode checar informações como a tubulação conectada a ela, profundidade do sifão em relação ao piso acabado e inclinação dos tubos.

Figura 21: Seção dinâmica tridimensional - caixa sifonada



Fonte: Autor, 2024

Os modelos também possibilitam que os componentes dos sistemas sejam gerenciados através de tabelas. Isso amplia a maneira como as informações podem ser filtradas a partir das demandas do usuário. A exemplo disso, o modelo contou com planilhas específicas para tubos, conexões, peças hidrossanitárias e acessórios de tubos. A Figura 22 apresenta uma tabela de conexões.

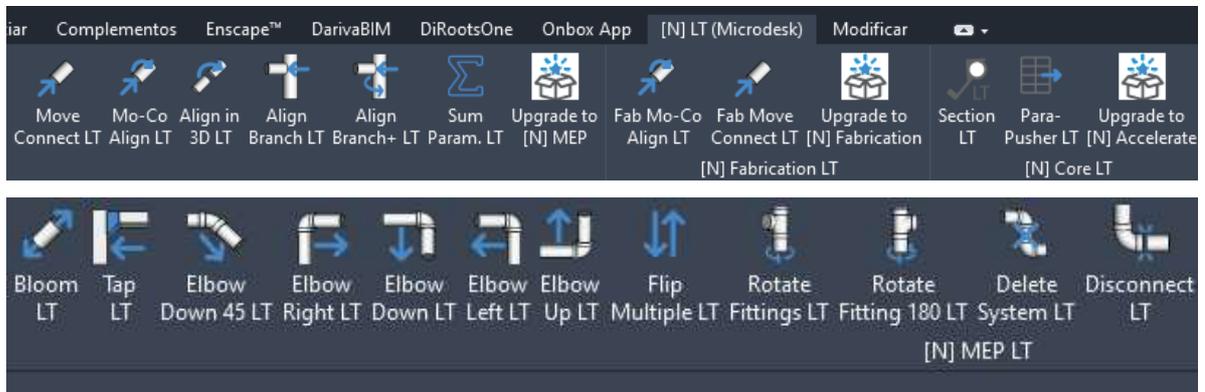
Figura 22: Tabela de Conexões do sistema de água fria

CONEXÕES - ÁGUA FRIA	
A	B
DESCRIÇÃO	QNT (un)
Adaptador Soldável Curto com Bolsa e Rosca para Registro 25 x 3/4", PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	6
Adaptador Soldável Curto com Bolsa e Rosca para Registro 32 x 1", PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	16
Bucha de Redução Soldável Curta 32x25mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	8
Conector Aquatherm® 22 x 3/4", CPVC, Água Quente - TIGRE	44
Curva de Transposição Soldável 25mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	11
Curva de Transposição Soldável 32mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	14
Joelho 45° Soldável 40mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	4
Joelho 90° de Transição Aquatherm® 22x1/2, CPVC, Água Quente - TIGRE	22
Joelho 90° Soldável 25mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	44
Joelho 90° Soldável 32mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	18
Joelho 90° Soldável 40mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	1
Joelho 90° Soldável com Bucha de Latão 25 x 1/2", PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	11
Joelho 90° Soldável com Bucha de Latão 25 x 3/4", PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	2
Tê de Redução Soldável 25x20mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	3
Tê de Redução Soldável 32x25mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	15
Tê Soldável 25mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	16
Tê Soldável com Bucha de Latão na Bolsa Central 25 x 1/2", PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	9
Tê Soldável com Bucha de Latão na Bolsa Central 25 x 3/4", PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	1

Fonte: Autor, 2024

As conexões, tubulações e peças hidrossanitárias utilizadas são objetos paramétricos oferecidos pelo catálogo da Tigre e Amanco. Os pontos de utilização (bacias sanitárias, torneiras, etc) foram objetos desenvolvidos pelo *Plug-in Dariva* BIM, versão 2024. Os acessórios de tubos utilizados foram de catálogos da Docol. Observa-se que, para modelagem de sistemas na plataforma, a disponibilidade de objetos BIM não foi um problema, dado que os fornecedores disponibilizam bibliotecas BIM para *download* nos seus *sites*.

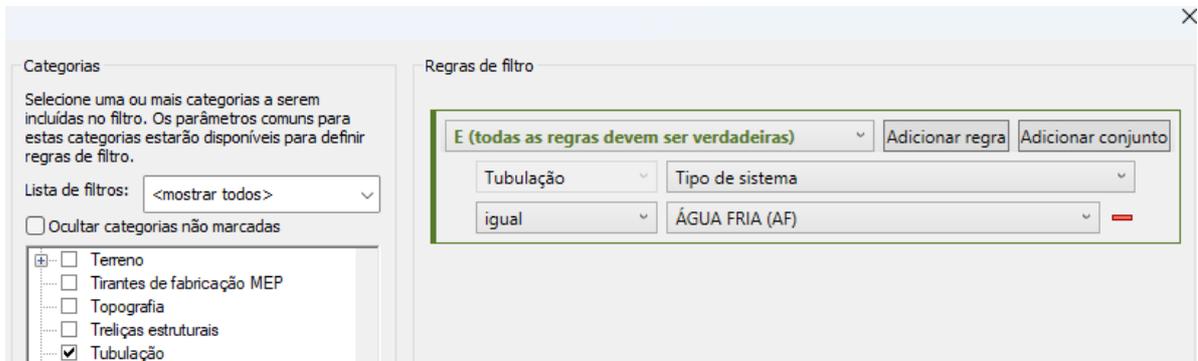
Outro *plug-in* utilizado para a modelagem dos sistemas hidrossanitários é o *MicroDesk 2024* (versão de gratuita), que torna o processo mais eficiente com ferramentas de alinhamento tridimensional de peças (o *Revit* possui ferramenta nativa de alinhamento apenas em uma direção), de junção automática entre componentes, de rotação, de criação de joelhos em tubos e outra funcionalidades. A Figura 23 apresenta um recorte com a interface do *plug-in*.

Figura 23: *Plug-in MicroDesk*

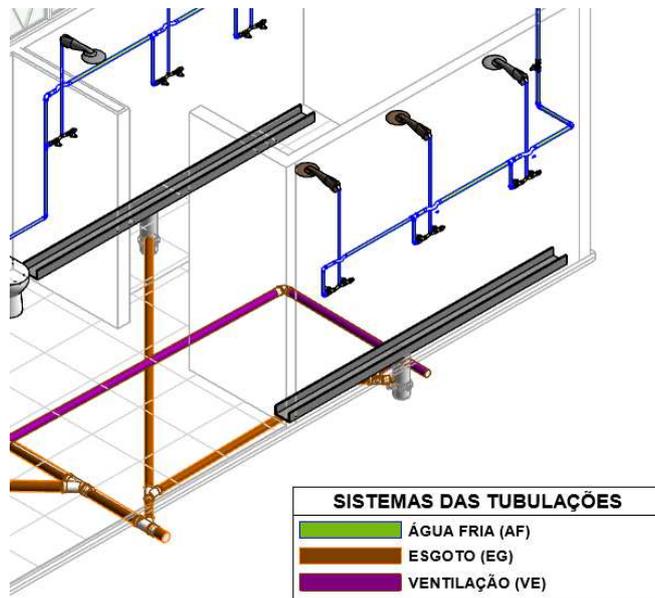
Fonte: Autor, 2024

No modelo, os tubos foram diferenciados em função do tipo de sistema (água fria, esgoto ou ventilação) por cores, o que permite a diferenciação gráfica e a leitura mais didática das redes de tubo. A plataforma apresenta ferramentas de filtragem de componentes em função de regras específicas baseadas no tipo de dado que há nos parâmetros. A Figura 24 apresenta um recorte de um desses filtros, que determina que as redes de água fria serão apresentadas na cor verde. A partir da criação dos filtros, é possível estabelecer padrões de exibição de componentes nas vistas. Podem ser criados modelos de vista (ou *templates* de vista) com esses filtros e aplicá-los em várias outras vistas do projeto automaticamente.

Figura 24: Filtro do Revit



Nome	Ativar filtro	Visibilida...	Projeção/Superfície		
			Linhas	Padrões	Transparên...
ÁGUA FRIA (AF)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Oculto	Sobrepor...



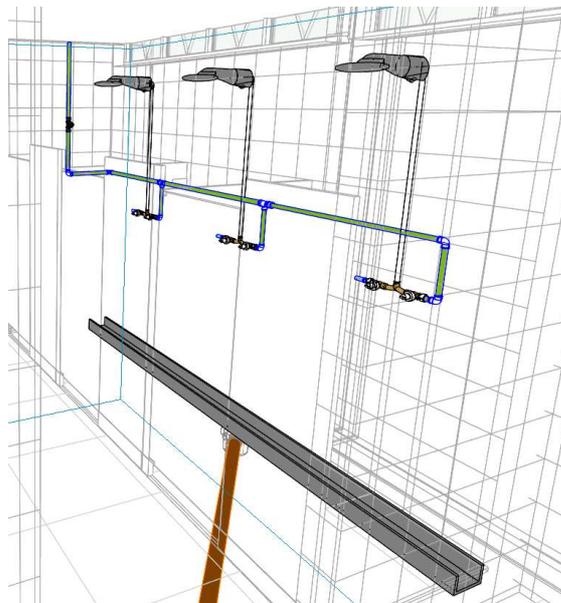
Fonte: Autor, 2024

Um ponto negativo para o uso dos componentes disponibilizados pelos fabricantes em *templates* é o fato de que descrição dos elementos contém também a marca do produto, como está apresentado na Figura 22. Em projetos para instituições públicas, é preciso remover a indicação de marcas de produtos usados no projeto, uma vez que é indicado no memorial descritivo que três marcas equivalentes que podem ser adotadas na execução do projeto. A

remoção dessa informação sobre o fabricante é feita manualmente, componente por componente, no modo edição de famílias no *Revit*. Também é necessário remover essa informação para cada diâmetro da peça.

Nos chuveiros, existem calhas que coletam a água e direcionam para uma caixa sifonada. Essa calha de coleta foi modelada como uma peça hidrossanitária, mas poderia também ter sido feita através de componentes na arquitetura. Sua modelagem no arquivo hidrossanitário facilita a manipulação do elemento para cálculos e extração de dados que possam ser necessários futuramente, como, por exemplo, a checagem se sua seção está de acordo com o volume de águas servidas que recebem. A calha é apresentada na Figura 25.

Figura 25: Calhas de coleta de água do chuveiro



Fonte: Autor, 2024

Na imagem 4.xxx, observa-se também que os registros de água quente encontram-se sem a rede de tubos. Isso se dá porque todo o sistema de água quente encontra-se desativado e, embora existam os registros, eles não estavam em funcionamento.

O modelo arquitetônico desenvolvido considerou os revestimentos presentes no local observados na visita técnica. Para o piso, foi adotada cerâmica com espessura de 4cm em todo o ambiente, exceto nas cabines de chuveiro, em que a espessura adotada foi de 2cm de espessura. Nas paredes, foi inserido um revestimento de cerâmica e reboco com espessura total de 3cm, juntamente aos blocos cerâmicos de 9cm de espessura. As paredes tiveram suas

espessuras orientadas pelos desenhos em CAD. O limite para o acabamento da parede foi o forro de PVC. A Figura 26 ilustra uma vista em perspectiva seccionada do modelo de arquitetura e, ao lado dela, é apresentada uma imagem do ambiente.

Figura 26: Vista em perspectiva seccionada do modelo de arquitetura



Fonte: Autor, 2024

4.3 INCORPORAÇÃO DE PARÂMETROS DE GESTÃO DO ATIVO

Em componentes do sistema, Botelho e Junior (2021) estabelecem uma série de procedimentos para o monitoramento do desempenho. Os parâmetros para o gerenciamento das atividades de manutenção com o apoio do modelo BIM serão criados a partir desses procedimentos.

Em tubulações, os autores apontam que os vazamentos surgem de conexões mal executadas e se propagam como manchas de unidade, dessa maneira, pode-se atribuir às paredes o parâmetro “apresenta manchas de umidade”, habilitável caso haja umidade na parede.

Esses autores sugerem como pontos de atenção suportes (tubulação aparente), juntas de dilatação e liras. Dessa maneira, sugere-se criar o parâmetro “Equipamento sensível?”, para ser habilitado caso o componente demande mais atenção. Esse parâmetro pode ser habilitado para

tubulações, conexões de tubo, acessórios de tubo e peças hidrossanitárias e equipamentos mecânicos.

Em recalques, Botelho e Junior (2021) sugerem a verificação de desgastes e vibrações anormais. Diante disso, nos componentes de tubulações, conexões de tubo, acessórios de tubo e equipamentos mecânicos, cabe adicionar os parâmetros “Vibração?” e “Desgastes?”.

Ramos (2010) propõe um planejamento da inspeção e ações de inspeção básicas a serem executadas em cada sistema predial hidrossanitário. Para esse planejamento, sugere-se uma série de parâmetros para que o modelo BIM possa auxiliar nas atividades.

O Quadro 7 apresenta os procedimentos relacionados ao monitoramento de sistemas hidrossanitários durante a fase de uso e ocupação do empreendimento, organizados por autor. A escolha das publicações que compõem o Quadro foi baseada no critério de identificar textos que apresentam uma especificação das atividades necessárias para a supervisão desses sistemas. As atividades apresentadas por esses autores, posteriormente, foram usadas para criar os parâmetros no programa para auxiliar nas atividades de checagem e manutenção.

Quadro 7: Procedimentos relacionados ao monitoramento de sistemas hidrossanitários na fase de uso e ocupação do empreendimento.

Autores	Procedimentos
Ramos (2010)	<p>Verificar o funcionamento das torneiras e registros;</p> <p>Verificar o estado da tubulação (vazamentos, acabamento interior, acessórios, limpeza);</p> <p>Verificar a evacuação de águas residuais nos diversos aparelhos;</p> <p>Verificar o estado dos aparelhos sanitários e das suas fixações;</p> <p>Conferir a acessibilidade (<i>shafts</i>, sifões, caixas de inspeção);</p> <p>Observar o estado da tubulação visível (tubos de queda, ventilação, fixações, ligações, acessórios).</p> <p>Observar o surgimento de manchas devido a possíveis rupturas, limpeza;</p> <p>Verificar a evacuação de águas (provenientes da limpeza da cobertura, ralos, calhas, grelhas);</p> <p>Verificar o estado das calhas e ralos (ruptura na impermeabilização ou nos elementos de proteção, ruptura dos ralos, obstruções e evacuação das águas);</p> <p>Verificar o estado dos tubos de queda (verticalidade, ruptura).</p>
Botelho e Junior (2021)	<p>Verificar o nível dos reservatórios;</p> <p>Manter os ralos e seu entorno livres de detritos;</p> <p>Limpar a caixa de inspeção de esgotos e de águas pluviais;</p> <p>Limpar os ralos;</p> <p>Verificar os fechos hídricos dos ralos sifonados;</p> <p>Verificar e regular as válvulas de descarga;</p> <p>Efetuar testes de verificação de vazamentos;</p> <p>Operar os registros de gaveta;</p> <p>Verificar as calhas;</p> <p>Verificar a válvula de pé.</p>
Leal e Santos (2018)	<p>Inspecionar e verificar a corrosão, rupturas, entupimentos, fixação das conexões e abraçadeiras, verticalidade de tubos, impermeabilização (em calhas, condutores verticais e horizontais, reservatórios);</p> <p>Verificar as condições de fixação, vazamentos e ruídos, vedação e estanqueidade (para torneiras e chuveiros);</p> <p>Verificar os ramais de ligação e tubos quanto à estanqueidade e ligação com conexões e acessórios;</p>

	<p>Verificar a estanqueidade de registros; Verificação de reservatórios quanto a rompimentos, obstruções, entupimentos, funcionamento de boias, tomadas de entrada e saída e extravasor; Verificar a fixação e estanqueidade de lavatórios; Verificar os sifões para identificar vazamentos, obstruções, entupimentos, e fecho hídrico; Verificar as caixas de passagem/inspeção/gordura quanto à integridade física, obstruções e entupimentos.</p>
Bambirra <i>et al.</i> (2019)	<p>Verificar os vazamentos em torneiras, ligações flexíveis, sifões, registros, duchas, chuveiros, mictórios etc; Verificar os acionamentos das válvulas de descarga; Verificar se há vazamentos nas instalações em geral; Efetuar a regulagem das válvulas de descarga, torneiras, registros e a troca; Verificar a fixação e acabamento dos suportes de apoio (quando existente); Verificar os ralos de captação de água e tubos de descida d'água de chuva; Verificar o funcionamento da boia da caixa d'água; Verificar as válvulas, tubulações e dispositivos de acionamento; Verificar a necessidade de substituição de louças, válvulas, torneiras, registros, tubulações, boias e azulejos; Verificar a impermeabilização e limpeza de cisternas e caixas d'água. Verificar os vazamentos e infiltrações através das paredes dos reservatórios.</p>
Grolli <i>et al.</i> (2019)	<p>Verificar o nível dos reservatórios, o funcionamento das torneiras de boia e a chave de boia para controle de nível; Verificar as tubulações de abastecimento de água e coleta de esgoto, para detectar obstruções falhas ou entupimentos e fixação e reconstituir a sua integridade, onde necessário; Verifique a estanqueidade dos registros de gaveta; Verificar os elementos de vedação dos metais, acessórios e registro; Verificar o sistema das águas pluviais e ajustar a periodicidade em função da sazonalidade.</p>

UFPE (2021)	<p>Verificar vazamentos nas torneiras, chuveiros, registros e louças sanitárias;</p> <p>Verificar entupimento nas louças sanitárias;</p> <p>Verificar a pressão e vazão da água nos pontos de utilização;</p> <p>Limpar ralos e sifões das louças, tanques, lavatórios e pias, retirando todo material causador de entupimento (panos, fósforos, cabelos, etc.);</p> <p>Verificar, corrigir ou substituir, quando necessário, as louças sanitárias e acessórios (assento sanitário, parafusos etc.);</p> <p>Limpar e verificar a regulagem dos mecanismos de descarga;</p> <p>Limpar, com equipamento apropriado, tubulação entre coluna e ralos;</p> <p>Alternar o funcionamento das bombas de recalque;</p> <p>Acionar as tubulações que não são constantemente usadas, como o extravasor, de forma a evitar incrustações e entupimentos;</p> <p>Efetuar a limpeza dos reservatórios, com empresa especializada;</p> <p>Limpar os bicos removíveis das torneiras, pois é comum o acúmulo de resíduos provenientes da própria tubulação;</p> <p>Limpar as caixas de inspeção e caixas de gordura. Pode-se alterar esta periodicidade para trimestral, caso o volume de resíduos seja pequeno;</p> <p>Verificar os fechos hídricos das caixas sifonadas;</p> <p>Operar os registros de gaveta, principalmente dos barriletes e do subsolo;</p> <p>Limpar as calhas e buzinotes;</p> <p>Verificar e substituir, quando necessário, as gaxetas, anéis e a estanqueidade dos registros (gaveta e pressão);</p> <p>Limpar os filtros e efetuar revisão nas válvulas redutoras de pressão conforme recomendações dos fabricantes.</p>
Böes (2020)	<p>Verificar se há deformações em tubulações de PVC;</p> <p>Verificar se há ausência de identificação das tubulações e falta de repintura;</p> <p>Verificar se há infiltrações;</p> <p>Verificar se há raízes de árvores/plantas obstruindo tubulações;</p> <p>Verificar se há vazamento em louças e metais;</p> <p>Verificar se há entupimento de caixas de passagem e esgoto;</p> <p>Verificar a ocorrência de falhas nas soldas das conexões;</p> <p>Verificar se há problemas nos acoplamentos;</p> <p>Verificar se há tubulações, ralos, caixas de gordura entupidos.</p>

Verzola, Marchiori e Aragon (2014)	<p>Verificar as infiltrações e vazamentos em reservatórios; Verificar a desagregação de elementos, partes soltas, partes quebradas; Verificar a ocorrência de entupimentos, vazamentos e infiltrações nas redes de tubulação; Verificar irregularidades geométricas, deformações excessivas; Verificar se há acesso aos equipamentos; Verificar se há condições de segurança para realização da manutenção.</p>
Otoni, Ferreira e Lima (2019)	<p>Verificar vazamentos; Verificar o funcionamento dos pressurizadores de água; conforme instruções do fornecedor; Checar os sifões das pias; Limpar a caixa sifonada, caixas de passagem de gordura e esgoto; Efetuar a limpeza dos reservatórios de água; Limpar os filtros e efetuar revisão nas válvulas redutoras de pressão; Checar os vedantes (courinhos) das torneiras, misturadores e registros de pressão; Verificar o funcionamento das boias das caixas d'água; Verificar se as tampas das caixas d'água estão bem vedadas; Verificar se não há nenhuma rachadura ou vazamentos nos flanges; Verificar os ralos e sifões das louças sanitárias, tanques, lavatórios e pias; Verificar e limpar os ralos e grelhas e calhas; Verificar a estanqueidade das tubulações; Verificar se os terminais de ventilação da rede de esgoto estão abertos; Verificar o nível dos reservatórios; Limpar o sistema das águas pluviais; Verificar a regulagem do mecanismo de descarga; Testar a abertura e o fechamento dos registros; Verificar a pressão e vazão da água; Verificar defeito de acionamento da válvula de descarga; Verificar se existe a formação de calcário nas saídas dos tubos na caixa d'água superior, indicando a presença de vazamentos; Verificar as tubulações de captação de água do jardim para detectar a presença de raízes que possam destruir ou entupir as tubulações; Verificar o mecanismo da caixa acoplada; Verificar a vedação e a estanqueidade dos registros de gaveta; Verificar a integridade dos suportes das instalações suspensas; Verificar se há trincas internas ou afundamento nas laterais das caixas de esgoto em terreno natural.</p>

Kanashiro, Mistrone e Munhoz (2022)	Verificar se há vazamentos; Verificar se há deformação e deterioração nas tubulações; Verificar as tampas de reservatórios; Observar obstruções nas tubulações; Observar entupimento ou extravasamento em calhas e ralos.
-------------------------------------	---

Fonte: Autor, 2024

Esses procedimentos estão relacionados à manutenção preventiva, no caso em que há a verificação do estado de conservação e de funcionamento dos componentes (calhas, tubos, etc), checagem de níveis de água e fecho hídrico. Também é possível observar que a detecção de vazamentos nos diversos componentes dos sistemas é uma tarefa recorrente para os autores (nove entre os dez). Observa-se também que os autores sugerem a checagem do funcionamento de acessórios de tubo, louças, metais e outros componentes que são fontes de manutenção. Os autores também estabelecem procedimentos de limpeza de caixas sifonadas, de inspeção, reservatórios e acessórios de tubo.

Os procedimentos listados no Quadro 7 permitem o acompanhamento do desempenho dos componentes dos sistemas, e podem prevenir as manifestações patológicas descritas por Kamble e Kumthehar (2015), Vieira (2016) e Macedo (2015) como as mais incidentes sobre os sistemas abordados no estudo de caso.

Estas atividades de manutenção predial anteriormente apresentadas podem ser divididas em grupos relacionados ao tipo de componente do sistema. O Quadro 8 abaixo apresenta um resumo dessas atividades e quais componentes atendem.

Quadro 8: Quadro resumo de procedimentos

Componentes	Procedimentos
Dispositivos de utilização (louças sanitárias, lavatórios, pias, etc)	Verificação de funcionamento, vazamentos, entupimentos, fixação e fecho hídrico.
Registros, válvulas, filtros e dispositivos de acionamento	Verificação de funcionamento, vazamentos, estanqueidade e limpeza.
Tubos e conexões	Verificação de vazamentos, entupimentos, corrosão, deformação, verticalidade, deterioração, pintura, integridade dos suportes das instalações suspensas falhas nas soldas e limpeza
Ralos e sifões (esgoto)	Verificação de vazamentos, entupimentos, obstruções e fecho hídrico.
Caixas de passagem e inspeção	Verificação de acessibilidade, vazamentos, entupimentos, integridade física.
Caixas de gordura	Verificação de vazamentos, entupimentos e a limpeza.
Reservatórios	Verificação de nível, vazamentos, funcionamento das boias, limpeza.
Calhas e ralos (Pluvial)	Verificação vazamentos, entupimentos, obstruções e limpeza
Torneiras e misturadores	Verificação de funcionamento, vazamentos, estanqueidade.
Revestimentos	Verificação acerca de manchas de umidade e observação de infiltrações.

Fonte: Autor, 2024

A partir das atividades de manutenção apresentadas no Quadro 7 para o monitoramento dos sistemas hidrossanitários, o Quadro 8 apresenta os procedimentos de monitoramento desses

sistemas, bem como os parâmetros propostos e em qual classe de objeto no *Revit* eles devem ser associados. A Figura 27 apresenta uma relação dos parâmetros criados e de quais classes de objetos no *Revit* eles pertencem.

Figura 27: Parâmetros para manutenção



Fonte: Autor, 2024

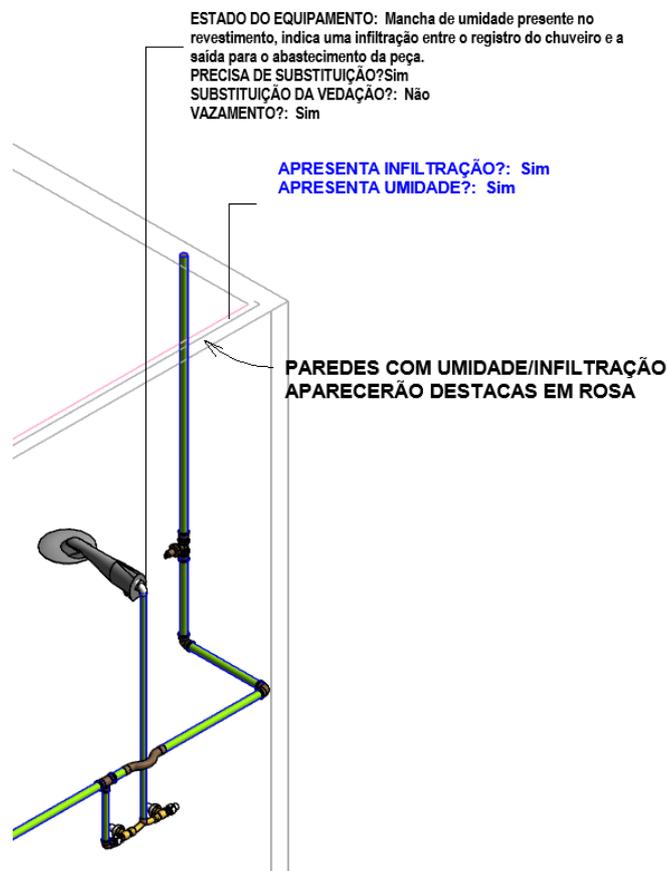
Os parâmetros associados a peças hidrossanitárias, acessórios de tubo, conexões de tubo e tubulações devem ser incorporados no modelo hidráulico. De maneira análoga, os parâmetros associados a elementos arquitetônicos, como pisos, paredes e calhas precisam ser inseridos no modelo de arquitetura. Dessa maneira, qualquer objeto BIM selecionado possibilitará o acesso a esses parâmetros e editá-los individualmente.

Para a representação visual dos dados contidos nos parâmetros nas visualizações do *Revit*, foram desenvolvidos identificadores (ou *tags*) específicos (um para cada tipo de elemento), os

quais podem ser incorporados em plantas, cortes, elevações e vistas tridimensionais. Em casos em que estiverem disponíveis apenas pranchas geradas a partir do modelo (como formato .pdf ou .dwg), os identificadores possibilitam a leitura dos parâmetros com as propriedades dos elementos. A Figura 28 apresenta dois exemplos de identificadores.

No Apêndice 1, são apresentadas as pranchas técnicas, resultado do modelo desenvolvido no capítulo anterior. Nas pranchas, há plantas baixas, elevações e vistas isométricas dos sistemas levantados. Também constam as plantas baixas dos projetos de arquitetura e de hidrossanitários fornecidos para a pesquisa. Desse modo, são apresentados os sistemas de abastecimento de água, coleta de esgoto e de ventilação, com seus pontos de utilização e demais elementos. Além disso, há exemplos de identificadores que contêm a descrição dos componentes e equipamentos, com as informações sobre o seu estado e sobre manifestações patológicas que foram identificadas no processo de levantamento *in loco*.

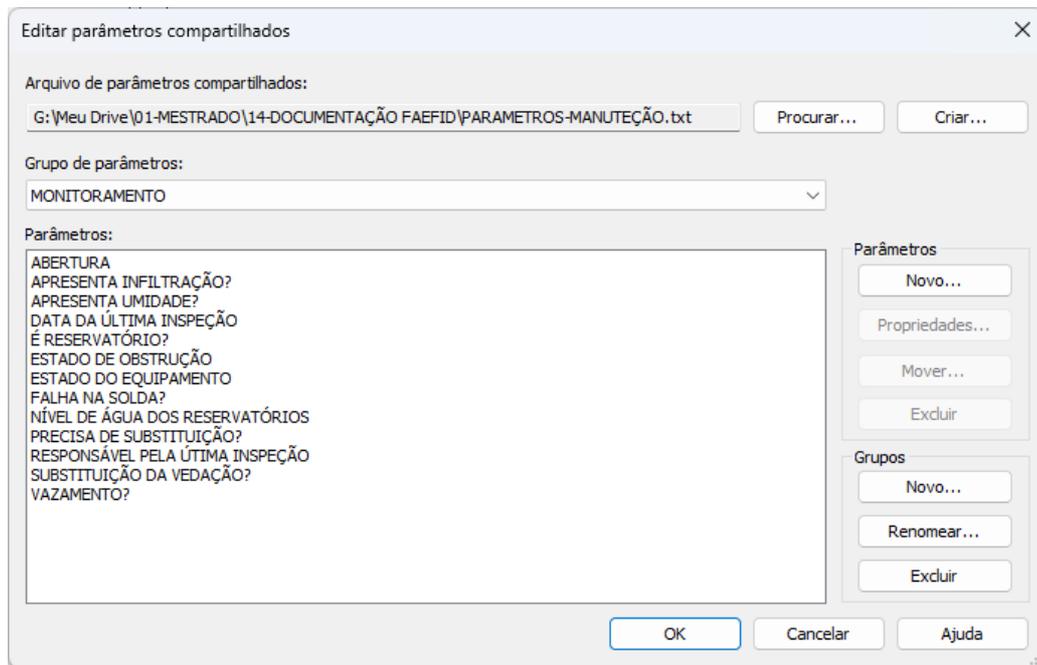
Figura 28: Identificadores para a visualização dos dados sobre os componentes



Fonte: Autor, 2024

Os parâmetros compartilhados podem ser salvos em um arquivo formato .txt e inseridos em outros arquivos nativos do *Revit*. A Figura 29 apresenta o campo de edição desse arquivo para a criação ou remoção de parâmetros.

Figura 29: Campo de edição de parâmetros compartilhados no *Revit* e arquivo de texto

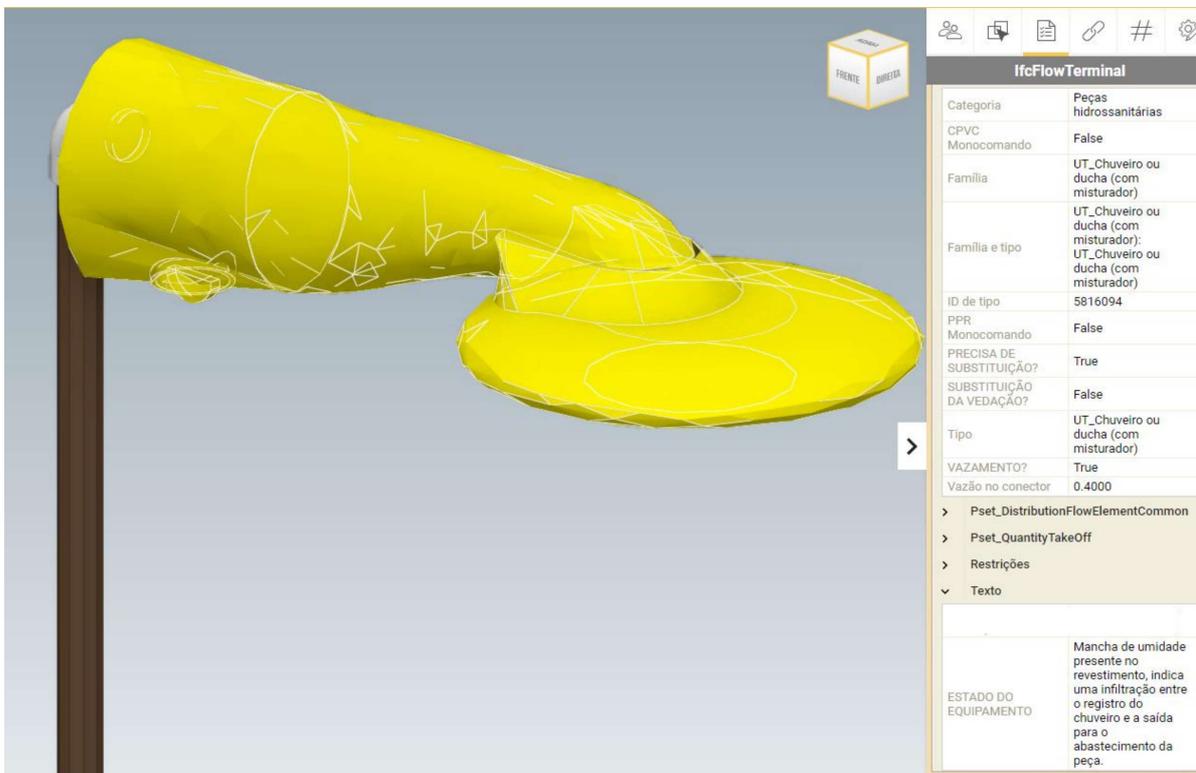


```
# This is a Revit shared parameter file.
# Do not edit manually.
*META VERSION MINVERSION
META 2 1
*GROUP ID NAME
GROUP 1 MONITORAMENTO
GROUP 2 Parâmetros DerivaBIM
*PARAM GUID NAME DATATYPE DATACATEGORY GROUP VISIBLE DESCRIPTION USERMODIFIABLE HIDEWHENNOVALUE
PARAM d673c905-af39-4362-adc4-e9742851884e PRECISA DE SUBSTITUIÇÃO? YESNO 1 1 1 1 0
PARAM 3b326e18-6476-42e6-86f0-41736f368092 ESTADO DO EQUIPAMENTO TEXT 1 1 1 1 0
PARAM 409fa03a-5094-4f96-8ff3-e5de98798ab5 RESPONSÁVEL PELA ÚLTIMA INSPEÇÃO TEXT 1 1 1 1 0
PARAM cdd1933f-a996-40a4-8223-91e87d682433 APRESENTA UMIDADE? YESNO 1 1 1 1 0
PARAM e453d044-3d64-49ee-8367-0d896c3fc573 É RESERVATÓRIO? YESNO 1 1 1 1 0
PARAM 5ff93269-8e31-400e-b8e7-0d8eca6a617b SUBSTITUIÇÃO DA VEDAÇÃO? YESNO 1 1 1 1 0
PARAM f84071ad-957a-473e-8bfa-02c53eabfde7 APRESENTA INFILTRAÇÃO? YESNO 1 1 1 1 0
PARAM 4978efb8-1321-4b16-8da9-ad9692716eb4 VAZÃO DADA TEXT 2 1 1 1 0
PARAM cd9800ba-f52a-45d1-9d1c-bcdc3a575dd3 NÍVEL DE ÁGUA DOS RESERVATÓRIOS LENGTH 1 1 1 1 0
PARAM b1bd53bf-a9fe-4032-880f-0d2e2933dee8 VAZAMENTO? YESNO 1 1 1 1 0
PARAM b11c23c2-49ba-41a2-bf31-68a4b92f2a05 DATA DA ÚLTIMA INSPEÇÃO TEXT 1 1 1 1 0
PARAM dd893bc3-7ca4-4413-95c6-de047db9327e FALHA NA SOLDA? YESNO 1 1 1 1 0
PARAM 535933d4-4ef5-49fc-915f-27ef607b1224 ESTADO DE OBSTRUÇÃO TEXT 1 1 1 1 0
PARAM 7e85dff0-7bba-4e1c-be01-b187c695121d ABERTURA TEXT 1 1 1 1 0
```

Fonte: Autor, 2024

Os parâmetros compartilhados desenvolvidos podem ser exportados em formato IFC, uma vez que estão associados aos elementos do modelo. Isso possibilita que o usuário do IFC obtenha informações consistentes sobre os componentes dos sistemas hidrossanitários. Para visualizar os parâmetros após sua exportação para IFC, foi utilizado o Leitor de IFC Online gratuito da Acca, o *usBIM*, no qual foi possível visualizar e manusear os modelos. A Figura 30 apresenta uma vista tridimensional do leitor de IFC e os parâmetros compartilhados de uma peça hidrossanitária.

Figura 30: Leitor de IFC com o elemento e seus parâmetros



Fonte: Autor, 2024

4.4 ANÁLISE DO PROCESSO DE TRABALHO

A partir do presente estudo, foi possível constatar que:

- I. A etapa de modelagem dos ambientes da edificação marcou o ponto inicial na concepção do modelo BIM para os edifícios desta faculdade, de modo a oferecer oportunidades para aprimoramentos futuros na infraestrutura. Além disso, a representação de parte da

edificação contribuiu para o desenvolvimento de uma estratégia sobre como incorporar parâmetros que auxiliam na manutenção da edificação.

- II. O desenvolvimento do modelo BIM para sistemas hidrossanitários enfrenta um desafio intrínseco decorrente da considerável porção do sistema que se encontra embutida em pisos, paredes e forros. As ferramentas disponíveis para o levantamento dos sistemas nos ambientes possibilitam localizar as redes de água fria, enquanto as redes de esgoto foram modeladas conforme os desenhos disponíveis em CAD. Outro problema é o fato de que, mesmo que a direção e sentido da tubulação sejam identificadas, não foi possível, com as ferramentas convencionais com as quais a pesquisa estava munida, precisar quais conexões foram usadas para ligar os tubos.
- III. Elementos com incidência alta de manifestações patológicas, como acessórios de tubulação (registros, sifões, etc.), caixas sifonadas, ralos e pontos de utilização foram localizados com precisão e isso possibilita o monitoramento efetivo de componentes importantes do sistema. Sugere-se, portanto, que o monitoramento global dos sistemas seja centralizado nesses pontos específicos, em casos similares a este.
- IV. Em situações como o estudo de caso abordado, nos quais a iniciativa de implementar o uso de ferramentas BIM ocorre durante a fase de operação, surge uma consideração adicional. Nesse contexto, a transferência de informações, inicialmente registradas em formato CAD, representa uma etapa de trabalho. A adoção do BIM destaca a necessidade de uma integração eficiente entre diferentes plataformas de representação digital ao longo do ciclo de vida da edificação, uma vez que a alimentação de informações do modelo parte de formatos CAD e levantamentos feitos *in loco*.
- V. O estudo de caso possibilitou a apresentação e uso dos parâmetros de inspeção dos sistemas criados em uma instalação real. Com isso, é possível ver um caso prático para sua aplicação. Como os parâmetros desenvolvidos são baseados nos procedimentos de inspeção e nas falhas de sistemas mais comuns que a literatura apresenta, podem ser empregados em outros tipos de instalação e em modelos com mais ambientes e sistemas mais complexos.
- VI. A possibilidade de personalização de parâmetros no modelo permite que a equipe de serviços de manutenção possa estabelecer as necessidades e desenvolver os parâmetros a partir delas. Eles são acompanhados em campos em formato texto, em que é possível

descrever o problema do componente. Uma vantagem da implementação do BIM é a possibilidade de filtrar e manipular as informações através dos parâmetros que, por sua vez, podem ser personalizados de acordo com as demandas. Isso cria uma diversidade de maneiras de interpretação e leitura das informações projetuais.

- VII. O processo demonstra que para efetivar o uso do BIM no monitoramento de manifestações patológicas, não é necessário a modelagem geométrica dessas anomalias, no caso de sistemas hidrossanitários. O que é necessário é um conjunto de informações não gráficas e não geométricas que são inseridas nos campos dos parâmetros criados. O *software* não possui uma classe de objetos destinada a representar graficamente essas falhas, então ,as tentativas de representá-las passariam a ser uma improvisação.
- VIII. Para futuras pesquisas, sugere-se a implementação dos parâmetros desenvolvidos na pesquisa em serviços de gerenciamento da instalação durante um período, com a checagem de eficiência, pontos de melhoria e de adequação às atividades no final desse período. Isso pode aperfeiçoar o uso do BIM para o monitoramento dos sistemas hidrossanitários. Além de criar um banco de dados da edificação com as informações necessárias para as atividades de manutenção, os parâmetros que foram inseridos possibilitam o monitoramento de vazamentos, fissuras, entupimentos e obstruções nos componentes do sistema.
- IX. Os parâmetros criados dentro do *software* de modelagem podem ser lidos e analisados em campo com aplicativos e plataformas de visualização de IFC. O IFC abre possibilidades para gerenciamento das atividades com softwares dedicados à gestão de instalações. Em função do tempo, os gerentes de instalação podem desenvolver um histórico do desempenho e dos procedimentos de manutenção do sistema hidrossanitário.
- X. Uma abordagem para próximos estudos pode ser a criação de parâmetros baseados em critérios para o processo de descarte e de procedimento de substituição como, por exemplo, quanto de insumo deve ser usado na substituição de um componentes, como deve ser o descarte, que produto deve ser devolvido ao fabricante e outros dados que complementam o ciclo de vida dos elementos do sistema.

5 CONCLUSÃO

O desenvolvimento do ambiente construído requer uma abordagem abrangente, que contempla todas as fases do ciclo de vida, desde o projeto conceitual até o término da vida útil do edifício. Isso implica na implementação de um ciclo de retroalimentação para melhorar a qualidade, minimizar erros e reduzir custos. Embora a fase de uso e ocupação seja a maior fase do ciclo de vida, o gerenciamento dos serviços de manutenção e preservação do empreendimento é negligenciado, o que resulta em sobrecustos ao longo do tempo. A eficiência dos serviços de manutenção é fundamental para a garantia de espaços adequados para as atividades da instalação.

Pesquisas relacionadas à gestão de instalações em instituições de ensino superior públicas proporcionam a disseminação de práticas de novas ferramentas voltadas para o apoio das atividades relacionadas à manutenção predial. Nesse contexto, as tecnologias emergentes desempenham um papel fundamental na redução dos custos das atividades e melhora na eficiência de serviços como reparos, reformas e monitoramento de sistemas.

A incidência de manifestações patológicas em sistemas hidrossanitários é outro ponto relevante para adoção de novas tecnologias. Parte considerável delas surge por erros e inconsistências na fase de projeto, ou por um gerenciamento de serviços de manutenção pouco eficiente na fase de operação. Isso mostra que, para a melhoria na qualidade global do empreendimento, é necessário o uso de ferramentas que representem melhor a edificação durante o ciclo de vida e deem subsídios para o gerenciamento eficiente da instalação, seja qual fase for. Observa-se que, na construção civil brasileira, ainda é comum o uso de *softwares* desatualizados, entretanto, o BIM é progressivamente incorporado às rotinas de trabalho.

A Construção Simultânea interliga as atividades de concepção, projeto, construção e operação de maneira multidisciplinar. Isso representa um rompimento do processo linear de projeto tradicional, com a sua substituição por uma abordagem colaborativa que integra pessoas, tecnologias, sistemas e práticas em um processo holístico. Esse avanço na colaboração e gestão do projeto, desde a fase inicial até a demolição, possibilita que os empreendimentos sejam projetados também considerando as necessidades das equipes de serviços de manutenção e operação.

O uso do BIM no gerenciamento da manutenção de instalações aperfeiçoa os trabalhos de manipulação das informações da edificação, através da inserção de dados de acordo com a fase

do ciclo de vida e com as mudanças que ocorrem nela. Além disso, melhora a comunicação entre equipes de monitoramento e execução das medidas corretivas, uma vez que permite a visualização e o acesso a informações de serviço de manutenção e de estado dos componentes, de forma centralizada.

O acompanhamento do desempenho de componentes nos sistemas hidrossanitários pode ser desenvolvido por meio da utilização das informações não geométricas contidas nos modelos BIM. Esse procedimento proporciona uma otimização de tempo no processo de incorporação de dados no modelo, além de viabilizar o gerenciamento do ativo por intermédio de ferramentas incorporadas no *software*, evitando a adoção de soluções improvisadas.

Isso evidencia que as informações não gráficas nos modelos BIM são tão importantes quanto às informações gráficas (ou geométricas). Ao fazer uso de parâmetros adequados, é possível criar um banco de dados que sirva de base para as diversas atividades de manutenção e que seja acessível em qualquer momento. Esse banco de dados pode ser enriquecido com uma variedade de dados que descrevem os componentes da edificação.

Embora o gerenciamento da manutenção das instalações possa ser feito em um *software* diferente, a inserção de dados dos componentes precisam ser feitas no *Revit*, visto que a modelagem foi desenvolvida nele, logo, a alteração de componentes será mais eficiente se também for feita nele. A partir da atualização do modelo, é possível exportá-lo no formato IFC e, assim, seguir com o fluxo de informações para outra plataforma BIM de gerenciamento.

Para efetuar uma integração eficaz do modelo BIM com outras tecnologias, como realidade aumentada, virtual ou mista, a consistência do modelo é crucial. Isso implica na inserção dos parâmetros apresentados. Uma estrutura de dados bem definida é essencial para assegurar que o modelo seja capaz de suportar e interagir plenamente com diversas ferramentas, de forma que seu potencial seja explorado da melhor maneira possível. Isso proporciona uma base sólida para a sinergia entre o BIM e as tecnologias complementares, resultando em uma experiência eficiente.

Com o levantamento de procedimentos para a manutenção predial e o desenvolvimento de parâmetros dentro da plataforma BIM, foi possível estabelecer uma maneira de usar o modelo BIM na etapa de uso e operação do ciclo de vida. Isso contribuiu para a criação de um banco de dados mais completo dos ambientes que foram material do estudo de caso. Os parâmetros não gráficos da plataforma BIM podem ser um artifício importante para gerenciar a manutenção

e podem ter outros usos em outras fases do ciclo de vida. Pesquisas futuras podem fazer proposições de parâmetros para assistir o processo de construção, orçamentação, reforma ou demolição.

Foi possível analisar também os desafios e benefícios de se desenvolver modelos BIM para as edificações existentes, tanto com levantamentos *in loco*, quanto com as documentações disponíveis em CAD. O modelo criado pode auxiliar o desenvolvimento de um histórico de desempenho dos componentes e das atividades recorrentes de inspeção. Em relação à documentação tradicionalmente disponível para auxiliar essas atividades, o uso do BIM representa um avanço, dado que os ambientes modelados apresentam não só a geometria dos sistemas, mas também dados não gráficos.

Observa-se que a plataforma BIM escolhida teve impacto na produção do modelo, uma vez que havia componentes para a modelagem fornecidos pelos fabricantes, além de *plugins* para o processo de desenvolvimento das redes de tubos. Isso mostra que ela atendeu ao propósito de desenvolvimento do modelo BIM dos sistemas.

O levantamento das manifestações patológicas pode ser usado como documento para futuras intervenções na instalação para a correção das falhas construtivas. As falhas ocorrem, principalmente, em acessórios e peças de utilização, justamente as partes do sistemas mais expostas. Como os ambientes têm um grande fluxo de pessoas, a correção dessas falhas pode beneficiar os usuários dos vestiários. Tais correções podem ser feitas, inclusive, usando o modelo BIM criado pelos responsáveis técnicos do gerenciamento da manutenção.

REFERÊNCIAS

- AÐALSTEINSSON, G. Ó. **Feasibility study on the application of BIM data for facility management**. 2014. Tese de Doutorado.
- AFOLABI, A. O. et al. Building designs and plumbing facilities: The implication for rising maintenance cost. **International Journal of Mechanical Engineering and Technology**, v. 9, n. 8, p. 1336-1344, 2018.
- AFZAL, M. **BIM 7D: research on applications for operations & maintenance**. 2021.
- ALAVI, H. et al. **BIM-based augmented reality for facility maintenance management**. In: EC3 Conference 2021. ETH, 2021. p. 431-438.
- ALIZADEHSALEHI, S.; HADAVI, A.; HUANG, J. C. **From BIM to extended reality in AEC industry**. Automation in Construction, v. 116, p. 103254, 2020.
- ALSHEHRI, A. R. **Quality management system for building maintenance**. 2016. Tese de Doutorado. Heriot-Watt University.
- AMORIM, S. R. L. D. **Gerenciamento e coordenação de projetos: um guia de ferramentas e boas práticas para o sucesso de empreendimentos**. Rio de Janeiro: Ltc, 2020.
- AMPOFO, J. A. et al. Stakeholders responsibilities in public SHS buildings maintenance practices in the Wa Municipality. **International Journal of Management & Entrepreneurship Research**, v. 2, n. 3, p. 109-138, 2020.
- ANDRADE, L. M. et al. Análise de patologias em instalações hidráulicas e sanitárias de edificações residenciais e comerciais. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 11, p. 109639-109658, 2021.
- ARÇARI, V. N. **Proposta para implementação de gestão da manutenção predial em uma instituição federal de ensino superior**. 2019. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia de Produção) – Instituto de Engenharia Integrada, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2019.
- ASSIS, R. D. C. T.; HIPPERT, M. A. S. A gestão da manutenção predial e sua contribuição à vida útil das edificações. **Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade**, 10(1), p. 22-29, 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13531. Elaboração de Projetos de Edificações: Atividades Técnicas**. Rio de Janeiro, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1: Edificações habitacionais — Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro, 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-6: edificações habitacionais: desempenho: requisitos para Sistemas Hidrossanitários**. Rio de Janeiro, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462: Confiabilidade e Manutenabilidade**. Rio de Janeiro, ABNT, 2020

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626: instalação predial de água fria**. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674: Manutenção de edificações - Procedimento**. Rio de Janeiro, ABNT, 2012

BAIA, D. V. S. **Uso de ferramentas BIM para o planejamento de obras da construção civil**. 2015. 99 f., il. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) – Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

BAMBIRRA, F. S. **Análise de normas técnicas e a elaboração de programa de manutenção predial**. 2019. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, 2019.

BARBOSA, A. M. S. *et al.* A gestão de facilities na manutenção de uma instituição pública. **Revista Gestão Industrial**, v. 16, n. 3, 2020.

BARBOSA, P. E. **Análise e Caracterização do Processo de Elaboração do Projeto Básico de Edificações no âmbito da Universidade Federal do Maranhão**. 2019.

BARREIRO, T. M. B. **BIM na Construção e Manutenção de um Edifício**. 2020. Tese de Doutorado. Universidade do Minho (Portugal), 2020.

BARROS, R. A. M. L. de. **Processo de projeto e fluxo de informações em BIM: estudos de caso em Florianópolis/SC**. 2018. Dissertação de Mestrado

BATISTA, K. et al. Gestão de projetos para atendimento à NBR 15575 em instalações hidrossanitárias. **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DE PROJETO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, v. 1, n. 1, p. 1251-1259, 2019.

BERSAGUI, S. H. **Avaliação do sistema de solicitações de serviços de manutenção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul**. 2016. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2016.

BILLER, R. R. N. et al. Classificação de plataformas computacionais quanto aos usos do BIM. **Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção**, v. 3, p. 1-9, 2021.

BÖES, J. S. Modelos de checklist como ferramenta no processo de inspeção predial. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE PATOLOGIAS DAS CONSTRUÇÕES**. Fortaleza. 2020.

BOTELHO, M. H. C.; JUNIOR, G. A. R. **Instalações hidráulicas prediais: utilizando tubos plásticos**. Editora Blucher, 2021.

BOTTEGA, G. S. de S. et al. Manutenção predial com ênfase em sistemas hidrossanitários: revisão sistemática da literatura. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 27, p. 435-443, 2022.

BOTTEGA, G. S. S.; PILZ, S. E.; COSTELLA, M. F. Subsídios para cumprimento dos critérios de desempenho de sistemas hidrossanitários conforme a NBR 15575-6. **Ambiente Construído**, v. 22, p. 87-104, 2022.

BRANDÃO, N. L. D. S. **Gestão da manutenção predial em instituições federais de ensino do estado de Sergipe**: proposição de diretrizes. 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2021.

BRANDÃO, N. L. S.; SANTOS, D. G. Manutenção predial em edificações públicas: um mapeamento sistemático da literatura. In: **ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, 18., 2020, Porto Alegre. Anais. Porto Alegre: ANTAC, 2020.

BRETAS, E. S. **O processo de projetos de edificações em instituições públicas: proposta de um modelo simplificado de coordenação**. 2010. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, 2010.

BRÍGITTE, G. **Parâmetros de projeto, BIM e aprendizado de máquina no suporte à decisão projetual**. 2019. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Arquitetura, Tecnologia e Cidade) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2019.

BRÖCHNER, J.; HAUGEN, T.; LINDKVIST, C. **Shaping tomorrow's facilities management. Facilities**, v. 37, n. 7/8, p. 366-380, 2019.

BS 8210:2020. **BS 8210:2020 Facilities maintenance management. Code of practice**. 2020.

CAMPESTRINI, T. F. et al. **Entendendo BIM**. Curitiba, PR, 2015.

CAO, Y.; KAMARUZZAMAN, S. N.; AZIZ, N. M. Building information modeling (BIM) capabilities in the operation and maintenance phase of green buildings: A systematic review. **Buildings**, v. 12, n. 6, p. 830, 2022.

CARDOSO, S. C. B. B. et al. **Projeto simultâneo em edificações**: uma proposta de monitoramento na Universidade Federal do Amazonas. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Faculdade de Tecnologia, Universidade Federal do Amazonas, 2017.

CARVALHO JÚNIOR, R. **Instalações Prediais Hidráulico-Sanitárias**: Princípios básicos para elaboração de projetos. Editora Blucher, 2021.

CARVALHO JÚNIOR, R. **Patologias em sistemas prediais hidráulicos-sanitários**. São Paulo, 4ª edição, Editora Blucher, 2021.

CARVALHO, C. M. H. **Building Information Modeling na manutenção predial e reformas de edificações hospitalares existentes**. 2019. 145 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Construção Metálica) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2019.

COSTA, C. D. A. **Incorporação de parâmetros de desempenho em componentes BIM para sistemas prediais hidráulicos e sanitários**. 2015. 180 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, 2015.

COSTAS, C. H. D. A., & ILHA, M. S. D. O. Componentes BIM de sistemas prediais hidráulicos e sanitários baseados em critérios de desempenho. **Ambiente Construído**, v. 17, p. 157-174, 2017.

COUTO, P. et al. **Contributo da ISO 19650-1 para a Organização e Digitalização da Informação Utilizando a Metodologia BIM**. 2020.

CRUZ, D. C. da; BRANDSTETTER, M. C. G. de O. Proposição de ferramenta de gestão pós-obra a partir dos registros de solicitação de assistência técnica. **Ambiente Construído**, v. 15, p. 243-265, 2015.

DA SILVA, G. M. **Estruturação de Informação de Manutenção em BIM**. 2020. Dissertação de mestrado. Universidade do Porto (Portugal), 2020.

DE MACEDO, N. P. **Estudo de patologias em instalações prediais de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais**. 2015. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2015.

DE MORAIS, L. S. R.; DE PAULA, H. M.; REIS, R. P. A avaliação de ocorrência de manifestações patológicas em sistemas prediais hidrossanitários nos primeiros anos de uso e operação. **Simpósio Nacional de Sistemas Prediais**, v. 2, 2021.

EL AMMARI, K.; HAMMAD, A. Remote interactive collaboration in facilities management using BIM-based mixed reality. **Automation in Construction**, v. 107, p. 102940, 2019.

FARGHALY, Karim et al. Taxonomy for BIM and asset management semantic interoperability. **Journal of Management in Engineering**, v. 34, n. 4, p. 04018012, 2018.

FERNANDES, A. S. **Gestão e Regulamentação da Manutenção de Edifícios: Análise Comparativa Brasil-Portugal**. 2021. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Coimbra, 2021.

FONSECA, A. P. D. **Análise de manifestações patológicas em residências do programa minha casa minha vida na cidade de Ipanguaçu/RN**. 2021. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas, Delmiro Gouveia, 2021.

FORTES, P. D., JARDIM, P., & FERNANDES, J. G. **Aproveitamento de água proveniente de aparelhos de ar condicionado**. XII Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. XII SEGeT. Porto Alegre/RS, 2015.

FREIRE, F. C. et al. **Comunicação integrada na coordenação de projetos BIM para construção civil**. In: XLIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Fortaleza, Brasil. 2023.

FREITAS, C. A. A. **Desenvolvimento de Protótipo de Manual de Serviço para Edifícios Reabilitados**. 2017. (Dissertação). FEUP, Porto, Portugal.

GAO, X.; PISHDAD-BOZORGI, P. BIM-enabled facilities operation and maintenance: A review. **Advanced engineering informatics**, v. 39, p. 227-247, 2019.

GARCIA, A. *et al.* Aplicação de gêmeos digitais na indústria da construção: estado da arte. **Anais-ptBIM 2022**, 2022.

GASPAR, J. A. M. **O significado atribuído a BIM ao longo do tempo**. 2019. Dissertação de Mestrado. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo: Campinas, SP.

GASPAR, J. A. M.; RUSCHEL, R. C. **A evolução do significado atribuído ao acrônimo BIM: Uma perspectiva no tempo**. In: XXI Congreso Internacional de la Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital, Concepción, Chile. 2017. p. 423-430. Disponível em: <https://doi.org/10.5151/sigradi2017-067>. Acesso em: 3 jul. 2020.

GHAFFARIANHOSEINI, Ali et al. Building Information Modelling (BIM) uptake: Clear benefits, understanding its implementation, risks and challenges. **Renewable and sustainable energy reviews**, v. 75, p. 1046-1053, 2017.

GHOLAMI, Y.; LINDEGÅRD, L. **As-built information Essential information every facility manager is looking for**. Master's Thesis, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden, 2018.

GRAZINA, C. E. **Valorização da participação da engenharia de produção no projeto simultâneo de empresa construtora-incorporadora**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2016.

GROLLI, J. et al. Análise das periodicidades de manutenção predial nos sistemas elétrico e hidrossanitário. **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO**, v. 12, p. 1-8, 2021.

ISMAIL, Z. et al. BIM technologies applications in IBS building maintenance. **Journal Teknologi**, v. 74, n. 3, p. 69-76, 2015.

ISO 41001:2018 **Facility management management - systems requirements with guidance for use**. 2018.

ISO 41011:2017 **Facility management — Vocabulary, International Organization for Standardization**. 2017

JOVANOVIČS, C. T.; MOUNZER, E. C. Evolução tecnológica do desenvolvimento de projetos nos setores de engenharia civil e arquitetura. Technological evolution of project

development in the sectors of civil engineering and architecture. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 8, p. 77089-77111, 2021.

KAMBLE, S. G.; KUMTHEKAR, M. B. Problem Associated with Plumbing and its Maintenance. **International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)**, v. 4, n. 4, p. 324-329, 2015.

KANASHIRO, A. M. T.; MISTRONI, M. S.; MUNHOZ, F. C. Automatização de Checklist de Inspeção Predial. **Environmental Science & Technology Innovation - ISSN**, 2965-1158, v. 1, n. 02, 2022.

KLUNGSETH, N. J. et al. **Research and Evidence-based standards: Research and standards in combined efforts for a sustainable transformation of the built environment**. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2022. p. 062039.

LAVY, S.; JAWADEKAR, S. A case study of using BIM and COBie for facility management. **International Journal of Facility Management**, v. 5, n. 2, p. 13-27, 2014.

LEAL, C. M. S.; SANTOS, M. L. **Práticas sustentáveis: manutenção preventiva das instalações hidrossanitárias do projeto escola em sustentabilidade Divino Mestre**. 2018.

LEMOS, L. G. Z. **Instalações hidráulicas prediais de um edifício de habitação unifamiliar: Estudo comparativo entre o regulamento português, as normas europeias e as normas brasileiras**. 2021. Dissertação (Mestrado) – Instituto Politécnico de Bragança (Portugal), 2021.

LEUSIN, S. R. **Gerenciamento e coordenação de projetos BIM: um guia de ferramentas e boas práticas para o sucesso de empreendimentos**. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2018. E-book. ISBN 9788595153820.

LIMA, C. F. M. **Gestão do Processo de Projetos Hidrossanitários**. 2016. 292f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, 2016.

LIMA, Luciana de Oliveira et al. **Análise de modelos de maturidade para medição da implementação do building information modeling (BIM)**. 2019. Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2019.

LIU, R.; ISSA, R. R. A. **BIM for facility management: Design for maintainability with BIM tools**. In: ISARC. Proceedings of the International Symposium on Automation and Robotics in Construction. IAARC Publications, 2013. p. 1.

LIU, R.; ISSA, R. R.. Design for maintenance accessibility using BIM tools. **Facilities**, v. 32, n. 3/4, p. 153-159, 2014.

LOPES, T. J. C. V. **Modelação BIM de redes prediais de drenagem adaptada ao processo de licenciamento de edifícios**. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2020.

LV, Z.; CHEN, D.; LV. Smart city construction and management by digital twins and BIM big data in COVID-19 scenario. **ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications (TOMM)**, v. 18, n. 2, p. 1-21, 2022.

MASANIA, Lokesh. **Evaluation of BIM-COBie data for facility management**. 2015. Master thesis, University of Washington, 2015.

MONTIEL-SANTIAGO, F. J.; HERMOSO-ORZÁEZ, M. J.; TERRADOS-CEPEDA, J. Sustainability and energy efficiency: BIM 6D. Study of the BIM methodology applied to hospital buildings. Value of interior lighting and daylight in energy simulation. **Sustainability**, v. 12, n. 14, p. 5731, 2020.

MOTAMEDI, A.; HAMMAD, A.; ASEN, Y. Knowledge-assisted BIM-based visual analytics for failure root cause detection in facilities management. **Automation in construction**, v. 43, p. 73-83, 2014.

NHAMAGE, I. et al. **Desenvolvimento do Modelo de Gêmeo Digital baseado no BIM para Avaliação de Fadiga em Pontes Metálicas Ferroviárias**. In: 10º CRP-Congresso Rodoferroviário Português. 2022.

NICAŁ, A. K.; WODYŃSKI, W. Enhancing facility management through BIM 6D. **Procedia engineering**, v. 164, p. 299-306, 2016.

OPOKU, D. J. et al. Digital twin application in the construction industry: A literature review. **Journal of Building Engineering**, v. 40, p. 102726, 2021.

OTONI, A. I.; FERREIRA, B. O.; LIMA, J. **Inspeção Predial na Prática: Guia prático de inspeção predial para quem quer começar do zero**. 1. ed. Minas Gerais Editora: Realizar Eng. & Cons. Ltda. 2019.

PÄRN, E. A.; EDWARDS, D. J.; SING, M. C. P. The Building Information Modelling trajectory in facilities management: A review. **Automation In Construction**, [s.l.], v. 75, p.45-55, mar. 2017.

PÄRN, Erika A.; EDWARDS, David J.; SING, Michael CP. The building information modeling trajectory in facilities management: A review. **Automation In Construction**, v. 75, p. 45-55, 2017.

PEDROSO, Vitor M. R. **Manual dos Sistemas Prediais de Distribuição e Drenagem de Águas**. 3. ed. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2016.

PEREIRA, A. P. C. **Modelagem da informação da construção na fase de projeto: uma proposta de plano de execução BIM para a SUMAI/UFBA**. 2017. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2017.

PESTANA, A. M. A. de T. **Aplicação de BIM 7D e realidade aumentada em Facility Management**. 2019. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.

RAMOS, H. R. et al. **Manutenção de sistemas hidráulicos prediais: manual de intervenção preventiva**. 2010. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2010.

RESENDE, R. P. et al. Digital twins para sustentabilidade e gestão de acidentes. **Digital twins para sustentabilidade e gestão de acidentes**, p. 785-795, 2020.

RUPHAEL, S. K. **Sinergia BIM-Lean Construction: uma análise de visões de profissionais sobre processos da construção civil**. 2022. Dissertação (Mestrado em Engenharia das Construções) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2022.

SACKS, R. et al. **Manual de BIM: Um Guia de Modelagem da Informação da Construção Para Arquitetos, Engenheiros, Gerentes, Construtores e Incorporadores**. Bookman Editora, 2021.

SALVIANO, F. K.; SOUZA NETO, A. M. de. **As built em empreendimento industrial: estudo de caso das divergências entre o projeto executivo e o realizado em campo**. Anais do IV Simpósio de Engenharia de Produção - ISSN: 2318-9258, RECIFE/PE - FBV - 21 a 23 de abril de 2016.

SAMPAIO, A. Z. BIM as a computer-aided design methodology in civil engineering. **Journal of software engineering and applications**, v. 10, n. 2, p. 194-210, 2017.

SAMPAIO, A. Z.; SIMÕES, D. Maintenance of Buildings Using BIM Methodology. **The Open Construction and Building Technology Journal**, v.8, p. 337-342, 2014.

SANCHES, S. H. **Aplicação da metodologia BIM na gestão de edifícios: caso de estudo do edifício da Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Ecoville**. 2022. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção e Reabilitação) – Escola Superior da Tecnologia de Viseu, Politécnico de Viseu, 2022.

SANTOS, K. **Gestão da manutenção de edificações com o BIM. Enfoque nas manifestações patológicas de elementos de construção**. 2017. 203p. 2017. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2017.

SANTOS, L. G. S. et al. **Avaliação da manutenção predial em instituições federais de educação superior: um estudo de caso**. 2021. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Sócio-Econômico, Programa de Pós-Graduação em Administração Universitária, Florianópolis, 2021.

SAVARKAR, M. V.; SHENDE, T. G.; BOBDE, M. N. Review on Effect of Plumbing System in Construction. **International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)**, ISSN: 2321-9653; IC Value: 45.98; SJ Impact Factor: 7.538, v. 11, Issue I, Jan. 2023.

SCHÖNFELDER, P. et al. Automating the retrospective generation of As-is BIM models using machine learning. **Automation in Construction**, v. 152, p. 104937, 2023.

SILVA FILHO, W. B. da. **Modelo de implementação de BIM aplicado a projetos de sistemas prediais**. 2018. 205 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro de

Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

SILVA, A. S. **Plano de negócio: gestão da manutenção predial em redes bancárias de Curitiba (PR)**. 2014. 81 f. Monografia (Especialização em gerência de manutenção). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

SILVA, G. M. **Estruturação de Informação de Manutenção em BIM**. 2020. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2020.

SILVA, R. R. D. S. FERREIRA, S. L. **Contribuição do Building Information Modeling ao facilities management em instituições de ensino superior**. 2020.

SMITH, P. BIM & the 5D project cost manager. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 119, p. 475-484, 2014.

SOLIMAN, K. et al. **BIM-based facility management models for existing buildings**. J. Eng. Res., vol. 10, no. 1A, pp. 21–37, 2021.

SOUSA, G. J. D. B. **Implementação BIM no contexto de inspeção e gestão da manutenção de Obras de Arte em betão armado: proposta de metodologia e aplicação piloto**. 2017. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia, Universidade do Ninho, 2017.

SOUZA, F. R. **A gestão do processo de projeto em empresas incorporadoras e construtoras**. 2016. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

SOUZA, R. R. D. **Contribuição do Building Information Modeling ao facilities management em instituições de ensino superior**. 2020. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

SUCCAR, B.; KASSEM, M. Macro-BIM adoption: Conceptual structures. **Automation in construction**, v. 57, p. 64-79, 2015.

TIJANI, B.; JIN, X.; OSEI-KYEI, R. Effect of project organization elements on the mental health of project management practitioner in AEC projects. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 31, n. 1, p. 73-114, 2024.

TOURINHO, A. C. C. et al. O processo de consolidação e expansão do Campus da Universidade Federal de Juiz de Fora: reflexões sobre o REUNI e seus impactos nas transformações da paisagem do campus e seu entorno imediato. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 13, 2021.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO. **Plano Básico de Manutenção Predial**. Recife, 2021.

VERZOLA, S. N.; MARCHIORI, F. F.; ARAGON, J. O. Proposta de lista de verificação para inspeção predial x urgência das manutenções. **Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, v. 15, p. 1226-1235, 2014.

VIEIRA, P. C. C. **Patologias em instalações hidro-sanitárias de edifícios residenciais na zona centro-sul de Manaus (AM): diagnóstico e terapia.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2016.

VOLK, R.; STENGEL, J.; SCHULTMANN, F. Building Information Modeling (BIM) for existing buildings—Literature review and future needs. **Automation in construction**, v. 38, p. 109-127, 2014.

WANG, W. et al. BIM information integration based VR modeling in digital twins in industry 5.0. **Journal of Industrial Information Integration**, v. 28, p. 100351, 2022.

WONG, J. K. W.; GE, J.; HE, S. X. Digitisation in facilities management: A literature review and future research directions. **Automation in Construction**, v. 92, p. 312-326, 2018.

APÉNDICE 01

