UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

METODOLOGIA BIM APLICADA À GESTÃO DA MANUTENÇÃO DO PATRIMÔNIO CONSTRUÍDO

HEBERT MARTINS PIRES

ORIENTADOR: LEONARDO DA SILVEIRA PIRILLO

INOJOSA

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL EM ENGENHARIA CIVIL

BRASÍLIA/DF:FEVEREIRO/2023

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

METODOLOGIA BIM APLICADA À GESTÃO DA MANUTENÇÃO DO PATRIMÔNIO CONSTRUÍDO

HEBERT MARTINS PIRES

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.

APROVADA POR:

_____

LEONARDO DA SILVEIRA PIRILLO INOJOSA, Dsc. (ENC/UNB)
(ORIENTADOR)

_____

MICHELE TEREZA MARQUES CARVALHO, DSc. (ENC/UNB)
(EXAMINADORA INTERNA)

_____

FÉLIX ALVES DA SILVA JÚNIOR, DSc. (ENC/UNB)
(EXAMINADOR INTERNO)

DATA: BRASÍLIA/DF, 17 DE FEVEREIRO DE 2023.

FICHA CATALOGRÁFICA

PIRES, HEBERT MARTINS
Metodologia BIM Aplicada à Gestão Da Manutenção Do Patrimônio Construído.

vi, 79 p., 297 mm (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Civil, 2022)
Monografia de Projeto Final – Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia.
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.
1. BIM 2. MANUTENÇÃO PREDIAL
3. PATRIMONIO CONSTRUÍDO 4. INSPEÇÃO PREDIAL
I. ENC/FT/UnB II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

PIRES, Hebert Martins. Metodologia BIM Aplicada à Gestão Da Manutenção Do Patrimônio Construído. Orientador: Leonardo da Silveira Pirillo Inojosa. 2023. 79 f. v. 1, TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamental de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, 2023.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Hebert Martins Pires
TÍTULO DA MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL: Metodologia BIM aplicada à gestão da manutenção do patrimônio construído.
GRAU / ANO: Bacharel em Engenharia Civil / 2022

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta monografia de Projeto Final e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de Projeto Final pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Hebert Martins Pires
hebertmartins.unb@gmail.com
Qd 8. Cj E – Varjão
71555–205 Brasília/DF – Brasil

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer em primeiro lugar à minha mãe, Jueli Oliveira Martins, por seu constante apoio e suporte que foram fundamentais para chegar até aqui.

A Fauane Cirqueira de Souza, pelo incentivo e apoio incansável, bem como pela leitura crítica do meu trabalho.

A todos os professores que contribuíram para a minha formação e para o desenvolvimento de minha paixão pela área, especialmente ao meu orientador, Prof. Dr. Leonardo da Silveira Pirillo Inojosa.

A todos os meus amigos e colegas que me ajudaram na realização das medições em campo.

Por fim, agradeço à Universidade de Brasília, ao Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, e a todas as empresas onde estagiei, pelos conhecimentos e ferramentas valiosos que me permitiram aprender e crescer.

RESUMO

A conscientização acerca da importância da gestão de operação e manutenção e do seu impacto financeiro no ciclo de vida de uma edificação tem alterado a visão da indústria da construção civil, que historicamente priorizava as fases de projeto e construção em detrimento da fase de operação.

A metodologia Building Information Modelling (BIM) está sendo amplamente disseminada e pode ser definida como um processo que desenvolve um modelo virtual tridimensional de um edifício, associando a esse modelo uma grande quantidade de dados e informações, possibilitando maior comunicação entre equipes, exatidão e controle. A importância de armazenar e organizar informações sobre uma edificação, seus sistemas construtivos e seu histórico de patologias e intervenções para uma boa gestão de um ativo imobiliário demonstra o grande potencial da tecnologia BIM aplicada na gestão da manutenção.

Contudo, apesar das possíveis vantagens do uso do BIM na gestão de manutenção, ainda há uma escassez de estudos nessa área e sua aplicação ainda é direcionada para as fases de concepção, projeto e construção. O presente trabalho tem como objetivo suprir essas lacunas e analisar o potencial do BIM na gestão de manutenção predial, realizando um estudo mais aprofundado sobre métodos de gestão de componentes construtivos com o auxílio da tecnologia BIM já empregados, e, por fim, propor uma metodologia de gestão inteligente e contínua da manutenção de edificações, com o suporte da plataforma BIM. A metodologia será aplicada em um estudo de caso de uma edificação construída e seus resultados serão analisados.

O presente trabalho apresenta uma abordagem para a gestão de manutenção de edifícios com o uso do Building Information Modeling (BIM), focando em patologias nas estruturas construtivas por meio da integração de modelos virtuais em 3D com bancos de dados de patologias, possibilitando o diagnóstico e reparo de elementos com anomalias.

Por meio de um estudo de caso foi possível comprovar a efetividade do método, proporcionando benefícios como identificação e análise de patologias diretamente no modelo tridimensional da edificação, centralização de informações e agilidade no processo de gestão de manutenções.

Palavras-chave: BIM, gestão de manutenção, as built, patologias.

ABSTRACT

Awareness about the importance of operation and maintenance management and its financial impact on the life cycle of a building has been changing the perspective of the construction industry, which historically tended to prioritize the design and construction phases over the operation phase.

The Building Information Modeling (BIM) methodology is being widely disseminated and can be defined as a process that develops a three-dimensional virtual model of a building, associating a large amount of data and information to this model, enabling greater communication between teams, accuracy, and control. The importance of storing and organizing information about a building, its construction systems, and its history of pathologies and interventions for good management of a real estate asset demonstrates the great potential of BIM technology applied to maintenance management.

However, despite the possible advantages of using BIM in maintenance management, there is still a scarcity of studies in this area and its application is still directed towards the conception, design, and construction phases. The present work aims to fill these gaps and analyze the potential of BIM in building maintenance management, carrying out a more in-depth study on methods of managing construction components with the help of BIM technology that have already been employed, and finally proposing an intelligent and continuous methodology for building maintenance management, with the support of the BIM platform. The methodology will be applied to a case study of a constructed building, and its results will be analyzed.

This paper presents an approach for building maintenance management using Building Information Modeling (BIM), focusing on pathologies in construction structures through the integration of 3D virtual models with pathology databases, enabling the diagnosis and repair of elements with anomalies.

Through a case study, the effectiveness of the method was proven, providing benefits such as identification and analysis of pathologies directly in the three-dimensional model of the building, centralization of information, and agility in the maintenance management process.

Keywords: BIM, maintenance management, as built, pathologies.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO E MOTIVAÇÃO 7

2. OBJETIVOS 9

2.1. OBJETIVO GERAL 9

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 9

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 10

3.1. BIM 10

3.1.1. BIM e Edificações Existentes 11

3.1.2. BIM 7D 13

3.1.3. Modelo BIM As-Built 15

3.2. MANUTENÇÃO 19

3.2.1. Manutenção de Edificações 19

3.2.2. Tipos de Manutenção 20

3.2.3. Métodos de Gestão da Manutenção com suporte BIM 22

4. METODOLOGIA 35

4.1. DEFINIÇÃO DA EDIFICAÇÃO DO ESTUDO DE CASO 35

4.2. MÉTODO ADOTADO PARA ANÁLISE DO GRAU DAS PATOLOGIAS 38

4.2.1. Método GUT 38

4.3. ESCOLHA DOS SOFTWARES E FERRAMENTAS 40

4.3.1. Autodesk Revit 40

4.3.2. Dynamo 41

4.3.3. Microsoft Excel 41

4.3.4. VBA 42

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES 43

5.1. DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO DE INSPEÇÃO PREDIAL E BANCO DE DADOS DE PATOLOGIAS 43

5.2. INSPEÇÃO PREDIAL REALIZADA NA EDIFICAÇÃO DE ESTUDO DE CASO 45

5.2.1. Inspeção de patologias 45

5.2.2. Levantamento de informações para modelo as built 52

5.3. MODELAGEM DA EDIFICAÇÃO 53

5.3.1. Planejamento de modelagem 53
5.3.2. Modelagem 54
5.4. ASSOCIAÇÃO DO BANCO DE DADOS COM O MODELO 3D 58
5.4.1 Visualização das fichas de inspeção 59
5.4.2. Visualização de bando de dados em formato planilha 62
5.4.3. Identificação dos dados de inspeção nós elementos do modelo 64
5.5 MÉTODO DE GESTÃO DE MANUTENÇÃO PROPOSTO 66
6. CONCLUSÕES 68
6.2. RESULTADOS ALCANÇADOS FRENTE AOS OBJETIVOS PROPOSTOS 68
6.1. LIMITAÇÕES 68
6.2. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS 69
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 70

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Custos totais de um edifício 12
Figura 2 - Dimensões do BIM 14
Figura 3 - BIM 7D - Facility Management 15
Figura 4 – As built tradicional 17
Figura 5 - Ferramenta de Laser Scanner 18
Figura 6 - Exemplo de imagem aérea 3d importada no Autodesk Recap 19
Figura 7 - Recuperação de desempenho por ações de manutenção 20
Figura 8 - Tipos de manutenção de edifícios e seu impacto no desempenho 22
Figura 9 – Sequência de software utilizados pelos autores 23
Figura 10 – Interface da folha de inspeção 24
Figura 11 – Subelementos disponíveis ao escolher o elemento e as listas de anomalias disponíveis de acordo com o elemento e subelemento escolhido 25
Figura 12 – Interface do formulário de inspeção preenchido 26
Figura 13 – Classificação de anomalias, características, causas e metodologia de reparação relacionadas com paredes pintadas 26
Figura 14 – Interface do Navisworks e problema de privação de cor no Formato IFC 27
Figura 15 – Folha de Cálculo Referente Tipos de Componentes 29
Figura 16 – Folha de Cálculo Referente aos Componentes 30
Figura 17 – Modelo Final do Edifício 30
Figura 18 – Integração entre FMN e BIM 31
Figura 19 – Interface de rastreamento de ativos 32
Figura 20 - Método de gestão da manutenção com auxílio do BIM proposto por Santos 33
Figura 21 - Relação dos checklists desenvolvidos para cada sistema construtivo da edificação 34
Figura 22 - Registro fotográfico lateral e frontal da edificação 36
Figura 23 - Registro fotográfico frontal da edificação 36
Figura 24 - Registro fotográfico lateral da edificação 37
Figura 25 - Registro fotográfico do interior da edificação 37
Figura 26 - Planta baixa original 38
Figura 27 - Desenvolvimento da ficha de inspeção 44

Figura 28 - Exemplo de banco de dados gerado 44
Figura 29 - Interface do aplicativo 45
Figura 30 - Tablet com ficha de inspeção a ser preenchida 46
Figura 31- Fiação exposta no galpão de cargas 47
Figura 32 - Aparelhos de controle de climatização com defeito 47
Figura 33 - Lâmpada do banheiro do estoque sem funcionamento 48
Figura 34 - Infiltração em parede interna do estoque 48
Figura 35 - Fiação exposta e lâmpada sem funcionamento na lateral da edificação ... 49
Figura 36 - Fiação exposta no banheiro da guarita 49
Figura 37 - Banco de dados de patologias gerado 50
Figura 38 - Gráfico de análise de anomalias pelo método GUT 51
Figura 39 - Exemplo de preenchimento de ficha 52
Figura 40 - Exemplo de preenchimento do banco de dados 52
Figura 41 - Estrutura de paredes de alvenaria 55
Figura 42 - Estrutura de paredes de drywall 55
Figura 43 - Vista isométrica do modelo tridimensional 57
Figura 44 - Vista isométrica com corte de cobertura 57
Figura 45 - Corte lateral da área administrativa 58
Figura 46 - Corte frontal da área administrativa 58
Figura 47 - Blocos de seleção de arquivo 59
Figura 48 - Bloco de parâmetros e tratamento de dados 60
Figura 49 - Blocos de visualização de fichas 61
Figura 50 - Estrutura do código desenvolvido em Dynamo 62
Figura 51 - Interface do TableGen 62
Figura 52 - Localização do banco de dados dentro do modelo 63
Figura 53 - Visualização do banco de dados em formato planilha pelo Revit 63
Figura 54 - Atribuição das fotografias aos elementos do modelo 64
Figura 55 - Atribuição dos dados de anomalias aos elementos do modelo 64
Figura 56 - Fluxograma de processos para o método proposto 66

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação da Manutenção de Edifícios..... 21
Quadro 2 – Indicadores de desempenho de Shohet..... 29
Quadro 3 - Classificação GUT..... 39

LISTA DE ABREVIAÇÕES, SIGLAS E SÍMBOLOS

3D	Tridimensional
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CAD	Computer Aided Design
CBIQ	Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras
GUT	Gravidade, Urgência e Tendência
IFC	Industry Foundation Classes
NBR	Normas Brasileiras

1. INTRODUÇÃO E MOTIVAÇÃO

Historicamente, a indústria da construção civil sempre teve uma mentalidade predominante que considerava a fase de construção da edificação como tendo o maior, e às vezes único, gasto relevante no processo construtivo (Soares, 2013). Entretanto, uma abordagem mais atual percebe que a fase de construção representa apenas uma parcela reduzida do custo total do empreendimento, quando consideramos todo o seu ciclo de vida.

A falta de compreensão do que significa o ciclo de vida de um edifício gerou a cultura de que a redução de custos durante a fase de execução da obra, muitas vezes optando por soluções de qualidade notoriamente inferior para reduzir os custos, era a prioridade dos gestores e proprietários no que diz respeito à economia de um empreendimento. No entanto, essa escolha impacta diretamente o funcionamento da edificação, aumentando significativamente os custos que a operação e manutenção representam para o custo total do ciclo de vida do edifício.

No longo prazo, as fases de manutenção e operação de um empreendimento sempre apresentam custos maiores do que as fases de elaboração de projetos e execução de obras. Considerando uma edificação de 60 anos, o custo de manutenção e operação corresponde a cerca de 80% dos custos totais do edifício, enquanto apenas 20% dos custos totais são gastos nas fases de construção e projeto (Carvalho, 2016). Assim, é imprescindível que os processos e métodos empregados na gestão da manutenção sejam aperfeiçoados para reduzir custos e garantir que a edificação mantenha por mais tempo o grau de desempenho estabelecido em projeto, prolongando sua vida útil.

A manutenção predial está ligada diretamente a ações realizadas ao longo da sua vida útil, visando a conservação tanto das suas características primárias quanto do seu valor patrimonial edificável. Para que todas as funções da edificação sejam preservadas, é necessário que ela receba as devidas intervenções ao longo do tempo.

A degradação precoce das edificações e a consequente redução de desempenho podem ser atribuídas à baixa qualidade dos materiais de construção, problemas de projeto e execução, e, principalmente, à falta de gestão adequada de manutenção (POSSAN & DEMOLINER, 2013).

Para uma gestão de manutenção adequada, é necessário obter e organizar dados precisos sobre as condições da construção ao longo de sua vida útil. Isso significa que os dados devem estar disponíveis, uniformes e ordenados. A metodologia BIM pode ser bem aproveitada para tal (Dukić, Trivunić e Starčev-Ćurčin, 2013).

A Modelagem da Informação da Construção (Building Information Modeling), ou BIM, é um dos mais promissores desenvolvimentos na indústria relacionado à arquitetura e engenharia. Com o BIM, um modelo virtual de uma edificação é construído digitalmente, incorporando as funções necessárias para modelar o ciclo de vida da construção (EASTMAN et al., 2021).

Portanto, o Building Information Modeling (BIM) é uma ferramenta que tem se mostrado favorável nas fases de elaboração de projetos multidisciplinares e também pode ser aplicada em edificações em pleno uso. O BIM funciona como um banco de dados visual 3D para

armazenar, organizar e trocar informações sobre o desempenho das edificações, registrando o processo histórico de deterioração e melhorando as práticas de manutenção preventiva para diminuir a degradação do patrimônio.

Em situações em que não foram utilizados modelos BIM durante o projeto das edificações, mas existe a preocupação com a preservação patrimonial posteriormente, torna-se necessário recorrer à engenharia reversa. Nesses casos, para se obter uma gestão de manutenção eficiente, é necessário realizar um esforço amplo de busca de dados ao longo do ciclo de vida da edificação, bem como análises específicas nos componentes que necessitam de intervenção de manutenção.

Apesar das possíveis vantagens do uso do BIM na gestão de manutenção, segundo Eastman et al.(2014), as aplicações do BIM normalmente ainda estão limitadas às fases de concepção, projeto e construção da edificação. Dessa forma, vem o questionamento de como disseminar o uso do BIM no controle de manutenção, uma vez que, estamos numa fase em que os projetos se tornaram cada vez mais complexos e oneroso.

Nesse contexto, a presente pesquisa justifica-se por aprofundar o método de gestão dos componentes construtivos por meio da tecnologia BIM, visando criar uma metodologia de manutenção inteligente e continuada capaz de otimizar os recursos gastos na operação de edificações existentes. Além disso, a pesquisa busca suprir a lacuna na literatura em relação ao uso do BIM na análise de manifestações de patologias em sistemas construtivos, uma vez que a maior parte dos métodos apresentados na literatura está voltada para o uso do BIM na concepção do projeto e execução da obra.

O presente trabalho apresenta uma abordagem que visa comprovar a viabilidade do uso do Building Information Modeling (BIM) na gestão de manutenção de edifícios, com foco em patologias nas estruturas construtivas. A metodologia proposta envolve a padronização dos dados colhidos por meio de uma ficha de inspeção e a integração de modelos virtuais em 3D com bancos de dados de patologias relacionadas ao edifício, facilitando o diagnóstico e reparo de elementos com anomalias. O estudo de caso realizado demonstrou que o método proposto proporciona diversos benefícios, como a identificação e análise de patologias diretamente no modelo tridimensional da edificação, a centralização de informações e a agilidade no processo de gestão de manutenções.

Apesar dos resultados promissores, a aplicação do método apresentado no trabalho encontra certas limitações. Uma das mais relevantes é a baixa adoção do BIM em edificações existentes, principalmente as mais antigas, o que acarreta um investimento de tempo, dinheiro e mão de obra especializada para o desenvolvimento de um modelo tridimensional paramétrico. Além disso, a aplicação do BIM a uma gestão de manutenção de edificações existentes seria um processo longo e custoso, considerando a aquisição de softwares e capacitação da equipe responsável.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Demonstrar a aplicabilidade do Building Information Modeling (BIM) na gestão de manutenção de edifícios, com foco em patologias nas estruturas construtivas

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar um modelo virtual tridimensional da edificação estudada com enfoque em sua utilização na gestão de manutenções.
- Elaborar um modelo de banco de dados para receber informações relativas as patologias de uma edificação;
- Elaborar um método de inspeção predial com suporte de um aplicativo de inspeção predial, padronizando a coleta de dados referentes às patologias nas estruturas construtivas.
- Propor um método de associação paramétrica do modelo 3D da edificação com o banco de dados de patologias;
- Desenvolver um sistema que organize informações sobre os diferentes tipos de manifestações patológicas detectadas nos sistemas construtivos de uma edificação, incluindo a descrição das causas, do processo de degradação e dos métodos recomendados para recuperação, reparo ou substituição.
- Analisar como o modelo BIM pode ser empregado no mapeamento de patologias e na gestão de manutenção de edifícios.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. BIM

Buildind Information Modeling (BIM) é definido como um conjunto de políticas, processos e tecnologias combinadas em uma metodologia de gerenciamento do ciclo de vida de uma edificação. A metodologia BIM possibilita a modelagem, armazenamento, troca e organização de diversos grupos de informação a cerca de uma edificação, gerando uma representação digital das características físicas de uma instalação, também referenciado como modelo, que está associado a um banco de dados (CBIC, 2016).

Através de bancos de dados, geométrico ou não geométricos, o BIM permite a manutenção e aplicação do modelo digital que representa todas as informações da construção em suas diversas fases (GU; LONDON, 2010)

Analogamente, Chuck Eastman (2008) descreveu BIM como um processo que desenvolve um modelo virtual de um edifício, atrelando a esse modelo uma grande quantidade de informações relevantes, não apenas para sua construção, como para sua manutenção e operação. Desde forma, o projeto será executado de maneira colaborativa e não dividido entras as diferentes disciplinas envolvidas em um projeto de construção civil. Tal colaboração possibilita uma fácil detecção de erros e uma resposta rápida a eles (Chuck Eastman, 2008).

A metodologia BIM busca possibilitar uma boa gestão ao empreendimento e é de senso comum que uma boa gestão só pode ser alcançada com a qualidade e organização da informação a ela atribuída. Desde forma, o BIM atua como um meio de criar, compartilhar e gerir informações para que os agentes envolvidos em um empreendimento possam atender aos seus objetivos. (ABNT, 2018)

Essa nova maneira de representar uma edificação também marca a engenharia simultânea. Baseada na execução de tarefas em paralelo e na troca de informação de forma, com suporte da Tecnologia da Informação, constante e eficaz entre todos os profissionais envolvidos nas diversas disciplinas que abrangem o projeto, construção, manutenção de uma edificação. (CHECUCCI, 2011).

Podemos dizer que o BIM trabalha com parametrização de elementos. Quando se altera um parâmetro associado a um elemento, todos os demais elementos que compõe o desenho são automaticamente ajustados. Isso possibilita que os arquiteto e engenheiros explore alternativas diversificadas, já que o modelo é interativo, possibilitando a visualização de diferentes soluções e auxiliando a tomada de decisão (OLIVEIRA; FABRÍCIO, 2009)

O BIM compreende um ambiente gráfico tridimensional e paramétrico e um processo colaborativo e interligado aplicados na execução de atividades relacionadas ao ciclo de vida de uma edificação. Desde o estudo de viabilidade, o projeto, o planejamento e orçamentação, a construção, a operação e manutenção, até a demolição ou a requalificação.
A integração entre essas fases e a maior comunicação entre os agentes envolvidos contribuem para um melhor gerenciamento das atividades, possibilitando a redução de custos, a diminuição de conflitos entre sistemas e a antecipação de problemas (CHECUCCI, 2014).

Apesar de existirem compreensões diversas acerca do conceito BIM e esses entendimentos dependerem da posição de cada profissional da indústria de construção, é de entendimento geral que o BIM é um processo que combina informação e tecnologia de forma a criar uma representação digital do projeto, a qual foi atribuída dados provenientes de diversas fontes, que evoluem em paralelo com o projeto real e está em constante atualização (Kjartansdóttir et al., 2017).

3.1.1. BIM e Edificações Existentes

3.1.1.1. Ciclo de vida de um empreendimento

Segundo Silva e Couto (2020), o ciclo de vida de uma edificação compreende todos os momentos da sua existência. Organizada em quatro etapas sequenciais:

1. Concepção e projeto;
2. Execução da obra;
3. Uso e operação;
4. Fim da vida útil;

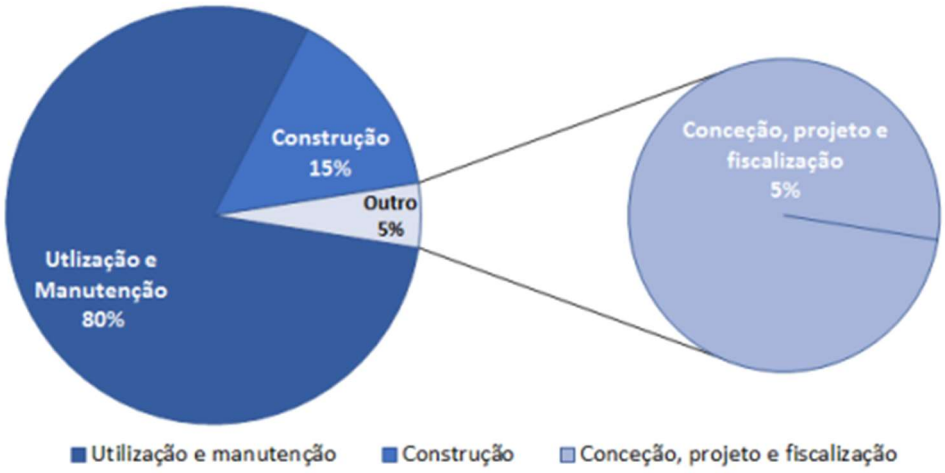
A fase de projeto é uma das principais etapas do processo construtivo. Nela, todas as decisões tomadas terão consequências de ordem financeira, prazo e qualitativas no momento da obra. O projeto direciona e determina como, quando e por quem as operações serão executadas. As definições adotadas no projeto irão impactar, positiva ou negativamente, em todas as etapas seguintes da vida útil da edificação projetada.

Na fase de execução da obra, as definições estabelecidas no projeto e as delimitações propostas no planeamento são realizadas. Nessa fase, o monitoramento e fiscalização adequadas da obra são imprescindíveis para evitar erros, desperdícios e retrabalhos, de modo a reduzir os riscos e os custos do projeto.

A utilização da construção é a etapa mais prolongada do ciclo de vida da edificação. Ela compreende todo período desde a entrega da obra até sua demolição. Considerando uma vida útil de 50 anos, tempo mínimo estabelecido para vida útil de uma estrutura pela NBR 15575, e um tempo de projeto, planejamento e execução de obra de 2 anos, podemos observar que a fase construtiva e de projeto correspondeu a 4% do ciclo de vida do edifício e a fase de utilização correspondeu a 96%. Com isso em vista, entendemos que a fase de utilização das edificações necessitará de diversos mecanismos de modo a permitir que a condição inicial de uso seja mantida ao longo dos anos.

No âmbito financeiro, Carvalho (2016) aponta que, considerando uma edificação de 60 anos, o custo de manutenção e operação correspondem a cerca de 80% dos custos totais de um edifício. Sendo que apenas 20% dos custos totais são gastos nas fases de construção e projeto, como representa o gráfico da Figura 1.

Figura 1 - Custos totais de um edifício



Fonte: Carvalho (2016)

A NBR15575 - Requisitos de desempenho de edificações habitacionais e suas referências (ABNT, 2021) define vida útil como o período em que um edifício e/ou seus sistemas conseguem atender as atividades pelas quais foram projetados e construídos, considerando a periodicidade e a correta execução dos processos de manutenção especificados no respectivo manual de uso, operação e manutenção.

Como visto anteriormente, o BIM se aplica a todo o ciclo de vida de uma edificação ou instalação. Desde o primeiro esbouço e conceituação do empreendimento, passando pelo desenvolvimento do projeto e a obra, até o pós-obra, com a edificação entregue, ocupada e funcional (ABDI, 2017b).

Esse trabalho tem como um de seus objetivos estudar especificamente a aplicação de metodologias BIM as fases de manutenção e operação.

Nesse contexto, no que diz respeito a manutenção de uma edificação, devemos nós atentar a norma NBR15575 (ABNT, 2021). Conforme a norma, a edificação necessariamente deve atender a determinados critérios de durabilidade, manutenibilidade, segurança e de desempenho (térmico, acústico, luminoso) e de acessibilidade.

3.1.1.2. BIM aplicado a edificações existentes

Segundo Santos (2017), O BIM pode ser adotado na fase de manutenção e operação, no auxílio de reformas, retrofits ou futuras renovações. Mas devido a sua utilização não ser amplamente difundida, até o presente momento, entre arquitetos, engenheiros e empresas do ramo de construção, os modelos BIM acabam sendo criados restritos a concepção, projeto e construção, não se atentando a sua aplicação após a entrega da obra.

Ainda segundo Santos (2017), antes de adotar qualquer metodologia para uma edificação existente, é fundamental determinar se a edificação já possui um modelo 3D, podendo ser atualizado, ou se é necessário a criação de um modelo novo com base nas documentações da edificação. Todavia, como grande parte das edificações que se encontram em fase de operação possuem informações incompletas e obsoletas, principalmente as mais antigas, em

muitos casos as plantas 2D não estão disponíveis ou apresentam informações que não descrevem perfeitamente a edificação propriamente construída, devido a alterações que podem ter ocorrido na fase de construção, em detrimento do projeto, e as alterações devido às reformas, que não foram documentadas. Impossibilitando uma representação adequada da edificação, tendo como base apenas as documentações desta. Nesses casos, se torna necessário a criação de um modelo As-Built. No entanto, como o desenvolvimento desse modelo requer alto esforço, esse se torna mais um dos motivos por que BIM ainda não é amplamente aplicado em edificações existentes

Apesar das dificuldades de aplicação discutidas anteriormente, o BIM demostra ter grande potencial para contribuir na gestão de manutenção e operação de edificações. Kassem (2015), apresentas como vantagens do BIM para a gestão de edificações existentes os seguintes fatores:

- O registro de lições aprendidas no passado e seu armazenamento no BIM para retroalimentar os departamentos de projetos e construção para prevenção e redução de riscos em novas edificações;
- A possibilidade de análise de cenários em projetos de reformas em um ambiente 3D e remodelagem, renovação ou demolição de edificações existentes;
- O aprimoramento dos processos manuais de informações dentro do processo de manutenção;
- A redução de dificuldades relacionadas ao gerenciamento da edificação, facilitando estudos de manutenibilidade, com foco em um desempenho desejado, para uma determinada etapa do ciclo de vida;
- A capacidade automatização da programação de manutenção preventiva e ordens de serviço. Permitindo que os funcionários e as organizações estendam a vida útil dos equipamentos, mantendo um inventário e um histórico detalhado do equipamento do edifício e as suas necessidades de manutenção;
- A maior eficiência e agilidade das ordens de trabalho para execução, acesso de dados e intervenções locais;
- A capacidade de anexar dados em conformidade com normas e regulamentos, que podem ser relatados ou planejados fora de um modelo;

3.1.2. BIM 7D

Três dimensões são suficientes para a criação de um projeto arquitetônico, porém, é possível lançar mão de diferentes modalidades descritivas, fazendo referência a outras dimensões a fim de ser criar um tipo diferente de informação.

É comum vermos a adoção da nomenclatura dos “D’s” do BIM para se referir a aplicação especificas do modelo, além da representação 3D. Sendo adotado BIM 4D para cronograma e planejamento, BIM 5D para orçamentação, BIM 6D para sustentabilidade e, o mais pertinente para esse trabalho, BIM 7D representando a gestão de instalações, conforme ilustrado na Figura 2 (DARÓS, 2019).

Figura 2 - Dimensões do BIM



Fonte: Farias (2020)

Os primeiros "D's" se aplicam diretamente ao objetivo primário da metodologia: Desenvolver o modelo virtual tridimensional contendo as informações pertinentes para a construção de uma edificação. Posterior a fase de construção, outro modelo 3D, o modelo as built, com base em como a edificação foi construída e seguindo um nível de desenvolvimento LOD 500. Com auxílio desse modelo, o BIM 7D busca fazer a análise do ciclo de vida do projeto e a gestão das instalações (DARÓS, 2019).

Segundo Pestana (2019), a sétima dimensão de BIM corresponde a gestão de operações de um edifício após sua entrega, possibilitando aos seus utilizadores e gestores de operações, mais eficácia na gestão das instalações e dos planos de manutenção durante o ciclo de vida do edifício. A gestão eficiente das instalações e planos de manutenção adequados, por suas vezes, aumentam de vida útil do ativo.

O BIM 7D se mostra uma abordagem única, em que toda a informação relativa ao processo de gerenciamento do edifício é coletada dentro de um único modelo de informação da construção. Esse modelo tem como objetivo garantir que tudo em um projeto permaneça em sua melhor forma (esquadrias, instalações, desempenho energético etc.) desde a entrega da obra até sua demolição (BIBLUS, 2021).

Garibaldi (2020) descreve como os principais benefícios no uso dessa dimensão a:

- Substituição simplificada e fácil de peças e reparos a qualquer momento durante toda a vida útil
- Processo de manutenção simplificado para empreiteiros e subcontratados.

Complementando, BibLus (2018) atribui ao BIM 7D, as vantagens de:

- Gerenciar eficazmente os ativos, substituir componentes e cuidar de sua manutenção;
- Simplificar as práticas e garantir eficiência, segurança e cumprimento dos padrões;
- Aprimorar os recursos e os cursos de manutenção, graças a um monitoramento constante.

Utilizar modelos BIM 7D durante o processo de manutenção oferece suporte a tomada de decisões e permite simulações de diversos cenários, através de levantamentos de dados tais como:

- Análise e diagnóstico da situação atual;
- Definição das intervenções;
- Cálculo dos tempos;
- Estimativa dos custos.

O BIM 7D, em resumo, se aplica no gerenciar do edifício durante todo o seu ciclo de vida. Associando ao modelo as build, informações essenciais para a manutenção e o gerenciamento dos sistemas construídos. Desta forma, o banco de dados de informações pode ser compartilhado e entre os diversos profissionais envolvidos, além de ser implementadas ao longo do tempo sem o risco de perda de dados. Segundo Domingos (2020), na entrega do projeto, este tipo de informação acrescenta valor ao ativo, pois constitui a informação a transmitir aos responsáveis pela gestão do empreendimento.

Figura 3 - BIM 7D - Facility Management



Fonte: BibLus (2021)

3.1.3. Modelo BIM As-Built

Um dos objetivos da metodologia BIM é criar um modelo virtual mais fiel ao que foi realmente construído do que o que foi concebido durante a elaboração do projeto. Visto que, tradicionalmente, durante a fase de construção, o que foi projetado é revisado e modificado no canteiro de obras, a fim de lidar com possíveis variações durante a construção ou para resolver conflitos geométricos ou operacionais que não foram levados em consideração no estágio inicial da construção. Esse modelo, denominado as built, inclui não apenas o que foi projetado, mas também o que está foi de fato edificado (GARIBALDI, 2020).

A ABNT NBR 14.645-1:2005 - Elaboração do como construído (as built) para edificações, define o processo de built como o levantamento de todas as medidas existentes nas edificações e instalações, transformando as informações aferidas em um desenho técnico que

irá representar a atual situação da edificação. A norma também fixa os procedimentos a serem adotados na execução do As Built de uma obra, com objetivo de padronizar métodos e minimizar falhas neste processo de engenharia de construção civil.

Quanto as etapas de elaboração de um as built, elas podem ser divididas em duas partes principais:

- Levantamento de todas as medidas e análises dos sistemas que compõem a edificação;
- Representação gráfica (desenhos e plantas) das alterações analisadas em obra.

Na fase de construção de um projeto, todas as alterações devem ser revisadas e registradas, de modo que o documento começa na revisão zero e vai ganhando letras ou números cada vez que tem alterações. Segundo a NBR 14645-1, a revisão que ganha o complemento As Built é a revisão final, aquela que indica que o desenho está finalizado de acordo com o projeto e não deve mais sofrer modificações.

Todavia, embora o As Built seja uma versão final de um projeto, é importante que ele contemple o histórico de todas as revisões realizadas. Desta forma, o modelo as build serve como um registro das alterações ocorridas durante a obra. Tal registro pode ser usado de apoio para futuras manutenções e intervenções necessárias, além de ajudar a entender a motivação que levou a cada alteração adotada no projeto.

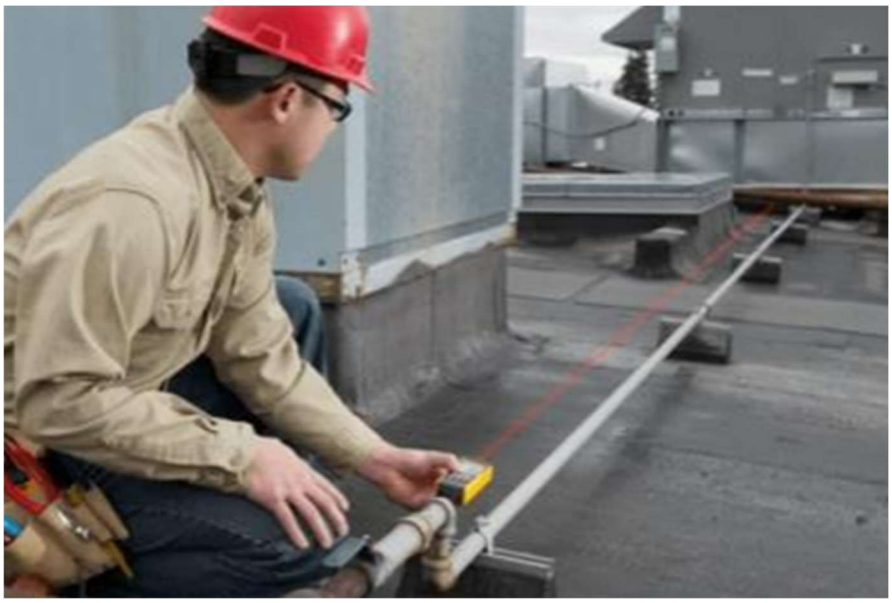
Geralmente, o levantamento das medidas realizado para confecção do as build é realizado com apoio de ferramentas simples, como trenas convencionais e a laser, denominado as built tradicional, como demonstrado na Figura 4. Entretanto, atualmente existe a possibilidade de aplicação de ferramentas tecnológicas mais avançadas, tais como laser scanner e drones, a fim de agilizar o processo e diminuir possíveis erros instrumentais. Essas técnicas serão melhor desenvolvidas nos próximos capítulos.

3.1.3.1. Levantamento de informações tradicional

A principal ferramenta para o as built tradicional é a trena laser é, pois esta proporciona aos profissionais uma aferição das medidas com mais rapidez e precisão em comparação à trena convencional. Contudo, para que a medida seja computada neste equipamento, é necessário um anteparo na extremidade do laser para que ele calcule a distância da trena até este obstáculo (GOUVEIA, 2020).

Apesar das vantagens da trena laser descritas anteriormente, o uso da trena tradicional ainda é essencial para o levantamento de medidas. Sendo essa ferramenta utilizada principalmente para auxiliar em medidas pequenas ou onde não há um anteparo para se fazer a medida com a trena laser (GOUVEIA, 2020).

Figura 4 – As built tradicional



Fonte: Intrusul (2019)

3.1.3.2. Levantamento de informações com laser scanner

A utilização de ferramentas de laser scanner, ilustrado na Figura 5, permite uma varredura fiel, rápida, detalhada e com precisão de poucos milímetros. A extração de dados 3D garante condição única de análise e estudos com alto nível de detalhes, possibilitando uma modelagem mais precisa.

Acerca de sua metodologia de utilização, Gouveia (2020) destaca os seguintes passos:

- Ligar o equipamento devidamente inserir um cartão SD;
- Criar um nome para o projeto;
- Ajustar a resolução de interesse;
- Habilitar as cores para uma melhor distinção na nuvem de pontos;
- Escolher o local de varredura;
- Posicionar o equipamento no centro da área de interesse
- Pressionar o botão de play.

Com relação à escolha dos locais, após posicionava o equipamento no centro das áreas de interesse, em seguida, é importante também acionar o laser scanner embaixo do batente da porta de cada área. Deste modo, se consegue captar metade da área externa do ambiente e metade da área interna, com o intuito de fazer a amarração das cenas internas e externas (GOUVEIA, 2020).

Figura 5 - Ferramenta de Laser Scanner



Fonte: Faro (2022)

Os arquivos gerados pelos lasers scanners são compatíveis com diversas ferramentas de autoria BIM, assim podem ser exportados para o software de escolha do profissional e refinado em um modelo as build. Uma automação deste processo de levantamento das informações de obras poderia diminuir mais ainda os erros e aumentar a precisão e qualidade do produto gerado (BRILAKIS et al., 2010).

3.1.3.3. Levantamento de informações com drones

O levantamento de informações geométricas da edificação com suporte de drones ocorre pelo levantamento de imagens aéreas, com recursos de fotogrametria, como a sobreposição de 70% de uma imagem para a outra. A partir das imagens escaneadas pelo aparelho, é possível gerar uma nuvem de pontos utilizando softwares como o Autodesk Recap ou o Bentley Contextcapture, como exemplificado na Figura 6 (GOUVEIA, 2020).

Figura 6 - Exemplo de imagem aérea 3d importada no Autodesk Recap



Fonte: Smartsky (2022)

A vantagem de utilizar o drone, em detrimento do laser scanner, para a digitalização de um edifício existente, é a possibilidade de se alcançar locais de difícil acesso, onde a instalação de um laser scanner seria complexa, tais como grandes edifícios e coberturas inacessíveis. Além da maior versatilidade e utilização dinâmica, se comparado ao processe de instalação de um laser scanner (GOUVEIA, 2020).

Todavia, vale ressaltar que o uso desse equipamento ainda não é comtemplado por normas e necessita de um profissional treinado para o seu manuseio.

3.2. MANUTENÇÃO

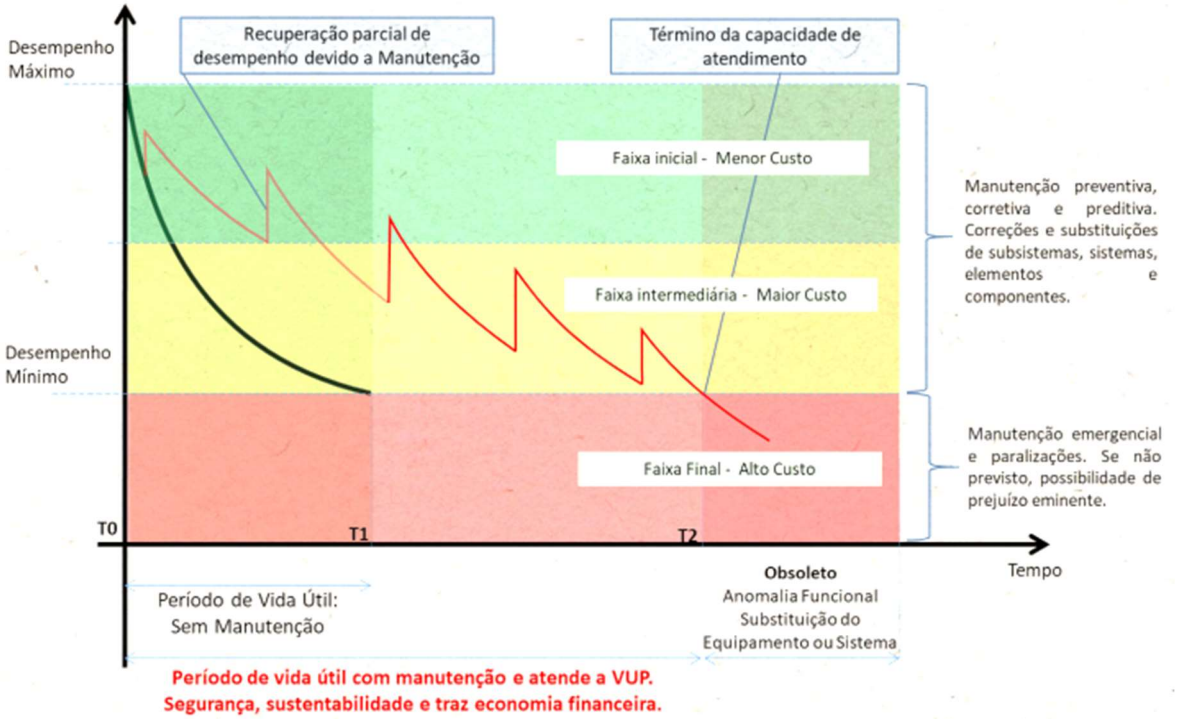
3.2.1. Manutenção de Edificações

A manutenção é um tema que vem crescendo no setor da construção civil, não mais limitando o processo construtivo apenas até o momento de entrega da edificação ao proprietário A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) por meio da NBR-5674 normatiza a manutenção de edificações. A norma destaca que as edificações possuem um valor social fundamental, sendo construídas para atender aos usuários durante muitos anos, sendo necessário que, ao longo deste tempo de operação do edifício, os serviços devem apresentar condições adequadas ao uso para os quais foram destinados, resistindo aos agentes ambientais e de uso que alteram suas propriedades técnicas iniciais (ABNT, 2012).

A NBR: 5674, estipula que para a manutenção de edifícios atingir uma maior eficiência e eficácia a ela deve ser fundamentada em processos organizados em um sistema de gestão de manutenção e um plano de manutenção. Através do programa de manutenção é possível preservaras características e desempenho originais da edificação e prevenir a degradação dos seus sistemas (ABNT, 2012).

Na Figura 7 é representado em um gráfico a influência da manutenção no ciclo de vida de uma edificação, comparando seu desempenho com e sem manutenção.

Figura 7 - Recuperação de desempenho por ações de manutenção



Fonte: Adaptado de Cardoso (2022)

Na Figura 7 também é possível observar como adir uma intervenção de manutenção significa aumentar os custos diretos envolvidos na manutenção.

Quanto as concepções de desempenho, pode-se associar metas quantitativas para as diversas propriedades técnicas da edificação. Por exemplo: a resistência do aterramento do edifício deve ser de “x” Ohms, os pilares da estrutura devem atender a uma resistência a compressão de “y” Mpa, o encanamento deve atender a uma vazão de “z” m^3/s, a rede elétrica deve resistir a uma corrente de “w” amperes, etc.

A realização de atividades de manutenção tem como finalidade reconstruir de níveis de desempenho perdidos, aproximando-os de seus valores originais, assim prolongamento da vida útil do edifício em função da estratégia de manutenção empregada.

A partir disto, pode-se programar as atividades de manutenção não apenas como uma resposta pontual aos problemas identificados no edifício, mas, principalmente, como uma ação programada e preventiva de futuros problemas.

3.2.2. Tipos de Manutenção

Bonin (1988) destaca que a manutenção de edifícios pode ser classificada de maneiras diversas, considerando os aspectos diversos que envolvem esse tema. No Quadro 1, sintetiza-se as classificações da manutenção de edifícios propostas pelo autor.

Quadro 1 - Classificação da Manutenção de Edifícios

Tipos de manutenção	Conservação
	Reparação
	Restauração
	Modernização
Origem dos problemas	Evitáveis
	Inevitáveis
Estratégia de manutenção adotada	Preventivas
	Corretivas
	Preditivas
Periodicidade de realização das atividades	Rotineiras
	Periódicas
	Emergenciais
Origens da necessidade de manutenção	Perda de durabilidade
	Presença de patologias
	Mudança nas necessidades dos usuários

Fonte: Bonin (1988)

É pertinente a esse trabalho aprofundar especificamente quanto aos tipos de manutenção. Considerando-os como: Conservação, reparação, restauração e modernização.

A conservação se relaciona com atividades rotineiras, com pequenos intervalos de tempo entre intervenções, diretamente relacionada à operação e à limpeza do edifício, possibilitando condições adequadas básicas para o uso da edificação. São exemplos de conservação: limpezas de ralos e grelhas, lubrificação de engrenagens e polias de elevadores e manutenções preventivas nos equipamentos (BONIN, 1988).

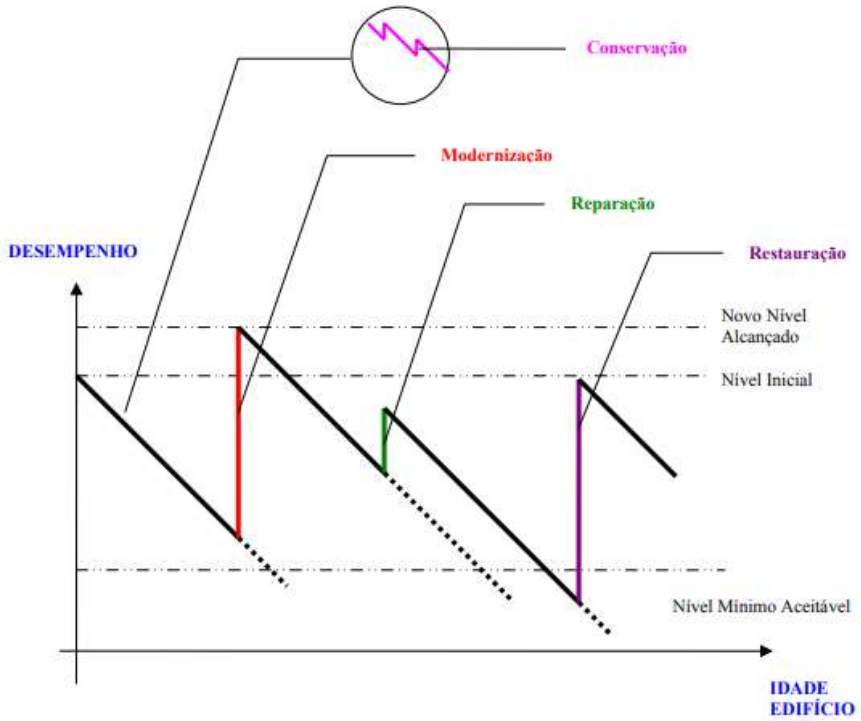
A reparação abrange atividades preventivas ou corretivas realizadas antes que o edifício ou algum de seus elementos constituintes atinja o nível de desempenho mínimo aceitável sem que a recuperação de desempenho seja superior ao nível inicialmente construído (BONIN. 1988).

A restauração se relaciona com atividades corretivas realizadas após o edifício ou algum de seus elementos constituintes atingir níveis inferiores ao nível de desempenho mínimo aceitável, sem que a recuperação de desempenho ultrapasse o nível inicialmente construído (Bonin, 1988). É importante destacar que é comum que se confunda os conceitos de retrofit, reforma e restauração. Entretanto, a restauração consiste unicamente na restituição do ativo à sua condição inicial. Enquanto a reforma tem como objetivo aplicar melhorias à edificação, sem necessariamente manter suas características anteriores. Por sua vez, o retrofit concilia reforma e manutenção ao mesmo tempo, mantendo as características originais da edificação e a modernizando.

A modernização abrange atividades preventivas e corretivas. A fim de que a recuperação de desempenho seja superior ao nível inicialmente construído, estipulando então um novo patamar de desempenho para a edificação (BONIN. 1988).

A Figura 8, sintetiza em um gráfico as ideias abordadas a respeito dos tipos de manutenção e suas influências no desempenho da edificação.

Figura 8 - Tipos de manutenção de edifícios e seu impacto no desempenho



Fonte: Bonin (1988)

3.2.3. Métodos de Gestão da Manutenção com suporte BIM

3.2.3.1. Método proposto por Sampaio e Simões (2014)

Na metodologia proposta pelos autores, primeiramente o modelo BIM arquitetônico do edifício a ser inspecionado foi criado, a fim de utilizar o ambiente BIM como suporte à atividade de manutenção. A composição de cada componente arquitetônico e os materiais utilizados no seu revestimento têm suas respectivas características ligadas a cada objecto do modelo. Essas informações serão consultadas em inspeções ao local da edificação e comparadas com anomalias reais.

Adaptando objetos paramétricos 3D existentes na biblioteca do Revit, foram criados todos os elementos representados como paredes, pisos, tetos, telhados, portas, janelas e corrimãos. Quanto aos componentes decorativos e equipamentos, tais como sofás, cadeiras, sanitários, mesas foram utilizados diretamente, apenas sendo considerado o fator de escala.

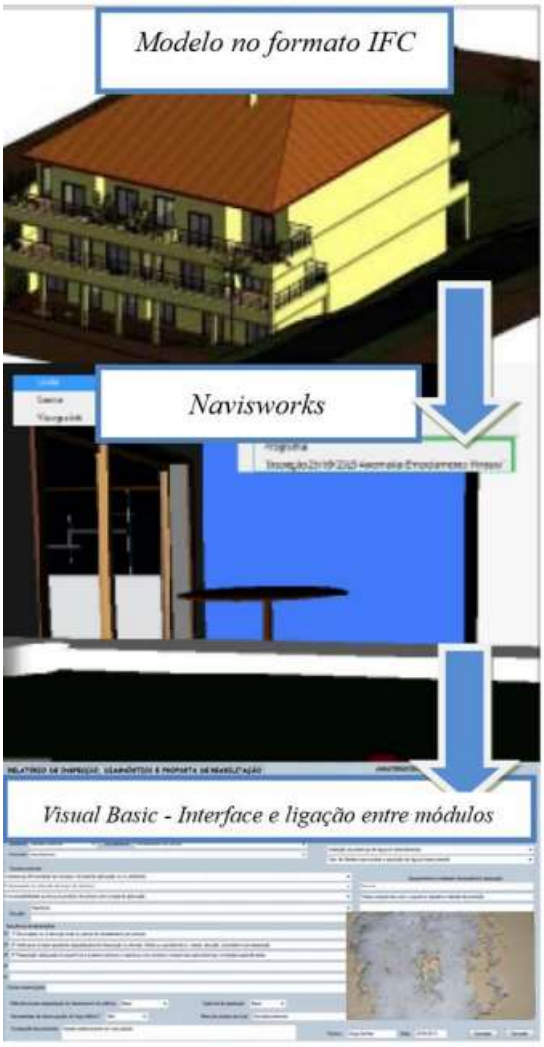
Os passos na criação do modelo BIM arquitetônico desenvolvidos por Sampaio e Simões (2014) foram:

1. Definir as cotas das soleiras do pavimento;
2. Importar arquivos dwg;
3. Definição da plataforma de construção;
4. Modificação das curvas de nível;
5. Criação, edição e inserção das paredes;

6. Criando, editando e inserindo as portas e janelas;
7. Criação, edição e inserção dos pavimentos e os tetos falsos;
8. Criação, edição e inserção do telhado;
9. Criação, edição e inserção das escadas;
10. Criação, edição e inserção dos guarda-corpos;
11. Inserção dos componentes.

Os autores optaram por utilizar o software Autodesk Revit como ferramenta de modelagem. Em seguida, exportaram o arquivo IFC para o software Autodesk Navisworks e para o aplicativo de criação própria desenvolvido por Virtual Basic. A Figura 9 ilustra a sequência de utilização das ferramentas.

Figura 9 – Sequência de software utilizados pelos autores



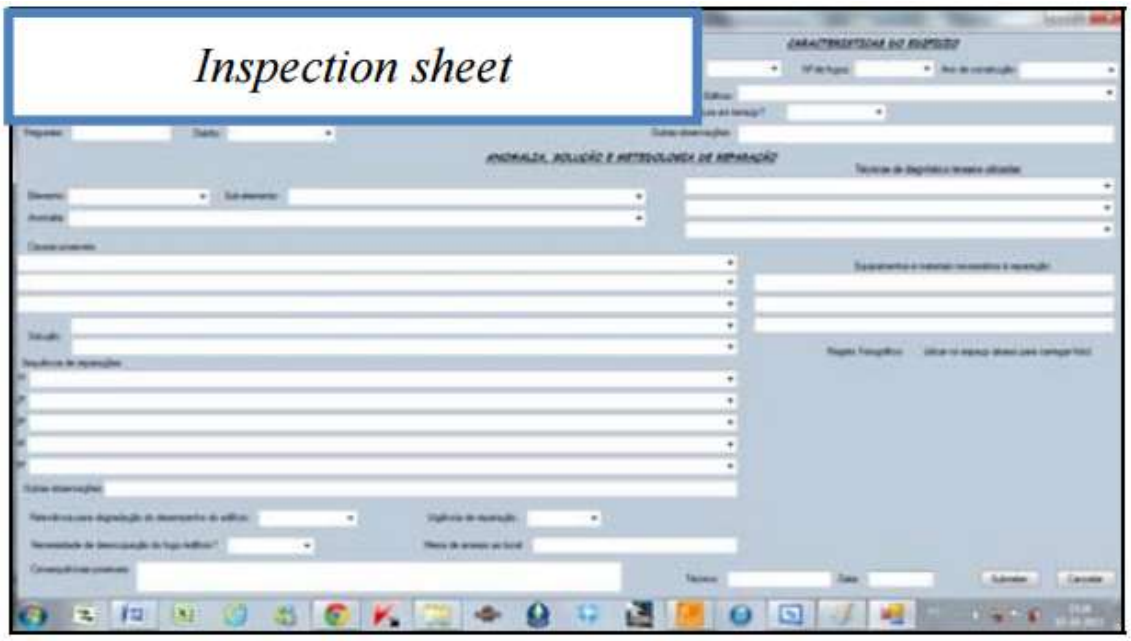
Fonte: Sampaio e Simões (2014, p. 338)

Além de utilizarem softwares comerciais, Sampaio e Simões (2014) desenvolveram um aplicativo de inspeção por Visual Basic para apoiar o trabalho de manutenção em um ambiente BIM. Consistindo em uma planilha interativa de operações de inspeção, o aplicativo tem como objetivo principal apoiar as inspeções agrupando dados de anomalias, causas, soluções e metodologia de reparação dos componentes construtivos. Assim, durante uma inspeção, o técnico de manutenção, ao observar uma anomalia, pode consultar o suporte

de banco de dados para preencher as fichas de inspeção e selecionar a anomalia identificada no local.

Após folha de inspeção ser preenchida, ela é convertida para o formato pdf e inseridos no modelo BIM, que deve ser constantemente atualizado, a fim de apoiar com precisão a instalação com planos de reparo e manutenção.

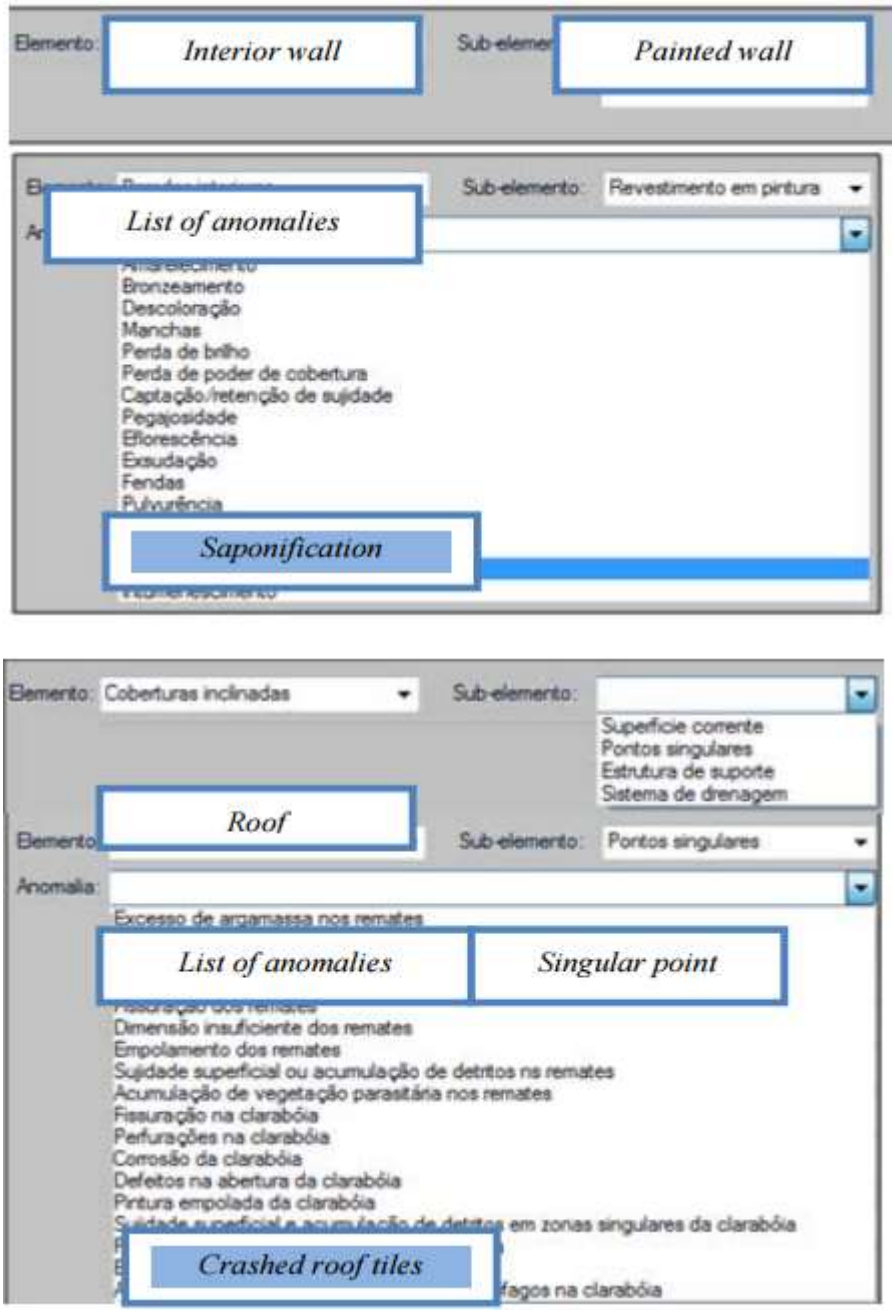
Figura 10 – Interface da folha de inspeção



Fonte: Sampaio e Simões (2014, p. 338)

Pela interface do programa, o usurário pode selecionar o tipo de elemento e seu subelemento (Ex: Parede – Revestimento pintura) e associar ele a uma anomalia listada. Na Figura 11, por exemplo, podemos observar as anomalias possivelmente ligadas a uma parede pintada.

Figura 11 – Subelementos disponíveis ao escolher o elemento e as listas de anomalias disponíveis de acordo com o elemento e subelemento escolhido



Fonte: Sampaio e Simões (2014, p. 338)

Também é possível incluir fotografias das anomalias observadas no local. Tal possibilidade é essencial para que o usuário possa reconhecer a anomalia, sua gravidade e localização. O resultado do preenchimento do formulário e a associação da fotografia da patologia ao formulário é ilustrado na Figura 12. Enquanto a Figura 13 ilustra as informações de patologias, suas fotografias, possíveis causas e possíveis metodologias de resolução, associadas a um elemento "parede pintada" e salvas no banco de dados do programa.

Figura 12 – Interface do formulário de inspeção preenchido



Fonte: Sampaio e Simões (2014, p. 338)

Figura 13 – Classificação de anomalias, características, causas e metodologia de reparação relacionadas com paredes pintadas

Classification	*Irregularity*	*Characteristics and causes*
Alteration in colour	Yellowing	- A yellow colour caused by ageing of the film of the paint or varnish; - Action of environmental agents (solar radiation, temperature oxygen and humidity) on the binder in the paint provoking changes in its molecular structure.
	Discolouration	- Partial loss of colour of the film of paint coating; - Action of environmental agents (solar radiation, temperature, polluted atmosphere and chemically aggressive bases of application) on the binder and/or the pigments of the painted coating.

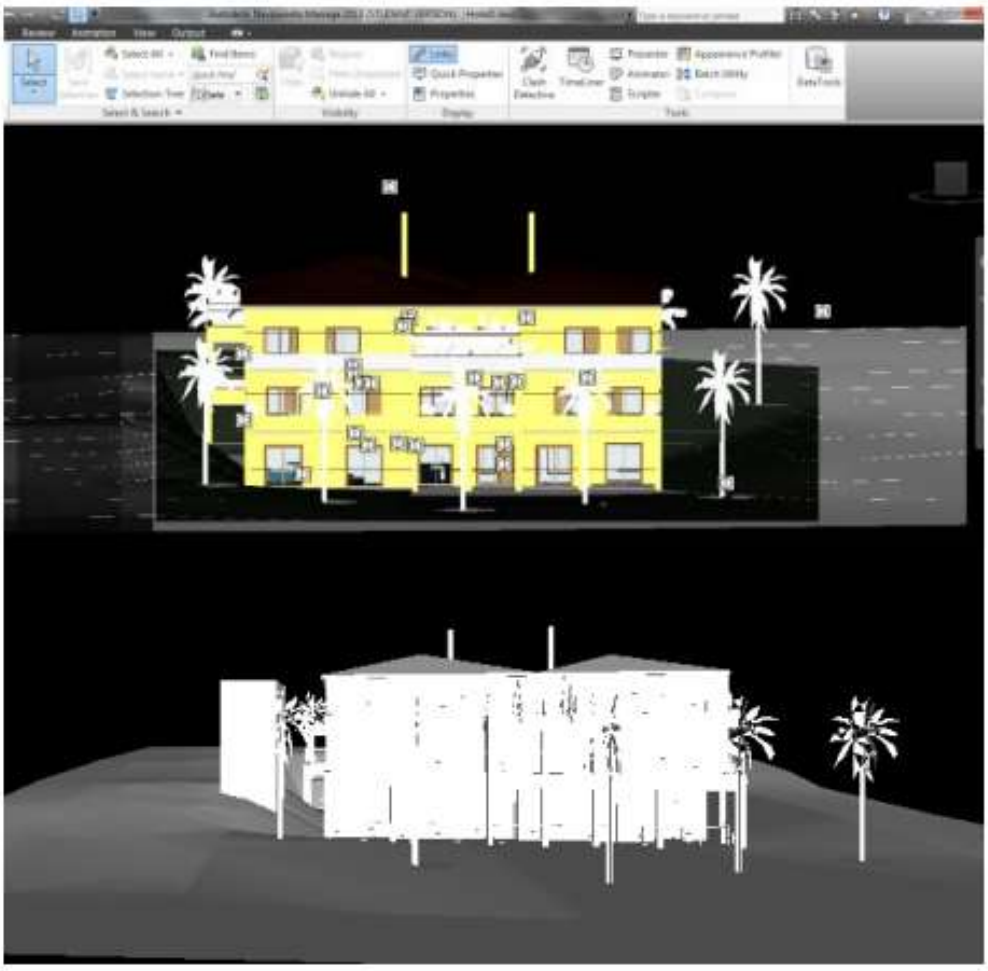
Classification	*Irregularity*	*Repair methodology*
Alteration in Colour 	Yellowing	- Cleaning the surface and repainting with a finish both compatible with the existing coat and resistant to the prevailing conditions of exposure in its environment
	Bronzing	
	Fading	
	Spotting	
	Loss of gloss	
	Loss of hiding power	
Deposits 	Dirt pick-up and retention	- Cleaning the surface.
	Viscosity	
Changes in Texture 	Efflorescence	- Removal by brushing scraping or washing; - repainting the surface; - When necessary apply sealer before repainting.
	Sweating	
	Cracking	
	Chalking	
	Saponification	

Fonte: Sampaio e Simões (2014, p. 338)

Para ligar o modelo BIM ao programa de inspeção, os autores utilizaram o visualizador BIM Autodesk Navisworks, um aplicativo que permite o acesso a todas as informações contidas no modelo BIM e que permite uma navegação e interação com o modelo mais rápidas do que os softwares de modelagem. Podendo inclusive ser acessados através de dispositivos moveis. Além de permitir a integração de diversas disciplinas dos projetos: arquitetônico, estruturas, instalações prediais e orçamentação, o que favorece a análise e a detecção de conflitos.

Todavia, os autores identificaram limitações ao aplicarem o Navisworks ao modelo. Certas confusões entre as informações e a incapacidade de armazenamento das cores previamente definidas, o que levou à total privação de cor do modelo, conforme ilustrado na Figura 14.

Figura 14 – Interface do Navisworks e problema de privação de cor no Formato IFC



Fonte: Sampaio e Simões (2014, p. 338)

Em resumo, utilizando o modelo, um técnico durante uma atividade de inspeção, pode selecionar um elemento onde uma patologia foi detectada e por meio do modelo BIM, identificar os materiais constituintes desse elemento. Além de ter a possibilidade de executar o programa consultar o banco de dados a respeito de patologias semelhantes na estrutura, suas causas e soluções. Assim, mantendo um acervo de dados completo sobre o histórico de reforma da edificação, associada ao seu modelo BIM.

3.2.3.2. Método proposto por Soares (2013)

Metodologia BIM-FM aplicada na gestão de instalações da edificação de um centro comercial em funcionamento, construído em 2003 e com área bruta de 19.182m², dividido em 99 lojas e 3 pisos.

O autor utilizou o Autodesk Revit para realizar a modelagem da edificação, dividindo em três categorias: Arquitetura, Estrutura e MEP (hidráulica, elétrica e sistemas de ar-condicionado). De modo geral, a modelação foi dividida em dois modelos, um contendo a arquitetura e outro abrangendo todas as outras especialidades. Optando pelo nível de detalhe máximo, denominado LOD500 (as-built).

O autor primeiramente colheu informações da edificação, referentes a arquitetura, AVAC, gás, águas e águas residuais, através dos desenhos de projeto de cada especialidade. Quanto aos equipamentos, as informações recolhidas foram: Marca/modelo, fornecedor, data de aquisição, manual de utilização, fichas de manutenção e historial de avarias.

As informações relativas à construção foram utilizadas para a modelagem da edificação e de seus sistemas, enquanto as informações acerca dos equipamentos foram utilizadas para o preenchimento de um banco com seus respectivos dados.

A informação inserida na fase de modelagem foi exportada para o software de Gestão de Instalações IBM Máximo, utilizado na gestão do edifício.

O autor utilizou 11 indicadores para a manutenção estabelecidos por Shohet (2007), agrupados em 4 categorias:

- parâmetros de caracterização;
- indicadores de desempenho e organização;
- indicadores de desempenho do edifício;
- indicadores de eficiência da manutenção.

Quadro 2 – Indicadores de desempenho de Shohet

Categorias	Indicadores de Desempenho de Shohet
Parâmetros de caracterização	$S_1 = Área\ do\ estabelecimento\ (m^2)$
	$S_2 = Taxa\ de\ ocupação\ (\%)$
	$S_3 = Idade\ da\ construção\ (anos)$
Indicadores de desempenho da organização	$S_4 = \frac{Recursos\ Humanos\ de\ manutenção}{m^2\ de\ área\ construída}$
	$S_{51} = \frac{Recursos\ Humanos\ internos\ de\ manutenção}{Recursos\ Humanos\ de\ manutenção} * 100$
	$S_{52} = \frac{Recursos\ Humanos\ externos\ de\ manutenção}{Recursos\ Humanos\ de\ manutenção} * 100$
	$S_6 = Organigrama\ (Equipa\ de\ gestão/Equipa\ no\ terreno)$
	$S_7 = Tipo\ de\ estrutura\ (gestão\ tradicional\ ou\ inovadora)$
Indicador de desempenho do edifício	$S_8 = BPI = \sum_{n=1}^{10} P_n * W_n$ $P_n - Estado\ de\ conservação\ do\ sistema$ $W_n - Ponderação\ do\ sistema\ em\ análise$
Indicadores de eficiência da manutenção	$S_9 = \frac{Custo\ total\ de\ manutenção}{m^2\ de\ área\ construída}$
	$S_{10} = \frac{Custo\ total\ de\ manutenção}{Nº\ de\ utentes}$
	$S_{11} = MEI = \frac{AME}{AC_y} * \frac{1}{BPI} * \frac{1}{OC} * ic$ $AME - Despesa\ anula\ em\ manutenção$ $AC_y - Coeficiente\ de\ idade\ para\ o\ ano\ y$ $OC - Coeficiente\ de\ ocupação$

Fonte: Shohet (2007)

Posteriormente, tais indicadores foram aplicados no processo da gestão da manutenção dos equipamentos existentes na edificação, como bombas, elevadores, escadas rolantes, etc. Não foi aplicado para componentes, elementos e sistemas construtivos.

Por fim, as informações foram agrupadas por parâmetros compartilháveis e exportadas para planilhas COBie no Excel, conforme Figura 15 e Figura 16, onde foram organizadas em um sistema de cores para indicar as necessidades específicas da gestão da manutenção.

Figura 15 – Folha de Cálculo Referente Tipos de Componentes

	A	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA
1	Name	ExtIdentifier	ReplacementCost	ExpectedLife	DurationUnit	WarrantyDescription	Nominal Length	Nominal Width	Nominal Height	Model Reference	Shape	Size	Color
2	Elevator_10913-1:Passenger_2	480106	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
3	Elevator_10913-1:Passenger_2	480108	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
4	Escalator_Kone_ECO3000:Esc	738692	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
5	adaptive_escalator__escalera	470057	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
6	M_Screw Chiller - Air Cooled -	1062609	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
7	UTA COB 4:UTA COB 4:10626	1062631	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
8	UTA COB 3.M1.3:UTA COB 3	1062632	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
9	UTA COB 2.M2.2:UTA COB 2	1062633	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
10	UTA N COB 2.M1.2:UTA N CO	1062634	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
11	UTA COB 1.M2.1:UTA COB 1	1062635	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
12	UTA COB 1.M1.1:UTA COB 1	1062636	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a

Fonte: Soares (2013)

Figura 16 – Folha de Cálculo Referente aos Componentes

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Name	CreatedBy	CreatedOn	TypeName	SpaceNames	Description	ExtSystem	ExtObject
41	Bomba NK 100:Bomba NK 100	joeldrtsoares@g	2013-08-14T07:05:28	Bomba NK 100:Bomba NK 100:1062660	-1,12	Bomba NK 100:Bomba NK 100	Aut	Autodesk.Revit.DB.Fa
42	Bomba CLM:50mm:1105436	joeldrtsoares@g	2013-08-14T07:05:28	Bomba CLM:50mm:1062659	-1,12	Bomba CLM:50mm	Aut	Autodesk.Revit.DB.Fa
43	Bomba CLM:50mm:1105437	joeldrtsoares@g	2013-08-14T07:05:28	Bomba CLM:50mm:1062659	-1,12	Bomba CLM:50mm	Aut	Autodesk.Revit.DB.Fa
44	Bomba NK 100:Bomba NK 100	joeldrtsoares@g	2013-08-14T07:05:28	Bomba NK 100:Bomba NK 100:1062660	-1,12	Bomba NK 100:Bomba NK 100	Aut	Autodesk.Revit.DB.Fa
45	Bomba NK 100:Bomba NK 100	joeldrtsoares@g	2013-08-14T07:05:28	Bomba NK 100:Bomba NK 100:1062660	-1,12	Bomba NK 100:Bomba NK 100	Aut	Autodesk.Revit.DB.Fa
46	Bomba NK 100:Bomba NK 100	joeldrtsoares@g	2013-08-14T07:05:28	Bomba NK 100:Bomba NK 100:1062660	-1,12	Bomba NK 100:Bomba NK 100	Aut	Autodesk.Revit.DB.Fa
47	Bomba CLM:50mm:1105703	joeldrtsoares@g	2013-08-14T07:05:28	Bomba CLM:50mm:1062659	-1,12	Bomba CLM:50mm	Aut	Autodesk.Revit.DB.Fa
48	Bomba NK 100:Bomba NK 100	joeldrtsoares@g	2013-08-14T07:05:28	Bomba NK 100:Bomba NK 100:1062660	-2,16	Bomba NK 100:Bomba NK 100	Aut	Autodesk.Revit.DB.Fa
49	Bomba NK 100:Bomba NK 100	joeldrtsoares@g	2013-08-14T07:05:28	Bomba NK 100:Bomba NK 100:1062660	-2,16	Bomba NK 100:Bomba NK 100	Aut	Autodesk.Revit.DB.Fa
50	Bomba LPE80-160:4.6 LPS - 2	joeldrtsoares@g	2013-08-14T07:05:28	Bomba LPE80-160:4.6 LPS - 2.9 Meter Hea	-2,16	Bomba LPE80-160:4.6 LPS - 2.9 Mete	Aut	Autodesk.Revit.DB.Fa

Fonte: Soares (2013)

O autor, devido a exigências do proprietário, excluiu da análise a especialidade de estruturas. Pois esses não precisam de manutenção sistemática frequente, não devendo ser esquecidos, devem ser monitorados, mas não serão necessárias inspeções regulares, levando em consideração a idade do edifício. No entanto, a integração dos pilares foi considerada essencial e incluída na modelagem, pois o autor considerou sua importância para a definição de áreas e delimitação de espaço disponível.

Ao final da modelagem, o autor obteve um modelo 3D da edificação, modelado pelo Autodesk Revit, representado na Figura 17, e um banco de dados de informações pertinentes a manutenções dos equipamentos da edificação.

Figura 17 – Modelo Final do Edifício



Fonte: Soares (2013)

É necessário destacar que a grande limitação desse método é a ausência de suporte a análises financeiras e não ter sido aplicado a elementos e sistemas construtivos, focando exclusivamente em equipamentos.

3.2.3.3. Método proposto por Shen, Hao e Xue (2012)

Proposta de um sistema de suporte para gestão e manutenção de instalações, a qual os autores denominam FMN (Facility Operations and Maintenance Management System). Integrando dados e informações obtidos durante o ciclo de vida dos sistemas de instalação, desde a fase de projeto até a construção e aquisição de materiais e equipamentos para operação e manutenção.

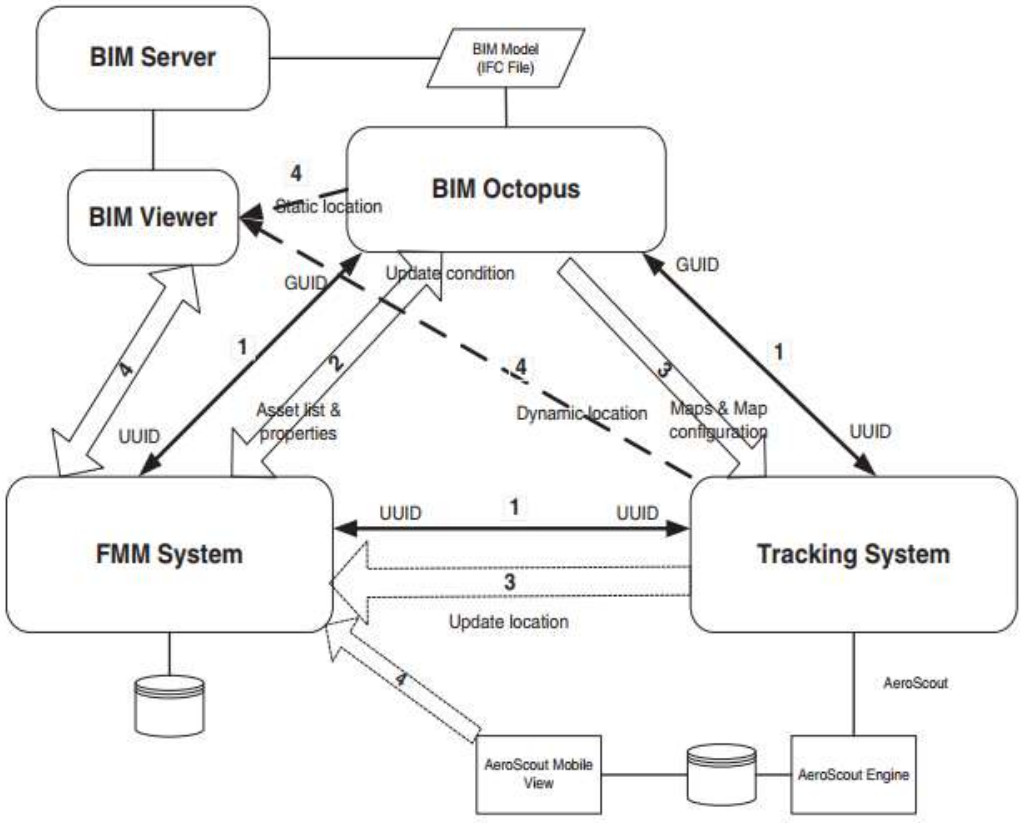
Os dados são interligados por meio de serviços da web e fornecem suporte para otimizar a tomada de decisões durante a operação e manutenção das instalações.

O sistema analisa as condições da edificação, como suprimento de eletricidade, gás, água e recursos físicos (máquinas e equipamentos especiais), associando essas informações à localização e disponibilidade dos equipamentos.

Contudo, o sistema é voltado para manutenção de instalações com foco nos equipamentos e recursos físicos presentes na edificação. Não aplicado sendo aplicado a anomalias, processos de degradação e manutenção de sistemas construtivos.

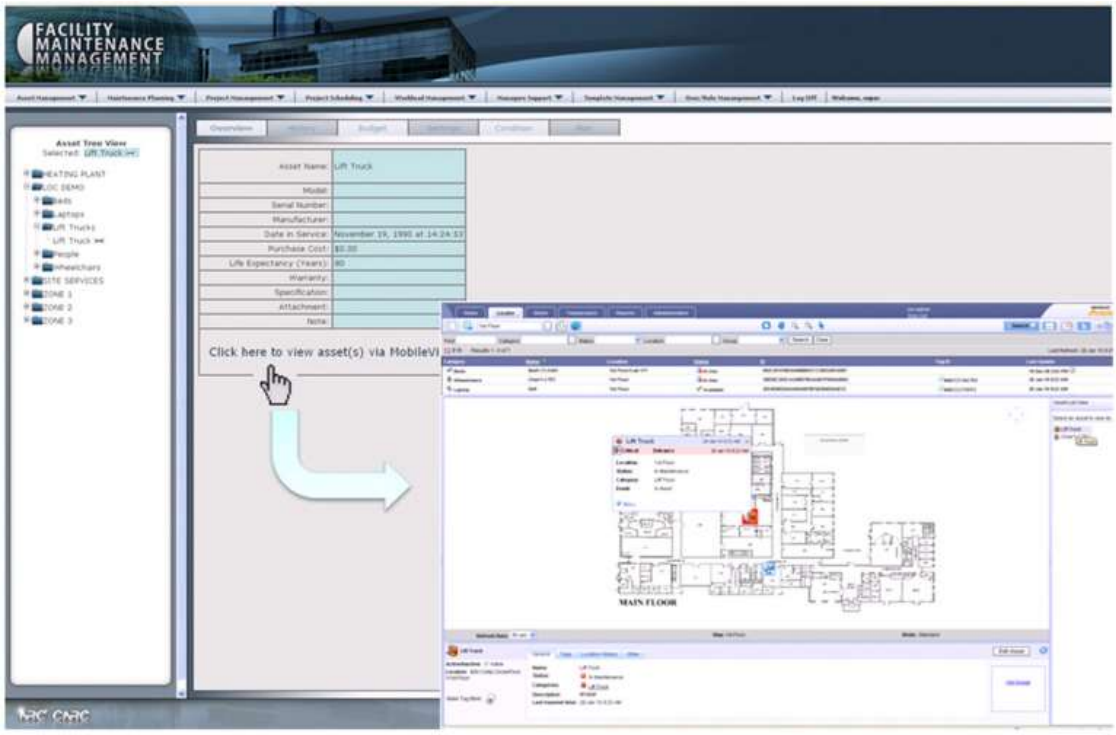
Ademais, a metodologia proposta também não abrange o planejamento financeiro das manutenções.

Figura 18 – Integração entre FMN e BIM



Fonte: Shen, Hao e Xue (2012)

Figura 19 – Interface de rastreamento de ativos



Fonte: Shen, Hao e Xue (2012)

3.2.3.4. Método proposto por Santos (2017)

A autora propõe uma metodologia completa, que engloba a tecnologia BIM como suporte para atividades de inspeção predial, identificação e resolução de problemas patológicos.

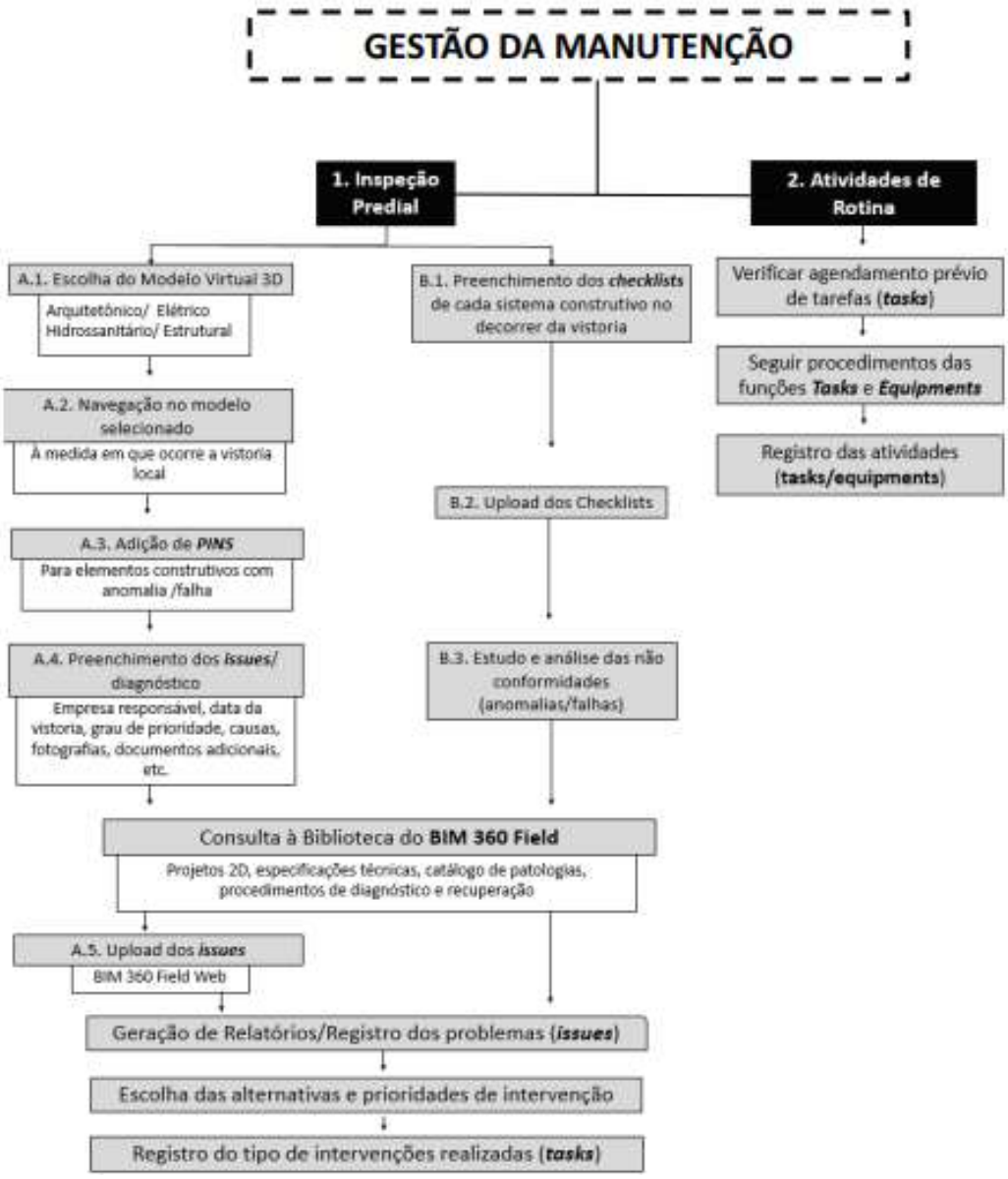
Através de uma base de dados na plataforma BIM, contendo informações pertinentes para auxiliar os gestores no processo de tomada de decisões. O banco de dados proposto pode conter informações que abrange o processo de diagnóstico, análise de origem/causas de anomalias e registro histórico das manutenções.

Esse banco de informações pode ser acessado através do software BIM 360 Field e está associado ao modelo virtual tridimensional da edificação, modelado utilizando a ferramenta Autodesk Revit. Tornando a visualização dos componentes construtivos e das informações e eles associadas, dinâmica e intuitiva.

Na prática, o método consiste no técnico responsável, enquanto realiza uma vistoria na edificação, utilizar o aplicativo BIM 360 Field para localizar componentes construtivos e consultar todos os dados da edificação, tais como histórico de manutenções, problemas e danos anteriores e registros dos reparos. De tal forma, o técnico ao se deparar com anomalias na edificação, pode realizar um planejamento das intervenções com suporte de análises técnicas e de custo, tendo uma gama de registos sobre o histórico de manutenções da edificação e de semelhantes patologias que ocorreram no passado e quais intervenções foram empreendidas para solucioná-las.

A Figura 20 descreve os processos envolvidos no método proposto por Santos (2017).

Figura 20 - Método de gestão da manutenção com auxílio do BIM proposto por Santos



Fonte: Santos (2017)

Na Figura 20 também é possível observar como é fundamental para o método um bom programa de inspeções prediais e atividades de rotina, sendo esses, junto com o suporte tecnológico do BIM, os pilares para a gestão de manutenção proposta pela autora.

Também é valido destacar que todos os processos tendem para a escolha de alternativas de intervenções, assim como a determinação de uma hierarquia de prioridade de intervenções. Por fim, é salvo um registro descrevendo a anomalia identificada e a solução escolhida para lidar com o problema, de modo que esse histórico possa ajudar em possíveis problemas similares no futuro.

Outro ponto importante do método é o processo de realizar um "checklist" para cada sistemas construtivos da edificação. Quando o técnico identifica anomalias e falhas na edificação, o ele então preenche uma lista de verificação correspondente para cada um dos diferentes

sistemas construtivos. Sendo possível inserir anotações, registros fotográficos das anomalias encontradas e acessar à biblioteca do BIM 360 Field para localização de documentos com informações técnicas que auxiliem o diagnóstico e o tipo de intervenção relacionado. A Figura 21exemplifica como seria uma lista dos checklists preenchidos.

Figura 21 - Relação dos checklists desenvolvidos para cada sistema construtivo da edificação



Fonte: Santos (2017)

Os checklists possuem uma relação das principais manifestações patológicas, falhas e defeitos que podem ocorrer nos sistemas construtivos. Para o checklist do sistema estrutural, por exemplo, pode-se cadastrar anomalias como fissuras. Esta anomalia cadastrada será associada a um conjunto de informações contendo definições, recomendações técnicas e imagens ilustrativas que ajudam a identificar as causas e estipular uma solução.

3.2.3.5. Comparativo e análise entre os métodos pesquisados

O método proposto por Simões e Sampaio se mostrou interessante para os objetivos desse trabalho, pois é o único, junto com o método de Santos, que adotou aplicações do BIM voltadas para sistemas construtivos e análise de patologias. Todavia, a necessidade de desenvolvimento de um aplicativo por Visual Basic torna a aplicação do método mais complexa e ser restrito ao modelo arquitetônico, de certa forma, é uma limitação para aplicação do método.

Por sua vez, o método proposto por Soares se destaca pelo enfoque na modelagem e pela utilização de apenas de softwares comerciais. Outra grande vantagem do método é o emprego de indicadores para a manutenção. A adoção de planilhas COBie, por sua vez, se mostra uma opção viável para agrupamento de informações, se comparado ao desenvolvimento de um aplicativo como no método de Simões e Sampaio. Entretanto, o método não aborda a manutenção de sistemas construtivos.

O método de She, Hao e Xue abrangem a análise de suprimentos de água, eletricidade, gás das instalações de uma edificação, assim como a condições das máquinas e equipamentos pertencentes a seus sistemas. Por outro lado, o método se mostrou limitado a manutenção de equipamentos e recursos físicos da edificação. Também é destacável a ausência de suporte para planejamento financeiro e previsão de custos.

O método de Santos se destaca entre os demais, pelo enfoque na manutenção de sistemas construtivos e no suporte as atividades de inspeções prediais. Se assemelha ao método de Simões e Sampaio pela possibilidade de agrupar informações, histórico de intervenções, registros fotográficos para cada patologia em cada sistema independentemente. Além disso, a utilização do software BIM 360 como agrupador de dados, confere aos métodos mais dinamismo e mobilidade, tendo em vista que pode ser posto em prática durante uma vistoria em tempo real, apenas com auxílio de um tablet ou celular. Todavia, apesar do método ter como um dos objetivos o planejamento financeiro, esse ponto se mostra limitado, visto que a metodologia não oferece suporte para a integração de softwares de orçamentação e análise de custo de obras que também utilizam de tecnologias BIM.

É nítido que existe uma quantidade deficiente de estudos sobre aplicações de métodos de manutenção de edificações, com emprego do BIM, voltadas para manutenção de sistemas construtivos. Sendo, em sua maioria, focados na gestão de equipamentos e ativos das edificações.

Quando consideramos então a análise de custo e o planejamento financeiro de manutenções, os estudos se tornam ainda mais deficientes. Tal fato se torna um problema se considerarmos a grande influência que o custo de manutenções na fase de operação de uma edificação tem no custo total do ciclo de vida desta.

O método a ser desenvolvido nesse trabalho visa suprir as lacunas citadas e analisar o potencial do BIM na gestão de manutenção predial. Para tal, será adotado os pontos mais relevantes de cada método estudado anteriormente, gerando assim um novo método, mas esse tendo como enfoque a manutenção de elementos construtivos e o suporte as inspeções prediais. Propiciando aos gestores uma base de informações acerca de patologias (diagnostico, análise de causas e proposta de intervenções), registro histórico de manutenções e planejamento, associados ao modelo tridimensional da estrutura e a análise de custo.

4. METODOLOGIA

4.1. DEFINIÇÃO DA EDIFICAÇÃO DO ESTUDO DE CASO

Como modelo de estudo de caso para o presente trabalho foi adotado o galpão para deposito localizado no Setor de Cargas Sul - Trecho 02 Conj. “D” Lotes 09/10-Brasilia /DF, apresentado nas Figura 22, Figura 23, **Figura 24** e **Figura 25**. Se tratando de uma edificação de grande porte, com 5000 m² de estoque e uma área administrativa de constituída por dois pavimentos de 500 m². O térreo possui salão de entrada, 2 vestiários, 4 banheiros, CPD e refeitório. O segundo pavimento possui 6 salas de reunião, 2 salas com bancadas de trabalho e 2 banheiros. O galpão de serviços possui 4 banheiros, sala do carregador de baterias e 3 salas administrativas. Atualmente locado para armazenamento de mercadorias, logística e central de operações.

Figura 22 - Registro fotográfico lateral e frontal da edificação



Fonte: Produzida pelo autor.

Figura 23 - Registro fotográfico frontal da edificação



Fonte: Produzida pelo autor.

Figura 24 - Registro fotográfico lateral da edificação



Fonte: Produzida pelo autor.

Figura 25 - Registro fotográfico do interior da edificação

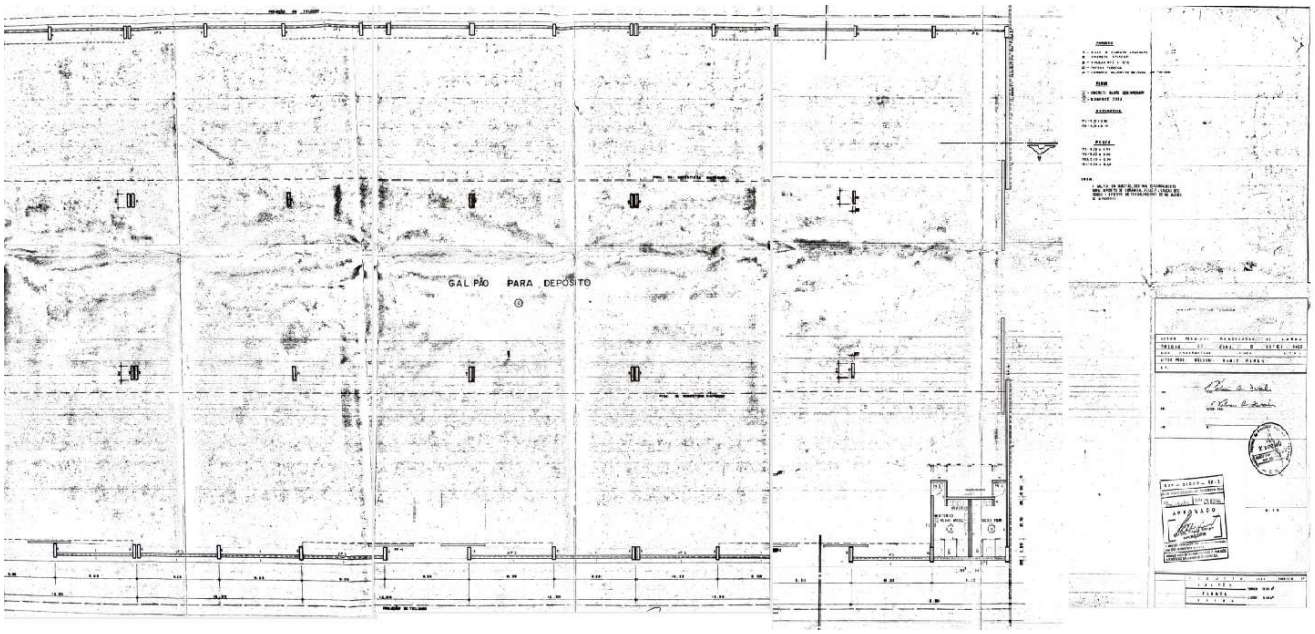


Fonte: Produzida pelo autor.

A edificação foi construída na década de 90 e por se tratar de uma edificação antiga, não possuí projetos em formato digital, contando apenas com uma planta arquitetônica impressa e em péssimas condições de preservação, como observado na Figura 26. Também foi

observado que as informações e dimensões apresentadas na planta não condiziam com a edificação real, possivelmente por divergências entre projeto e obra, não sendo possível utilizar esse documento como uma fonte de informações confiável.

Figura 26 - Planta baixa original



Fonte: Cedido por Construtora Luner LTDA

A planta baixa original foi usada como suporte para anotação das dimensões reais da edificação, onde também se constatou as divergências entre os dados do projeto e a edificação construída.

4.2. MÉTODO ADOTADO PARA ANÁLISE DO GRAU DAS PATOLOGIAS

4.2.1. Método GUT

O método GUT (Gravidade, Urgência e Tendência) é uma técnica desenvolvida por Kepner e Tregoe na década de 90, utilizada para priorizar problemas, projetos ou tarefas, baseado em três critérios: gravidade, urgência e tendência. Ele é amplamente utilizado na gestão de projetos, gestão de riscos, gerenciamento de processos e gerenciamento de manutenção (KEPNER; TREGOE, 1981).

A gravidade se refere ao impacto do problema, projeto ou tarefa em termos de custo, qualidade, segurança, entre outros. A urgência se refere ao prazo para a resolução ou conclusão do problema, projeto ou tarefa. A tendência se refere à probabilidade de ocorrência ou agravamento do problema, necessidade do projeto ou tarefa (KEPNER; TREGOE, 1981).

O método GUT permite avaliar e classificar os problemas, projetos ou tarefas baseadas nestes três critérios, e estabelecer prioridades para a solução ou conclusão dos mesmos. O método GUT é uma ferramenta simples e fácil de ser aplicada, ele é bastante utilizado em diferentes áreas e setores, e com boa aceitação na literatura de gestão de projetos. O grande diferencial do Método GUT, em relação aos outros do gênero, é a simplicidade de utilização

e a possibilidade de atribuir valores para cada caso concreto de maneira objetiva (MEIRELES, 2001).

4.2.1.1. Método GUT aplicado na gerência de manutenção de edificações

A matriz GUT pode ser usado para gerenciamento de manutenção de edificações na engenharia civil como uma ferramenta de priorização de ações corretivas e preventivas. Ele permite avaliar e classificar as patologias encontradas em edificações e infraestruturas, e definir a ordem e a urgência das ações a serem tomadas.

A aplicação do método GUT na gerência da manutenção de edificações consiste em identificar as patologias, avaliar sua gravidade, urgência e tendência, e elaborar programas de manutenção.

A gravidade é avaliada com base no impacto da patologia na segurança, estética, conforto e funcionalidade da edificação. A urgência é avaliada com base no prazo para a resolução da patologia, considerando a necessidade de intervenção imediata ou a possibilidade de adiamento da intervenção. A tendência é avaliada com base na probabilidade de ocorrência ou agravamento da patologia. Uma vez que as patologias são classificadas, é possível estabelecer prioridades para as ações de manutenção, garantindo que as intervenções mais importantes sejam realizadas primeiro.

Verzola, Marchiori e Aragon (2014) propõe uma adaptação da matriz GUT para quantificar patologias construtivas através de notas, apresentados no Quadro 3. As notas são atribuídas de 1 a 10, sendo 1 o menos grave. Ao final da atribuição de notas para os problemas é calculado o produto (G) x (U) x (T). O resultado definirá qual o grau de prioridade daquele problema.

Quadro 3 - Classificação GUT

	Grau	Definição	Nota
Gravidade	Total	Risco de morte, risco de desabamento/colapso pontual ou generalizado, iminência de Incêndio, impacto irrecuperável com perda excessiva do desempenho e funcionalidade, comprometimento irrecuperável da vida útil do sistema causando danos grave à saúde dos usuários ou ao meio ambiente. Prejuízo financeiro muito alto.	10
	Alta	Risco de ferimentos aos usuários, danos reversíveis ao meio ambiente ou ao edifício. Impacto recuperável com o comprometimento parcial do desempenho e funcionalidade (vida útil) do sistema que afeta parcialmente a saúde dos usuários ou o meio ambiente. Prejuízo financeiro alto.	8
	Média	Risco à saúde dos usuários, desconfortos na utilização dos sistemas, deterioração passível de restauração/reparo, podendo provocar perda de funcionalidade com prejuízo à operação direta de sistemas ou componentes. Danos ao 3meio ambiente passíveis de reparo. Prejuízo financeiro médio	6
	Baixa	Sem risco à integridade física dos usuários, sem risco ao meio ambiente, pequenos incômodos	3

		estéticos ou de utilização, pequenas substituições de componentes ou sistemas, reparos de manutenção planejada para recuperação ou prolongamento de vida útil. Prejuízo financeiro pequeno.	
	Nenhuma	Nenhum risco à saúde, à integridade física dos usuários, ao meio ambiente ou ao edifício. Mínima depreciação do patrimônio. Eventuais trocas de componentes, nenhum comprometimento do valor imobiliário.	1
Urgência	Total	Incidente em ocorrência, intervenção imediata passível de interdição do imóvel. Prazo para intervenção: Nenhum	10
	Alta	Incidente prestes a ocorrer, intervenção urgente. Prazo para intervenção: Urgente	8
	Média	Incidente previsto para breve, intervenção em curto prazo. Prazo para intervenção: O mais cedo possível	6
	Baixa	Indício de Incidente futuro, intervenção programada. Prazo para intervenção: Pode esperar um pouco	3
	Nenhuma	Incidente imprevisto, indicação de acompanhamento e manutenção programada. Prazo para intervenção: Não tem pressa	1
Tendência	Total	Progressão imediata. Vai piorar rapidamente, pode piorar inesperadamente.	10
	Alta	Progressão em curto prazo. Vai piorar em pouco tempo.	8
	Média	Progressão em médio prazo. Vai piorar em médio prazo.	6
	Baixa	Provável progressão em longo prazo. Vai demorar a piorar.	3
	Nenhuma	Não vai progredir. Não vai piorar, estabilizado.	1

Fonte: Adaptada de Verzola, Marchiori e Aragon (2014)

Em vista das vantagens apresentadas anteriormente, foi escolhido a aplicação do método GUT para a análise de patologias no presente trabalho.

4.3. ESCOLHA DOS SOFTWARES E FERRAMENTAS

4.3.1. Autodesk Revit

Autodesk Revit é um software BIM de modelagem paramétrica para projetos de edificações. Com ele é possível desenvolver projetos arquitetônicos, estruturais, elétricos e hidrossanitários. Além de possibilitar a criação de vistas detalhadas, seções, cortes e elevações, bem como a geração de plantas, detalhes, quantitativos e orçamentos. Além disso, ele permite a colaboração entre os diversos profissionais envolvidos no projeto.

Revit possui uma biblioteca de componentes paramétricos, como portas, janelas, mobiliário, equipamentos, entre outros, que podem ser inseridos e personalizados de acordo com as especificações do projeto. Ele também permite a criação de famílias de componentes personalizados, que podem ser reutilizados em outros projetos.

4.3.1.1. Justificativa de adoção

O Autodesk Revit foi adotado no presente trabalho como ferramenta de modelagem para desenvolvimento dos modelos as built da edificação de estudo, tal como para a organização e centralização das informações.

4.3.2. Dynamo

Dynamo é uma linguagem de programação visual, baseada em diagramas, que permite a automação de tarefas e o acesso aos dados contidos em outros aplicativos, como o Revit, AutoCAD e Excel, entre outros. Ela é desenvolvida pela Autodesk e é utilizada principalmente na indústria da construção civil, engenharia e arquitetura para automatizar processos de projeto, gerenciamento de informações e análise de dados.

A linguagem Dynamo é baseada em uma abordagem de programação baseada em fluxo de dados, onde os dados são transmitidos através de uma série de nós, que são elementos que realizam operações específicas, como filtragem, agrupamento, ordenação e cálculo. Esses nós podem ser conectados entre si para criar fluxos de dados complexos que automatizam tarefas e processos de projeto.

Além disso, Dynamo permite a criação de scripts paramétricos, ou seja, scripts que podem ser alterados com base em entradas do usuário, o que permite maior flexibilidade e adaptabilidade no uso da linguagem. Com isso, é possível automatizar tarefas e processos de projeto, o que pode aumentar a eficiência e reduzir erros e omissões no processo de projeto. O uso da linguagem de programação Dynamo, permite a melhoria da qualidade do projeto, redução de erros e omissões, e aumento da eficiência na tomada de decisão, possibilitando uma gestão mais eficaz e eficiente do projeto.

4.3.2.1. Justificativa de adoção

O Dynamo se torna necessário para execução desse trabalho para o desenvolvimento de um código que interligue o modelo desenvolvido no Autodesk Revit com o banco de dados armazenado em um arquivo do Microsoft Excel.

4.3.3. Microsoft Excel

Microsoft Excel é um software de planilhas eletrônicas desenvolvido pela Microsoft. Ele é amplamente utilizado para cálculos, análise de dados e geração de gráficos e tabelas. Ele permite a criação de tabelas complexas com fórmulas, funções e macros, além de possibilitar a importação e exportação de dados para outros formatos.

Excel também pode ser utilizado como um banco de dados, onde as informações são armazenadas em tabelas e podem ser facilmente organizadas, filtradas e gerenciadas. Ele possui ferramentas avançadas de análise de dados, como tabelas dinâmicas e gráficos, que permitem a análise de grandes conjuntos de dados com facilidade. Ele também oferece a possibilidade de se conectar a outros bancos de dados, como SQL e Access, permitindo a integração de dados e análises mais avançadas.

Além disso, Excel é amplamente utilizado como ferramenta de gerenciamento de projetos, permitindo a criação de planilhas gantt, cronograma, controle de orçamento e outras informações relacionadas ao projeto.

4.3.3.1. Justificativa de adoção

O software Microsoft Excel foi utilizado como meio de armazenar o bando de dados de patologias identificadas através de inspeções prediais.

4.3.3.2. Microsoft Excel na metodologia BIM

O Excel pode ser usado para armazenar e gerenciar informações relacionadas ao projeto, como listas de materiais, orçamentos, cronogramas e informações de garantia de qualidade. Ele também pode ser usado para criar tabelas dinâmicas e gráficos para visualizar e analisar esses dados. Além disso, as planilhas do Excel podem ser importadas ou ligadas a outros softwares BIM, como o Revit, para permitir a integração de dados e análise de informações.

Apesar de não ser um software desenvolvido visando trabalhar diretamente com metodologias BIM e, assim, não apresentar originalmente compatibilidade e interoperabilidade com a maioria dos softwares BIM, com os devidos ajuste é possível o Microsoft Excel pode ser utilizado no contexto do Building Information Modeling.

Visando essa limitação do software, para o presente trabalho foi desenvolvido um código em linguagem Dynamo a fim de possibilidade a troca de informações entre o Microsoft Excel e o software BIM utilizado.

4.3.4. VBA

A linguagem de programação Visual Basic for Applications (VBA) é uma linguagem de programação orientada a objetos que pode ser usada para automatizar tarefas e criar aplicativos personalizados em aplicativos Microsoft Office, como o Excel. Ela permite a criação de macro comandos, funções, sub-rotinas e procedimentos que podem ser usados para automatizar tarefas e processos.

VBA pode ser usado para inserir informações em um banco de dados no Excel, por meio de comandos que permitem acessar e manipular as células da planilha. Dessa forma, o VBA também pode ser usado para criar uma ficha de inspeção predial, onde é possível criar um formulário para preenchimento de informações relacionadas à inspeção, como tipo de patologia, localização, gravidade, entre outras informações, e depois salvar essas informações em uma planilha do Excel.

4.3.4.1. Justificativa de adoção

O VBA foi utilizado para o desenvolvimento de um aplicativo que funcionasse como uma ficha de inspeção predial interativa, onde seria possível dar a entrada de dados relevantes para análise de patologias pelo método GUT, além da inserção de registros fotográficos, por fim, salvar, organizar e tratar esses dados em um banco de dados.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO DE INSPEÇÃO PREDIAL E BANCO DE DADOS DE PATOLOGIAS

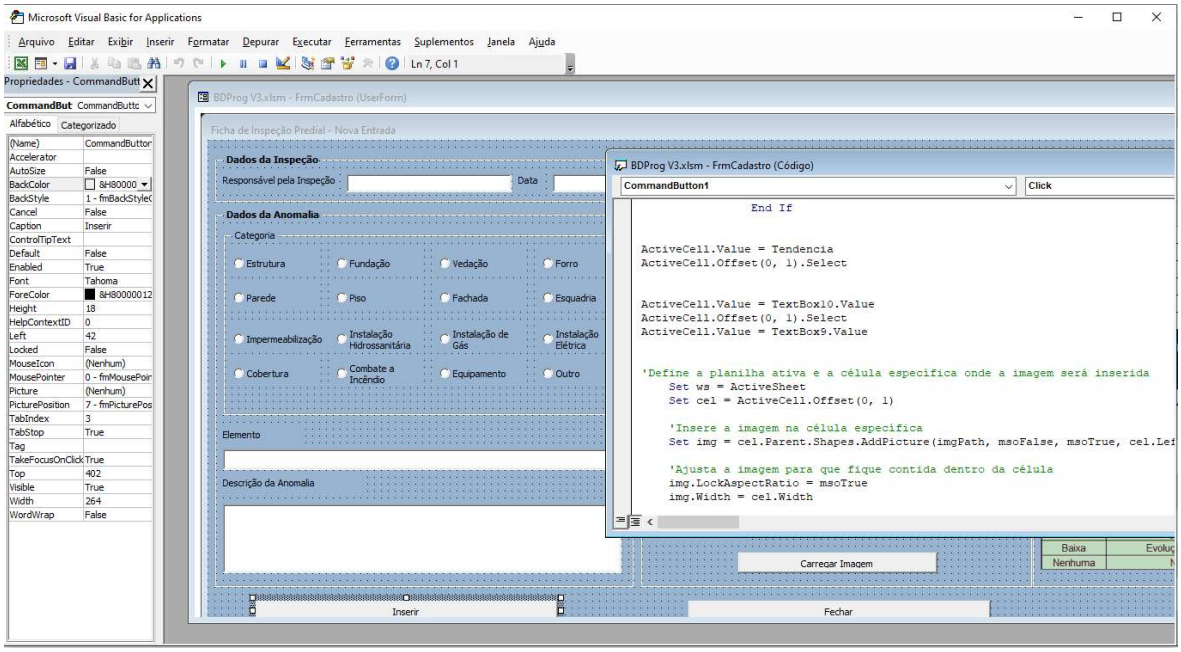
Após definir o método GUT como a metodologia adotada para avaliação de prioridade de patologias, foi desenvolvido um aplicativo pudesse servir de apoio para um técnico durante uma inspeção predial. Assim, essa aplicação serviria como uma ficha de inspeção, com o diferencial de inserir automaticamente as informações colhidas em um banco de dados e realizar a análise de gravidade das patologias pelo método adotado. Para tal, adotou-se a linguagem de programação VBA, em similaridade ao que foi adotado no método de Sampaio e Simões (2014) analisado anteriormente, devido a sua fácil integração com o software Microsoft Excel e tendo em vista que a maioria das fichas de inspeção automáticas encontras são aplicações pagas.

Como primeiro passo, foi determinado quais informações seriam pertinentes para a ficha de inspeção. Sendo estas listadas a seguir:

- Responsável pela inspeção;
- Data da inspeção;
- Categoria em que se enquadra o elemento onde a anomalia foi observada;
- Elemento onde a anomalia foi observada;
- Descrição da anomalia;
- Localização da anomalia;
- Gravidade, Urgência e Tendência estabelecidas pelo método GUT;
- Possíveis causas da anomalia;
- Recomendação de solução; e
- Registro fotográfico

Com essas premissas em mãos, o passo seguinte foi a programação da ficha de inspeção utilizando o Microsoft Visual Basic for Applications, como representa a Figura 27.

Figura 27 - Desenvolvimento da ficha de inspeção



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Após os dados serem inseridos na ficha, o aplicativo criará um banco de dados contendo essas informações em um arquivo Excel, onde cada nova entrada será a uma nova linha. A planilha automaticamente irá atribuir pesos a anomalia pelo método GUT e, com base no produto desses pesos, será atribuída uma nota de prioridade, como observado na Figura 28; pela qual o responsável pela gerência de manutenção pode se guiar em suas tomadas de decisão.

Figura 28 - Exemplo de banco de dados gerado

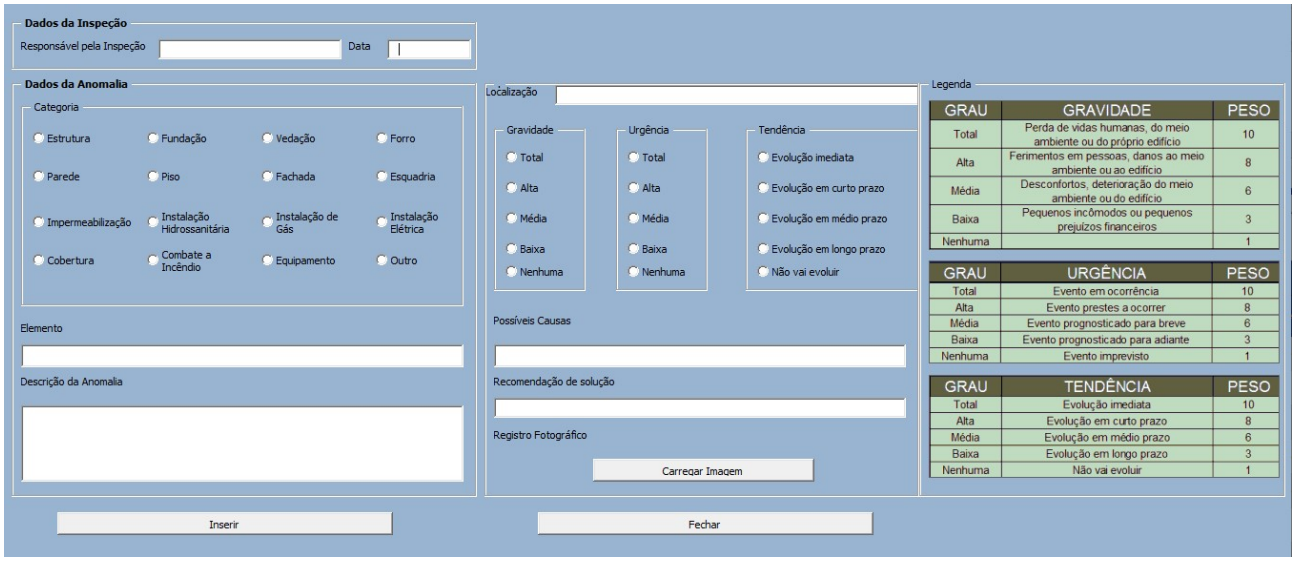
Banco de dados de inspeção Predial

Gravidade	Urgência	Tendência	Possíveis causas	Recomendação de solução	Foto	Peso Gravidade	Peso Urgência	Peso Tendência	Prioridade
Média	Alta	Evolução em médio prazo	Exemplo Teste	Exemplo Teste		6	8	6	288,00
Média	Baixa	Não vai evoluir				6	3	1	18,00

Fonte: Desenvolvido pelo autor

Na Figura 29 é apresentada a interface da ficha de inspeção desenvolvida.

Figura 29 - Interface do aplicativo



Fonte: Desenvolvido pelo autor

O presente aplicativo foi testado em computadores desktop, notebooks e tablets com suporte para Microsoft Excel, mostrando-se funcional. Entretanto, não foi possível sua utilização em aparelhos celulares.

5.2. INSPEÇÃO PREDIAL REALIZADA NA EDIFICAÇÃO DE ESTUDO DE CASO

Foi realizado uma inspeção na edificação de estudo de caso. Essa vistoria tinha como objetivo:

- Realizar um levantamento de patologias por avaliação visual;
- Classificar as patologias pelo método GUT;
- Testar a aplicabilidade da ficha de inspeção desenvolvida;
- Colher dados de dimensões da edificação para, posteriormente, modelar o modelo as built.

5.2.1. Inspeção de patologias

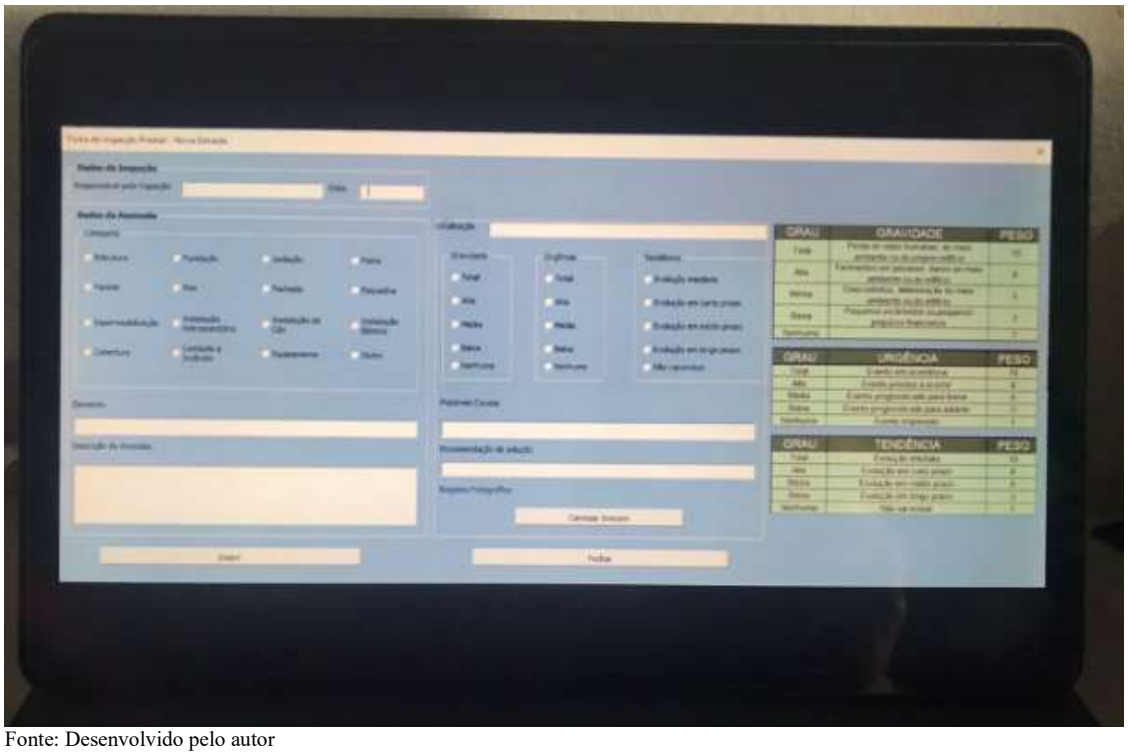
A inspeção predial é uma atividade técnica que visa avaliar as condições físicas, operacionais e de segurança de uma edificação. É um processo essencial para a manutenção e conservação de imóveis, uma vez que identifica e prioriza as ações necessárias para garantir a segurança dos ocupantes e a preservação do patrimônio. No presente trabalho, a inspeção realizada foi importante para testar a funcionalidade do aplicativo desenvolvido anteriormente em uma atividade pratica. Também teve como objetivo gerar o banco de dados de patologias da edificação de estudo de caso, que seria associado ao modelo BIM posteriormente.

A inspeção deu início pela guarita e fachada da edificação, posteriormente se estendendo aos dois pavimentos administrativos e ao galpão de carga, finalizando nos fundos do tereno.

Com o auxílio de um tablet, como demonstrado na **Figura 30**, as patologias observadas foram inseridas na ficha de inspeção que, por sua vez, gerou um banco de dados em formato

.xlsm. Para fins de registro histórico, também foram inseridas informações de patologias encontradas em uma vistoria previa realizada no dia 24/08/2021, presentes em relatórios, e que não haviam sido corrigidas até o presente momento.

Figura 30 - Tablet com ficha de inspeção a ser preenchida



Fonte: Desenvolvido pelo autor

A cada nova entrada de anomalia, sempre que possível, era adicionado um registro fotográfico, sendo esse um recurso oferecido pela própria ficha de inspeção. Todos esses registros fotográficos estarão presentes no banco de dados e no modelo tridimensional, mas algumas podem ser observadas nas **Figura 31**, **Figura 32**, **Figura 33**, **Figura 34**, **Figura 35** e **Figura 36**.

Figura 31- Fiação exposta no galpão de cargas



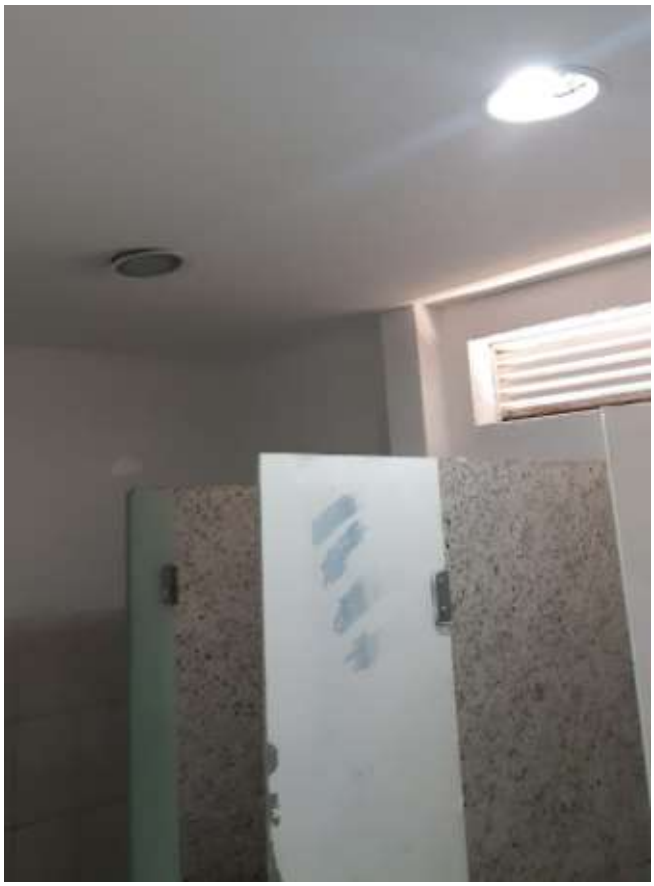
Fonte: Desenvolvido pelo autor

Figura 32 - Aparelhos de controle de climatização com defeito



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Figura 33 - Lâmpada do banheiro do estoque sem funcionamento



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Figura 34 - Infiltração em parede interna do estoque



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Figura 35 - Fiação exposta e lâmpada sem funcionamento na lateral da edificação



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Figura 36 - Fiação exposta no banheiro da guarita



Fonte: Desenvolvido pelo autor

À cada nova entrada ser inserida, a planilha agrupa os dados de cada entrada em categorias especificas, além de atribuir um peso quantitativo para sua gravidade, urgência e tendencia. O produto desse peso é atribuído como “prioridade”. Os pesos então foram classificados por um sistema de cores, a fim de facilitar a visualização de pontos críticos, como observado na **Figura 37**. Essas informações têm como objetivo auxiliar o técnico responsável pela gestão de manutenção a determinar a prioridade de manutenção para cada sistema.

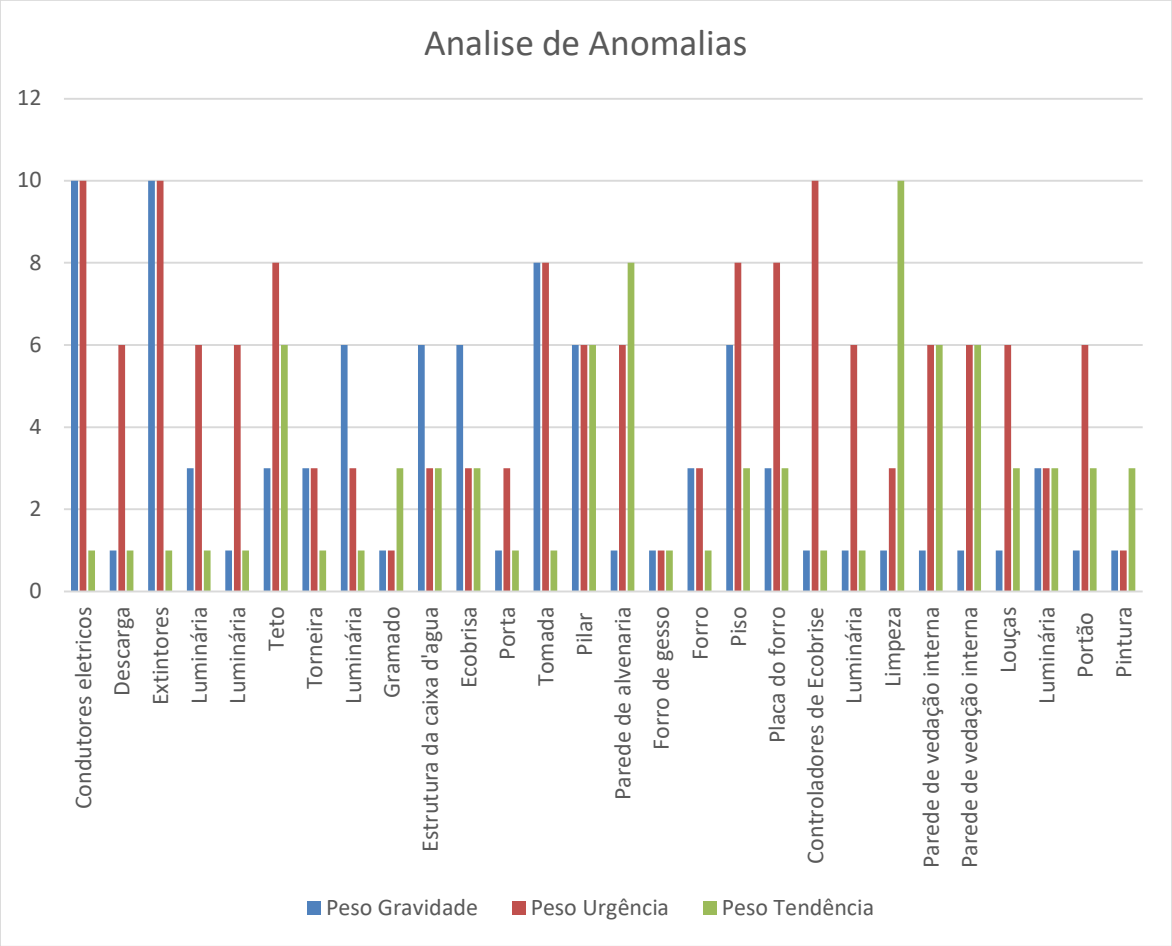
Figura 37 - Banco de dados de patologias gerado

Banco de dados de inspeção Predial															
Responsável pela inspeção	Data	Categoria	Elemento	Descrição da anomalia	Localização	Gravidade	Urgência	Tendência	Possíveis causas	Recomendação de solução	Foto	Peso Gravidade	Peso Urgência	Peso Tendência	Prioridade
Hebert Martins	24/08/2021	Instalação Elétric	Condutores elétricos	Fiação exposta nas paredes do banheiro	Guarita	Total	Total	Não vai evoluir	Erro humano durante reforma	Adequação dos condutores através da alvenaria		10	10	1	100,00
Hebert Martins	21/01/2023	Instalação Hidra	Descarga	Válvula de descarga DOCOL sem funcionalidade	Banheiro da guarita	Nenhuma	Média	Não vai evoluir	Desgaste com o tempo	Substituição da peça		1	6	1	6,00
Hebert Martins	24/08/2021	Combate a Incên	Extintores	Ausencia de extintor de incêndio no local	Refeitório externo	Total	Total	Não vai evoluir		Compra de novo equipamento para se adequar com as normas de s		10	10	1	100,00
Hebert Martins	24/08/2021	Instalação Elétric	Luminária	Luminária platon sem lâmpada e com fiação exposta	Casa de máquinas	Baixa	Média	Não vai evoluir	Má instalação durante a ultima reform	Fixar devidamente o suporte da luminária e substituir a lâmpada		3	6	1	18,00
Hebert Martins	24/08/2021	Instalação Elétric	Luminária	Luminárias externas com lâmpadas tubulares não funcion	Fatiada frontal	Nenhuma	Média	Não vai evoluir	Má instalação durante a ultima reform	Fixar devidamente o suporte da luminária e substituir a lâmpada		1	6	1	6,00
Hebert Martins	24/08/2021	Cobertura	Teto	Laje de fibra aparentes desgastada e com algumas fibras	Vestiário externo	Baixa	Alta	Evolução em médio prazo	Desgaste temporal	Reforma da laje		3	8	6	144,00
Hebert Martins	24/08/2021	Instalação Hidra	Torneira	Torneira de PVC sem funcionar	Vestiário externo	Baixa	Baixa	Não vai evoluir	Desgaste do equipamento	Substituição do equipamento		3	3	1	9,00
Hebert Martins	24/08/2021	Instalação Elétric	Luminária	Lâmpadas tubulares com fiação exposta	Vestiário externo	Média	Baixa	Não vai evoluir		Fixar adequadamente o suporte da luminária		6	3	1	18,00
Hebert Martins	24/08/2021	Outro	Gramado	Gramado externo pouco conservado	Fundo do terreno	Nenhuma	Nenhuma	Evolução em longo prazo	Falta de manutenção	Substituição da grama		1	1	3	3,00
Hebert Martins	24/08/2021	Outro	Estrutura da caixa dagua	Estrutura metálica da caixa dagua apresenta ferrugem no	Fundo do terreno	Média	Baixa	Evolução em longo prazo	Oxidação dos metais			6	3	3	54,00
Hebert Martins	21/01/2023	Equipamento	Ecobrisa	2 ar condicionados climatizadores industriais apresentam	Galpão	Média	Baixa	Evolução em longo prazo	Acumulo de sujeira e possível ninho	Limpeza do equipamento		6	3	3	54,00
Hebert Martins	21/01/2023	Esquadria	Porta	Fechadura quebrada na porta do banheiro	Banheiro feminino - Galpão	Nenhuma	Baixa	Não vai evoluir		Substituição do equipamento		1	3	1	3,00
Hebert Martins	21/01/2023	Instalação Elétric	Tomada	Tomadas industriais trifásicas de alta tensão com fiação	Sala do carregador de bateria - G	Alta	Alta	Não vai evoluir		Fixação adequada das tomadas na alvenaria		8	8	1	64,00
Hebert Martins	21/01/2023	Estrutura	Viga	Viga estrutural aparentando trinca	Galpão	Média	Média	Evolução em médio prazo		Acompanhar o desenvolvimento da trinca e providenciar reforma o		10	10	10	200,00
Hebert Martins	21/01/2023	Vedação	Parede de alvenaria	Infiltração no lado interno da vedação externa do galpão	Galpão	Nenhuma	Média	Evolução em curto prazo	Problemas na impermeabilização es	Aplicação de impermeabilizante ou correção do vazamento, a depe		1	6	8	48,00
Hebert Martins	21/01/2023	Forro	Forro de gesso	Placa de forro mal colocada	Hall de entrada	Nenhuma	Nenhuma	Não vai evoluir	Erro humano durante reforma			1	1	1	1,00
Hebert Martins	21/01/2023	Forro	Forro	Placas do forro descoladas e aberturas no teto	Sala de TI	Baixa	Baixa	Não vai evoluir		Substituição dos elementos faltantes		3	3	1	9,00
Hebert Martins	21/01/2023	Piso	Piso	Buraco exposto no piso	Sala de TI	Média	Alta	Evolução em longo prazo		Substituição dos elementos faltantes do piso		6	8	3	144,00
Hebert Martins	21/01/2023	Forro	Placa do forro	Buraco na placa do forro	Sala do servidor	Baixa	Alta	Evolução em longo prazo		Recomenda-se a substituição da placa com defeito com certa urgê		3	8	3	72,00
Hebert Martins	21/01/2023	Equipamento	Controladores de Ecobrise	5 de 11 controladores de climatizadores Ecobrise encon	Galpão	Nenhuma	Total	Não vai evoluir	Desgaste com o tempo e má operaç	Substituição dos equipamentos		1	10	1	10,00
Hebert Martins	21/01/2023	Instalação Elétric	Luminária	Luminária sem funcionar	Banheiro masculino - Galpão	Nenhuma	Média	Não vai evoluir	Lâmpada queimada	Substituição da lâmpada		1	6	1	6,00
Hebert Martins	21/01/2023	Outro	Limpeza	Estado inadequado de higiene e limpeza do banheiro	Banheiro Externo - Fundo do terr	Nenhuma	Baixa	Evolução Imediata	Ausencia de manutenções de rotina	Limpeza do ambiente		1	3	10	30,00
Hebert Martins	21/01/2023	Vedação	Parede de vedação interna	Fenda na parede de vedação interna	Depósito - Fundo do terreno	Nenhuma	Média	Evolução em médio prazo	Possível infiltração			1	6	6	36,00
Hebert Martins	21/01/2023	Vedação	Parede de vedação interna	Buraco na parede de vedação interna	Depósito - Fundo do terreno	Nenhuma	Média	Evolução em médio prazo				1	6	6	36,00
Hebert Martins	21/01/2023	Equipamento	Louças	Mal estado de conservação da louças na área de serviço e	Área de serviço externa	Nenhuma	Média	Evolução em longo prazo		Instalação de torneiras e limpeza periódica		1	6	3	18,00
Hebert Martins	21/01/2023	Instalação Elétric	Luminária	Luminária com lâmpada queimada, rotor com defeito e fi	Fundo do terreno	Baixa	Baixa	Evolução em longo prazo	Desgaste com o tempo	Substituição de todo conjunto da luminária		3	3	3	27,00
Hebert Martins	21/01/2023	Esquadria	Portão	Portão de entrada de carga emperrado	Galpão	Nenhuma	Média	Evolução em longo prazo	Falta de substituição e rodas enferr	Manutenção das rodas e aplicação de óleo		1	6	3	18,00
Hebert Martins	21/01/2023	Parede	Pintura	Área da parede sem pintura	Corredor entre salas de trabalho	Nenhuma	Nenhuma	Evolução em longo prazo	Serviço incompleto durante reforma	Aplicação de tinta		1	1	3	3,00

Fonte: Desenvolvido pelo autor

Ao gerarmos um gráfico que correlacione os pesos atribuídos as anomalias com os elementos onde foram observadas, chegamos aos resultados apresentados na **Figura 38**, onde podemos observar que os condutores elétricos e extintores apresentam os maiores valores de gravidade e urgência. Tal fato decorre das fiações expostas e ausência de extintores de incêndio, problemas que podem acarretar riscos a vida e a integridade humana. Sendo assim, recomendado aos responsáveis pela manutenção da edificação darem atenção a esses elementos citados.

Figura 38 - Gráfico de análise de anomalias pelo método GUT



Fonte: Desenvolvido pelo autor

5.2.1.1. Exemplo de preenchimento de ficha de inspeção

Para melhor compreensão acerca do processo de preencher a ficha de inspeção, tomaremos como exemplo a patologia identificada na Figura 31. Para sua inclusão no banco de dados é seguido os seguintes passos:

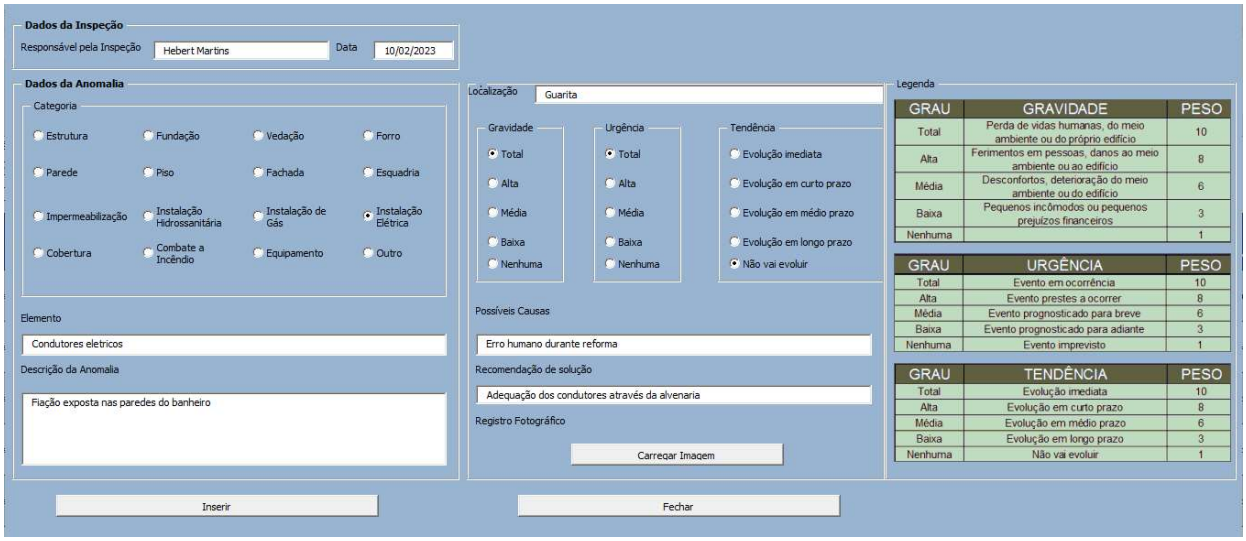
- Primeiro são preenchidos os dados de identificação da inspeção, como responsável e data de realização.
- Em seguida é selecionado em qual categoria de sistemas a patologia se encontrar. No caso de exemplo, se encaixaria como “Instalação elétrica”. Vale ressaltar que esse campo foi programado de modo a restringir as opções do usuário, a fim de padronizar esse parâmetro para análises futuras.
- Posteriormente o técnico avaliador relata em qual elemento a anomalia foi identificada, no caso do exemplo seria nos condutores elétricos. Então seria feita uma breve descrição do problema.
- A localização do problema é preenchida. Esse dado se torna importante para localizar posteriormente o problema no modelo.
- Pelos critérios adotados para avaliação GUT foi atribuído grau “total” para gravidade, devido ao risco iminente a vida e integridade humana. O parâmetro de urgência também recebeu grau “total” devido ao problema está em ocorrência no

exato momento. Todavia não foi atribuído grau para tendência, visto que o problema não possui meios de evoluir a partir daquele ponto.

- Em seguida, o técnico pode fazer uma proposição de possíveis causas, assim como recomendações de solução.
- Por fim, é inserido uma fotografia do local e a entrada é finalizada pressionando o botão “inserir”.

Após realizar os procedimentos citados anteriormente, a ficha de inspeção estaria preenchida de forma similar a **Figura 39**

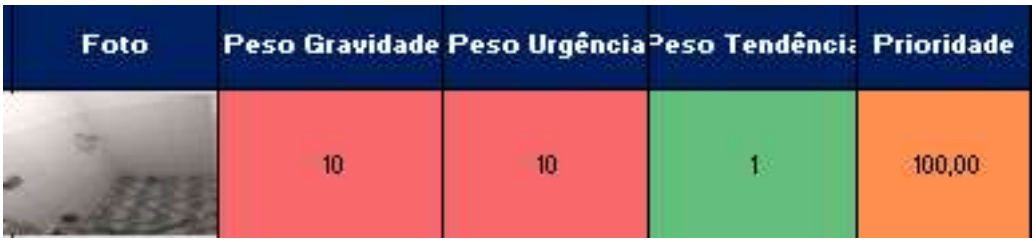
Figura 39 - Exemplo de preenchimento de ficha



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Após inserir a entrada, os dados preenchidos serão adicionados automaticamente ao banco de dados. A ficha também irá inserir um campo com o registro fotográfico e atribuirá pesos aos critérios GUT, determinando uma prioridade, como podemos observar na **Figura 40**.

Figura 40 - Exemplo de preenchimento do banco de dados



Fonte: Desenvolvido pelo autor

5.2.2. Levantamento de informações para modelo as built

Para o levantamento de dimensões foi optado pelo método tradicional, devido a sua simplicidade e baixo custo, não sendo necessário nenhum equipamento com custo elevado e necessidade de mão de obra especializada, se comparado com os métodos de nuvem de pontos A principal ferramenta utilizado para o as built tradicional foi a trena laser, que proporcionou uma aferição das medidas com mais rapidez e precisão em comparação à trena

convencional. Entretanto, para medições de pequenas distancias, como esquadrias e vidraçarias, foram utilizadas trenas convencionais. Mas, apesar da praticidade, esse método se mostrou limitado para medições em grandes alturas.

As medições aferidas foram anotadas em uma cópia da planta baixa original da edificação e posteriormente serviu de base para modelagem do modelo 3D as bult.

Além das dimensões, também foram anotados os materiais que constituíam cada elemento, destacando paredes de drywall, paredes de alvenaria, esquadrias metálicas ou de madeira, entre outros. A fim de produzir um modelo o mais preciso possível.

5.3. MODELAGEM DA EDIFICAÇÃO

5.3.1. Planejamento de modelagem

O processo de modelagem de um modelo arquitetônico de uma edificação é um processo complexo que envolve diversas etapas. Uma dessas etapas é o planejamento da modelagem, que tem como objetivo definir as diretrizes e as estratégias para o desenvolvimento do modelo. Nessa etapa, é importante considerar as normas e as melhores práticas para a modelagem, assim como as especificidades do projeto em questão.

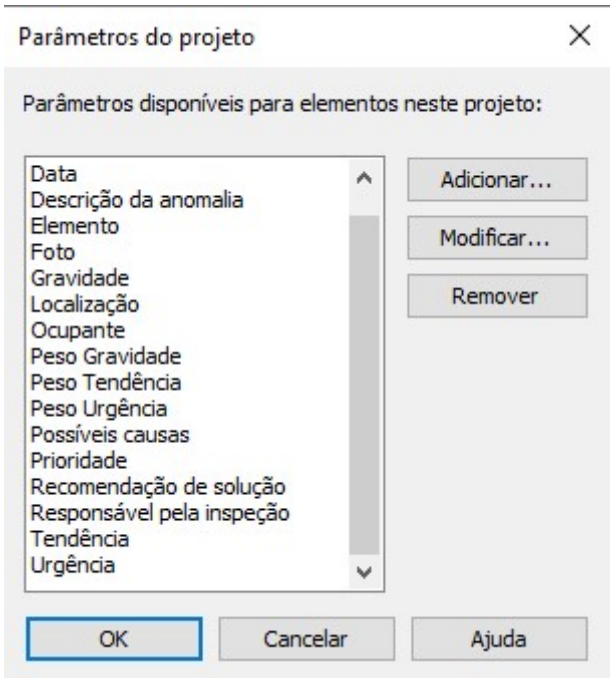
No caso em questão, a edificação escolhida para o estudo de caso foi o galpão para depósito localizado em Brasília. Antes do desenvolvimento do modelo arquitetônico, foi necessário estabelecer o grau de detalhamento que seria implementado no projeto da edificação. Nesse sentido, as normas, particularmente a COBIM, indicam a aplicação do nível mais elevado de detalhamento, conhecido como LOD500.

Esse tipo de detalhamento é comumente chamado de as-built, ou seja, representa a construção tal como foi seu resultado final. No entanto, também é preciso adaptar ao contexto desse projeto. As normas descrevem o detalhamento as-built como sendo necessário para o modelo final em obras que ainda estão em fase de construção, sendo o modelo as-built dotado de todas as modificações feitas da fase de planejamento até a entrega da obra. Porém, esse projeto se baseia em uma edificação já construída e em funcionamento, tornando-se necessário adotar um novo termo, referido por (Cerovsek, 2013) como as-managed.

Este novo termo é utilizado na fase de operação e manutenção, pois envolve a atualização do modelo com todas as mudanças realizadas durante esse período. Todavia, esse termo não causa uma alteração no LOD utilizado, pois já se encontra no nível máximo.

Outra questão importante que foi considerada durante o planejamento da modelagem foi a classificação das patologias. Para isso, o método GUT foi utilizado para atribuir parâmetros de classificação de patologias aos elementos construtivos da edificação. Esses parâmetros foram incluídos no modelo para posterior utilização na programação dos scripts de parametrização entre o modelo e o banco de dados de patologias. Esse processo permitiu uma melhor gestão e manutenção da edificação ao longo do tempo.

Figura 41 - Configuração de parâmetros do projeto



Fonte: Desenvolvido pelo autor

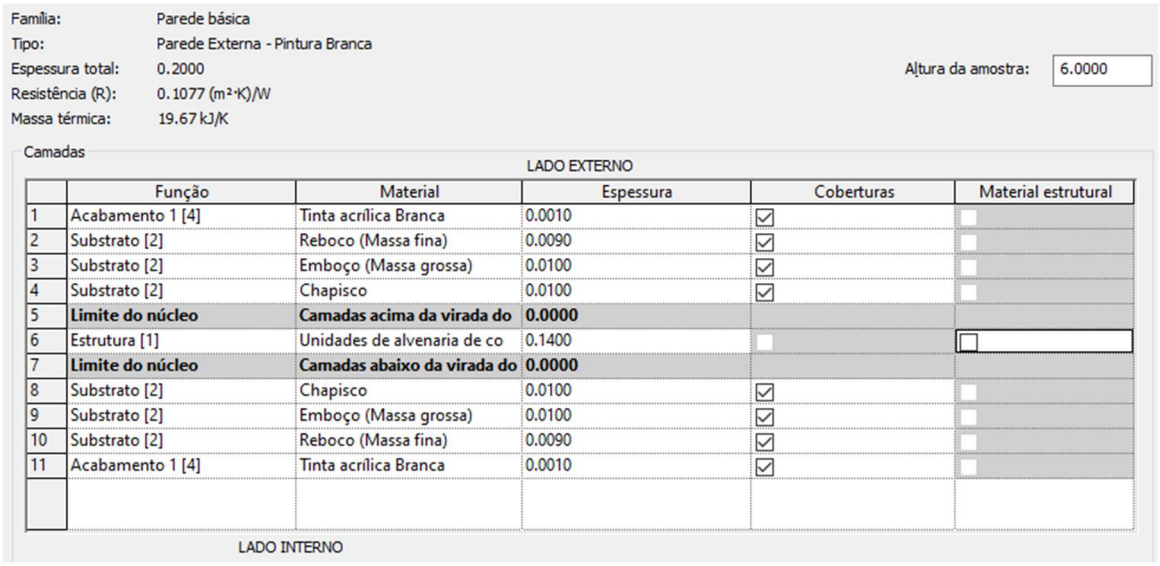
Além disso, foi necessário adaptar o template do software de modelagem, adequando os parâmetros globais, como exemplificado na **Figura 41**, para que os elementos construtivos recebessem os dados de classificação de patologias. Essa adaptação foi importante para garantir a qualidade e a precisão dos dados inseridos no modelo.

5.3.2. Modelagem

Para esse projeto, foi definido que seria desenvolvido apenas o modelo arquitetônico, em decorrência do prazo de entrega e a complexidade do detalhamento dos modelos. Entretanto, todos os elementos estruturais foram representados dentro do modelo arquitetônico devido a sua importância. Além disso, a inspeção de patologias contemplou todos os sistemas, incluindo estruturas e instalação, assim como as patologias observadas nesses sistemas foram classificadas, registradas e, posteriormente, incluídas no modelo arquitetônico desenvolvido, para seu devido registro. Tal escolha está alinhada com o método de Sampaio e Simões (2014) analisado em capítulos anteriores. Também é importante destacar que os demais produtos desse trabalho foram desenvolvidos para poderem ser aplicados a quaisquer modelos, sejam arquitetônicas, de estruturas ou instalações.

O modelo arquitetônico foi desenvolvido com base nas medições aferidas in loco. Também foram aferidos os materiais e métodos construtivos utilizados para a edificação dos elementos, dessa forma foi decidido que, apensar de adiciona complexidade ao modelo e gerar um arquivo consideravelmente maior, as camadas dos vários constituintes das paredes, interiores e exteriores, e das lajes dos pisos deveriam ser representadas, como observadas nas **Figura 42** e **Figura 43**, e não apenas representadas como elementos genéricos. De tal forma, esse dado poderia ser utilizado posteriormente em um projeto de reforma, gerando quantitativos de materiais e orçamentos mais precisos.

Figura 42 - Estrutura de paredes de alvenaria



Família: Parede básica
Tipo: Parede Externa - Pintura Branca
Espessura total: 0.2000
Resistência (R): 0.1077 (m²·K)/W
Massa térmica: 19.67 kJ/K
Altura da amostra: 6.0000

Camadas

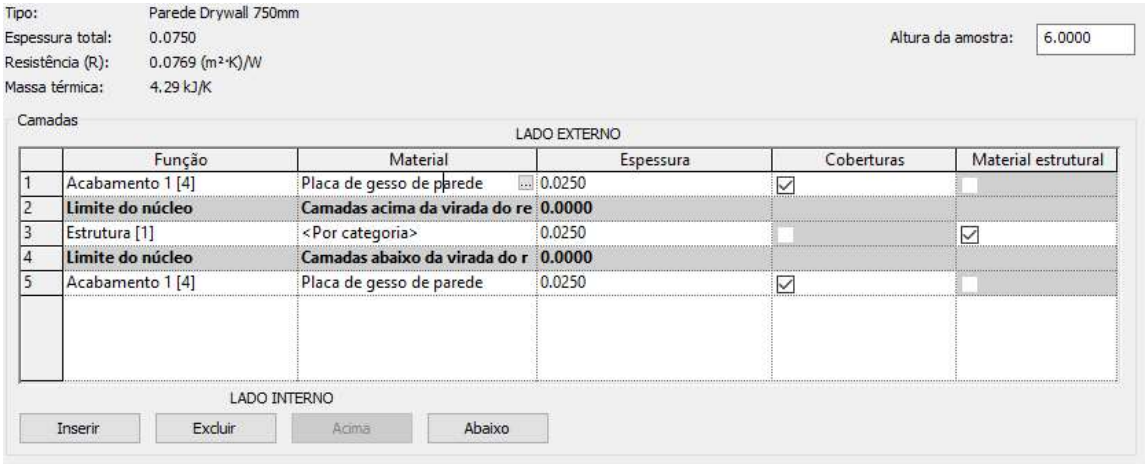
LADO EXTERNO

	Função	Material	Espessura	Coberturas	Material estrutural
1	Acabamento 1 [4]	Tinta acrílica Branca	0.0010	☑	☐
2	Substrato [2]	Reboco (Massa fina)	0.0090	☑	☐
3	Substrato [2]	Emboço (Massa grossa)	0.0100	☑	☐
4	Substrato [2]	Chapisco	0.0100	☑	☐
5	**Limite do núcleo**	**Camadas acima da virada do**	**0.0000**		
6	Estrutura [1]	Unidades de alvenaria de co	0.1400	☐	☐
7	**Limite do núcleo**	**Camadas abaixo da virada do**	**0.0000**		
8	Substrato [2]	Chapisco	0.0100	☑	☐
9	Substrato [2]	Emboço (Massa grossa)	0.0100	☑	☐
10	Substrato [2]	Reboco (Massa fina)	0.0090	☑	☐
11	Acabamento 1 [4]	Tinta acrílica Branca	0.0010	☑	☐

LADO INTERNO

Fonte: Desenvolvido pelo autor

Figura 43 - Estrutura de paredes de drywall



Tipo: Parede Drywall 750mm
Espessura total: 0.0750
Resistência (R): 0.0769 (m²·K)/W
Massa térmica: 4.29 kJ/K
Altura da amostra: 6.0000

Camadas

LADO EXTERNO

	Função	Material	Espessura	Coberturas	Material estrutural
1	Acabamento 1 [4]	Placa de gesso de parede	0.0250	☑	☐
2	**Limite do núcleo**	**Camadas acima da virada do re**	**0.0000**		
3	Estrutura [1]	<Por categoria>	0.0250	☐	☑
4	**Limite do núcleo**	**Camadas abaixo da virada do r**	**0.0000**		
5	Acabamento 1 [4]	Placa de gesso de parede	0.0250	☑	☐

LADO INTERNO

Inserir | Excluir | Acima | Abaixo

Fonte: Desenvolvido pelo autor

Todavia, é necessário destacar que em caso de exportação, devido às limitações do formato IFC, o modelo irá perder as informações contidas acerca das diferentes camadas das paredes.

Os pilares e vigas pertencentes à especialidade de estruturas também foram inseridos no modelo. Todavia, ao contrário do parágrafo anterior, neste caso optou-se por uma simplificação na modelação, devido à falta de utilidade da informação referente à sua composição ao nível das armaduras. Logo, os elementos representativos de pilares e vigas não contém armaduras, apenas apresentam o concreto como material constituinte.

Adaptando objetos paramétricos 3D existentes na biblioteca do Revit, foram criados todos os elementos representados como, telhados, portas, janelas, escadas e corrimãos. Se atentando para a representação exata de suas dimensões e seus materiais. Também foi adotado uma simplificação para a representação do telhado, não sendo esse modelado com cada telha metálica separadamente, a fim de evitar que o arquivo do modelo ficasse desnecessariamente grande.

Com o template preparado para atender aos objetivos do projeto e com o nível de detalhamento definido, seguiu-se a etapa de modelagem. O processo de modelagem foi executado seguindo o seguinte passo a passo:

- **Criação do arquivo do projeto**: o primeiro passo é criar um arquivo do projeto no Revit e definir as unidades e o sistema de coordenadas que serão usados.

- **Importação de informações**: com as informações já levantadas, é possível importar os arquivos para o Revit a planta baixa e as anotações colhidas em campo, para auxiliar durante a modelagem.

- **Criação de níveis**: o próximo passo é criar níveis no Revit que correspondam aos níveis reais da edificação. Isso pode incluir pisos, lajes, telhados e outras estruturas. Esses níveis serão usados como base para a criação dos elementos da edificação.

- **Criação de paredes, pisos, tetos e outros elementos arquitetônicos**: com os níveis criados, é possível começar a criar os elementos da edificação, como paredes, pisos, tetos e outros elementos arquitetônicos. Esses elementos devem ser criados com base nas informações levantadas, para garantir que sejam precisos e representem corretamente a edificação.

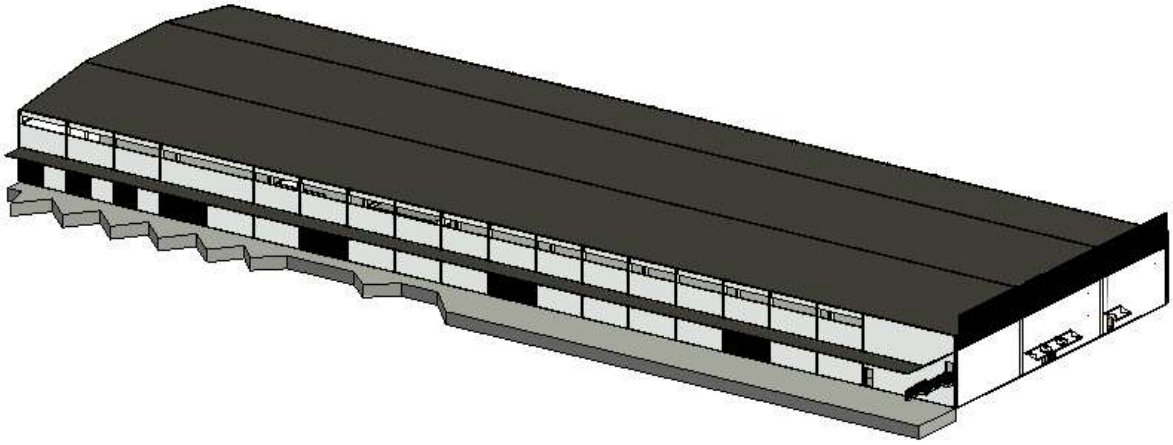
- **Adição de portas, janelas e outros elementos**: depois de criar as paredes, pisos e tetos, é possível adicionar portas, janelas e outros elementos à edificação. Esses elementos devem ser adicionados com base nas informações levantadas e nos padrões da indústria, para garantir que sejam precisos e funcionais.

- **Criação de famílias personalizadas**: em alguns casos, pode ser necessário criar famílias personalizadas para representar elementos específicos da edificação. No projeto especifico, os únicos elementos que tiveram tal necessidade foram os portões do estoque de cargas.

- **Finalização do modelo**: O modelo finalizado deve ser preciso e completo o suficiente para ser usado para uma variedade de fins, incluindo gerenciamento e manutenção.

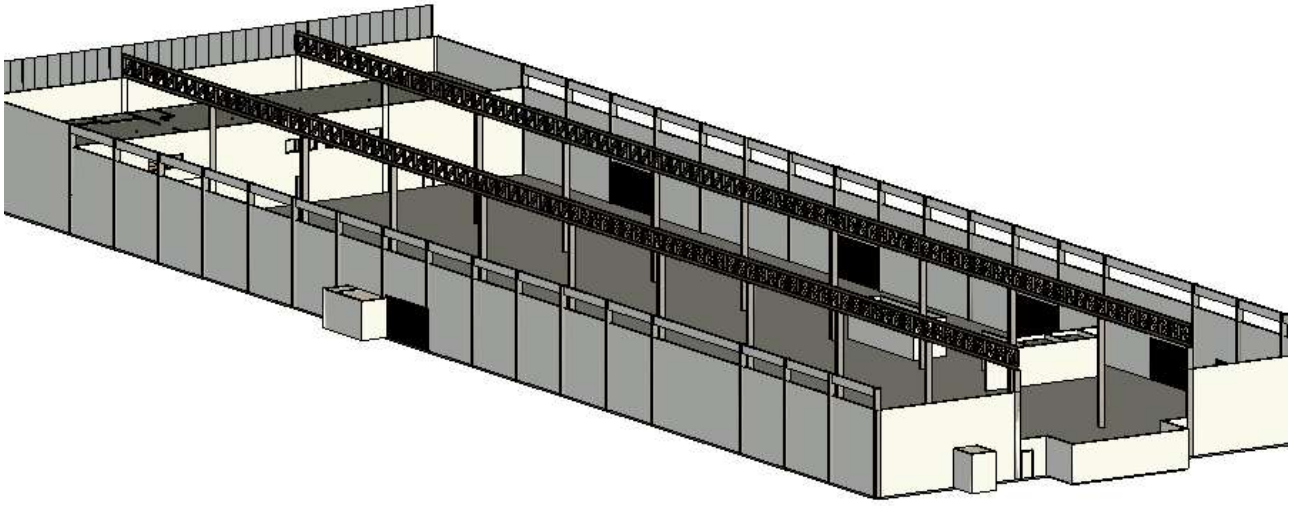
A Figura 44 demostra o resultado do modelo 3D em vista isométrica. As Figura 45, Figura 46 e Figura 47 apresentam cortes para melhor compreensão do modelo.

Figura 44 - Vista isométrica do modelo tridimensional



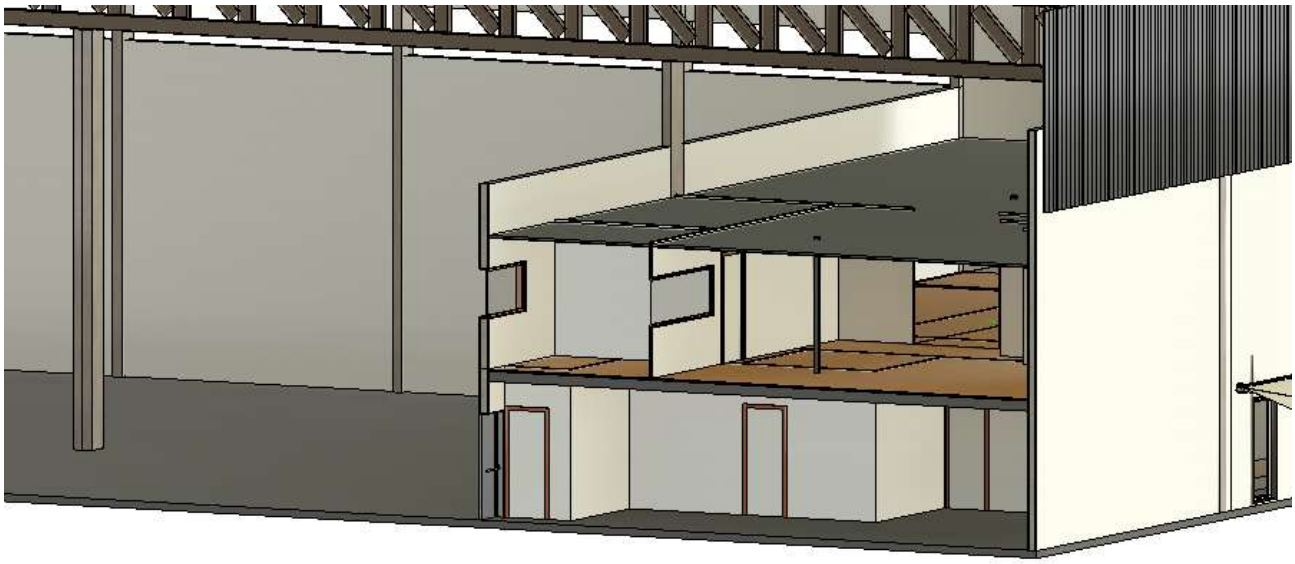
Fonte: Desenvolvido pelo autor

Figura 45 - Vista isométrica com corte de cobertura



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Figura 46 - Corte lateral da área administrativa



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Figura 47 - Corte frontal da área administrativa



Fonte: Desenvolvido pelo autor

5.4. ASSOCIAÇÃO DO BANCO DE DADOS COM O MODELO 3D

Por fim, para associar os dois produtos da inspeção predial, o modelo as- managed e o banco de dados de patologias, mantendo assim os princípios de parametrização e interoperatividade da metodologia BIM, foram determinadas as seguintes premissas que esse processo deveria seguir:

- Deve ser possível, através do próprio modelo, visualizar as fichas de inspeção de maneira dinâmica;
- O modelo deve possuir a planilha de patologias com todos os dados do arquivo original, incluindo registros fotográficos;

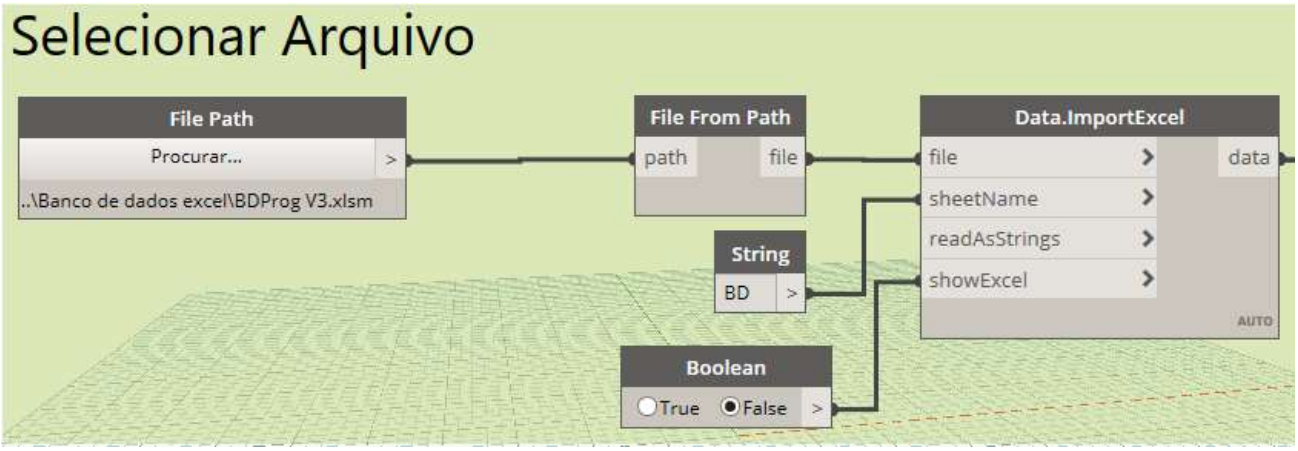
- A interação entre banco de dados e modelo deve ser paramétrica, ou seja, ao se atualizar o banco de dados no arquivo original ou introduzir uma nova entrada pelo aplicativo de ficha, os dados dentro do modelo também devem atualizar; e
- Não deve ser necessário abrir o arquivo original do banco de dados para acessar as informações, sendo suficiente apenas o próprio modelo;

5.4.1 Visualização das fichas de inspeção

Foi desenvolvido um script para possibilitar a visualização das informações do banco de dados de patologias, no modelo de fichas, dentro do próprio arquivo do modelo tridimensional da edificação. Sendo o Dynamo uma linguagem de programação visual desenvolvida para engenheiros, ela oferece diversos recursos que auxiliaram no presente processo.

O primeiro passo foi estabelecer um bloco de códigos que recebesse e interpretasse o arquivo do banco de dados, como exemplificado na **Figura 48**.

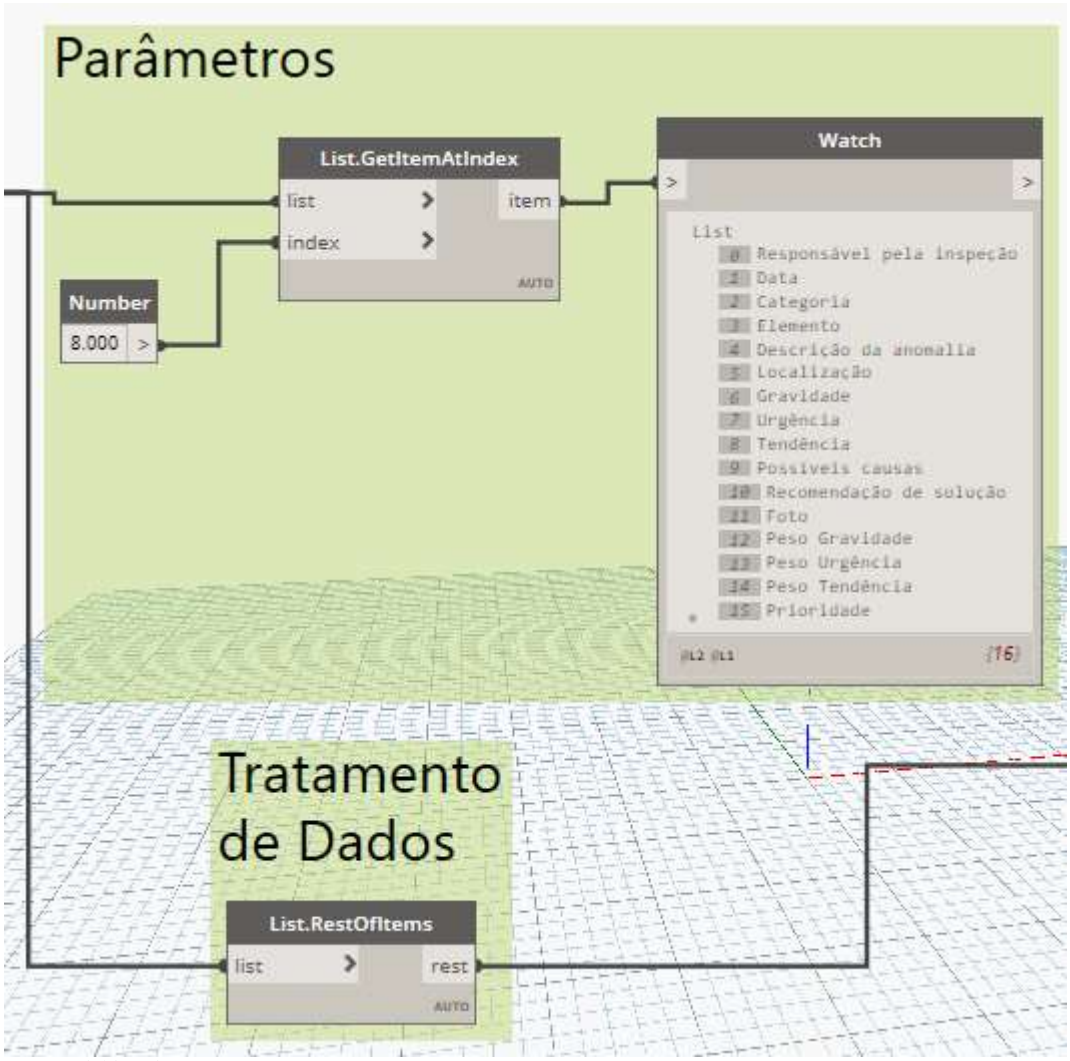
Figura 48 - Blocos de seleção de arquivo



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Logo após, foram criados dois conjuntos de blocos. O primeiro recebe os dados interpretado pelo conjunto anterior e identifica os parâmetros da planilha, tais como Data, categoria e localização. Por sua vez, o segundo faz um tratamento de dados antes de ser interligado com o último conjunto de blocos. Podemos observar os processos citados na **Figura 49**.

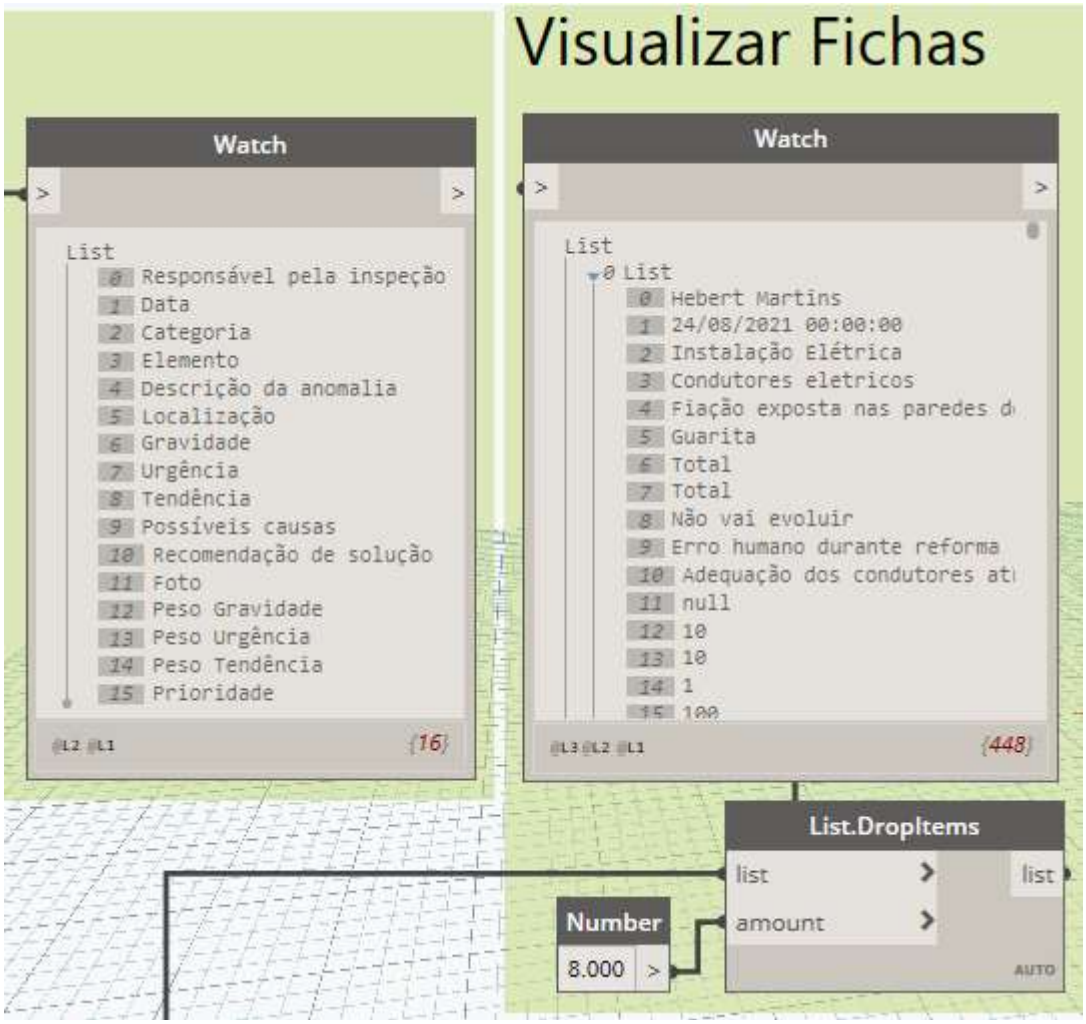
Figura 49 - Bloco de parâmetros e tratamento de dados



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Por fim, o último conjunto de bloco de códigos possibilita a visualização dos dados do bando de dados como fichas, como exemplificado na **Figura 50**. No exemplo em questão, a caixa de visualização apresenta uma entrada de patologia nos condutores elétricos.

Figura 50 - Blocos de visualização de fichas

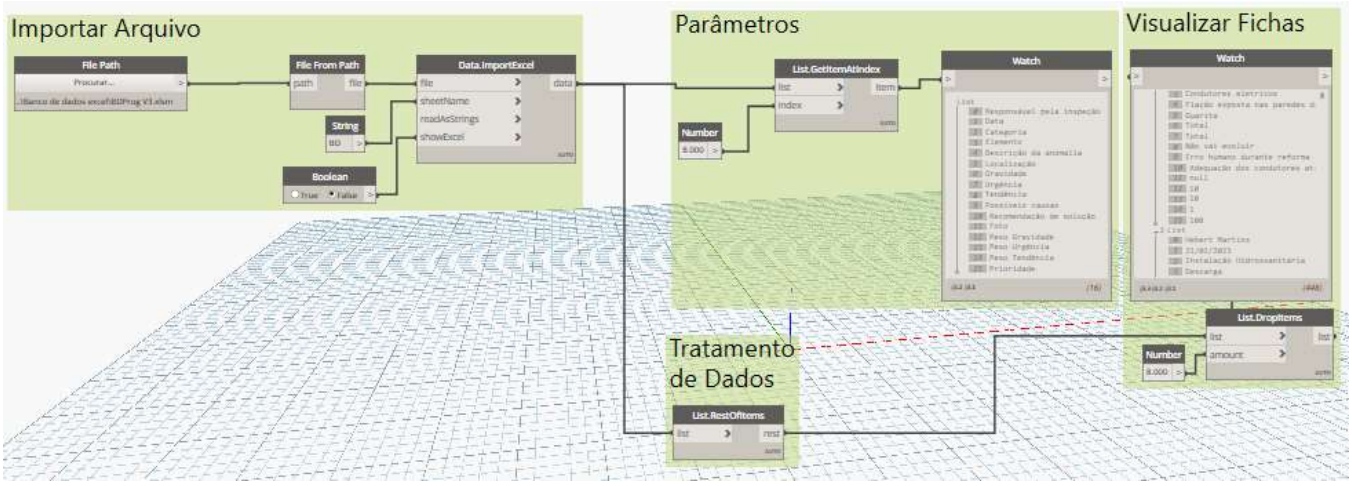


Fonte: Desenvolvido pelo autor

O código final, apresentado na **Figura 51**, possibilita uma visualização rápida e prática de todas as entradas de patologias adicionadas ao banco de dados, dentro do próprio modelo da edificação desenvolvido no Autodesk Revit, atendendo assim a três dos quatro critérios estabelecidos previamente.

Todavia, se mostra impossível visualizar as fotografias salvas no banco de dados. Devido a isso, tornou-se necessário o procedimento a seguir.

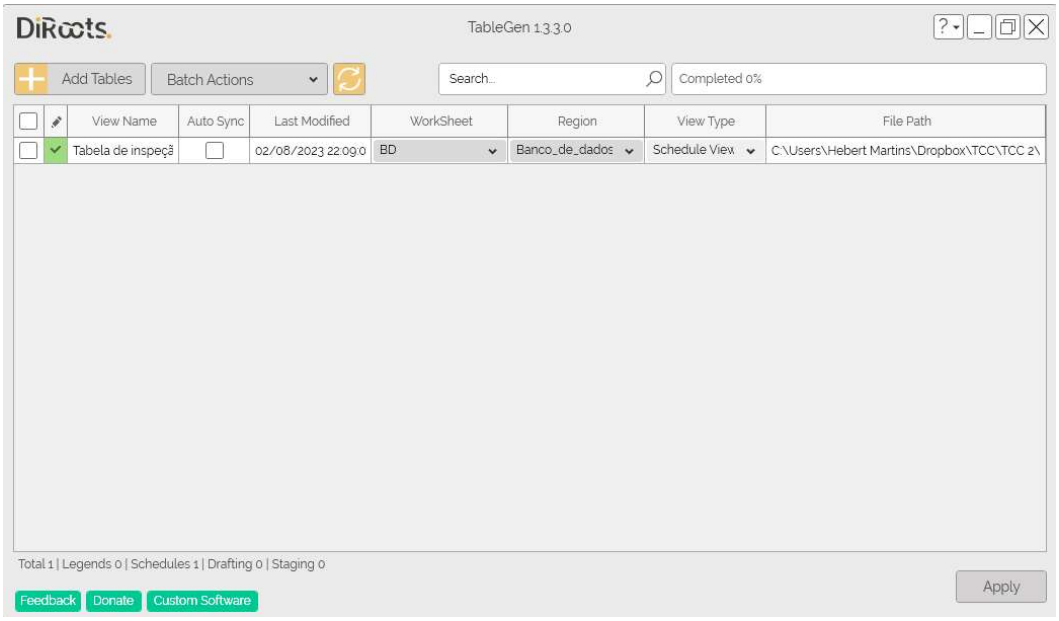
Figura 51 - Estrutura do código desenvolvido em Dynamo



5.4.2. Visualização de bando de dados em formato planilha

A fim de possibilitar uma visualização das informações do banco de dados no mesmo formato da planilha original, dentro do modelo tridimensional, assim como associar ao modelo os registros fotográficos das patologias, optou-se por utilizar o plugin TableGen, criado pela desenvolvedora DiRoots. O plugin se trata de uma ferramenta auxiliar gratuita desenvolvida para trabalhar dentro do Autodesk Revit. Possibilitando importar arquivos xml diretamente para dentro do revit, como observado em sua interface na **Figura 52**

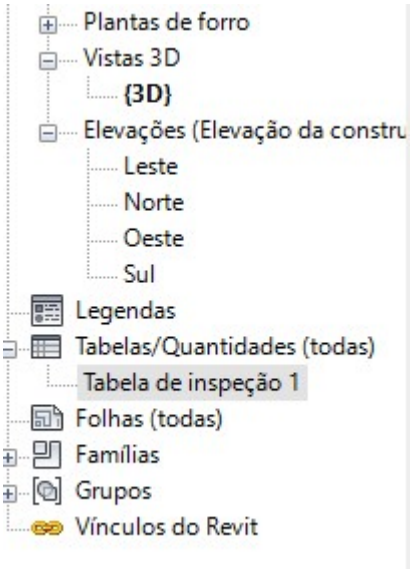
Figura 52 - Interface do TableGen



Fonte: Desenvolvido pelo autor

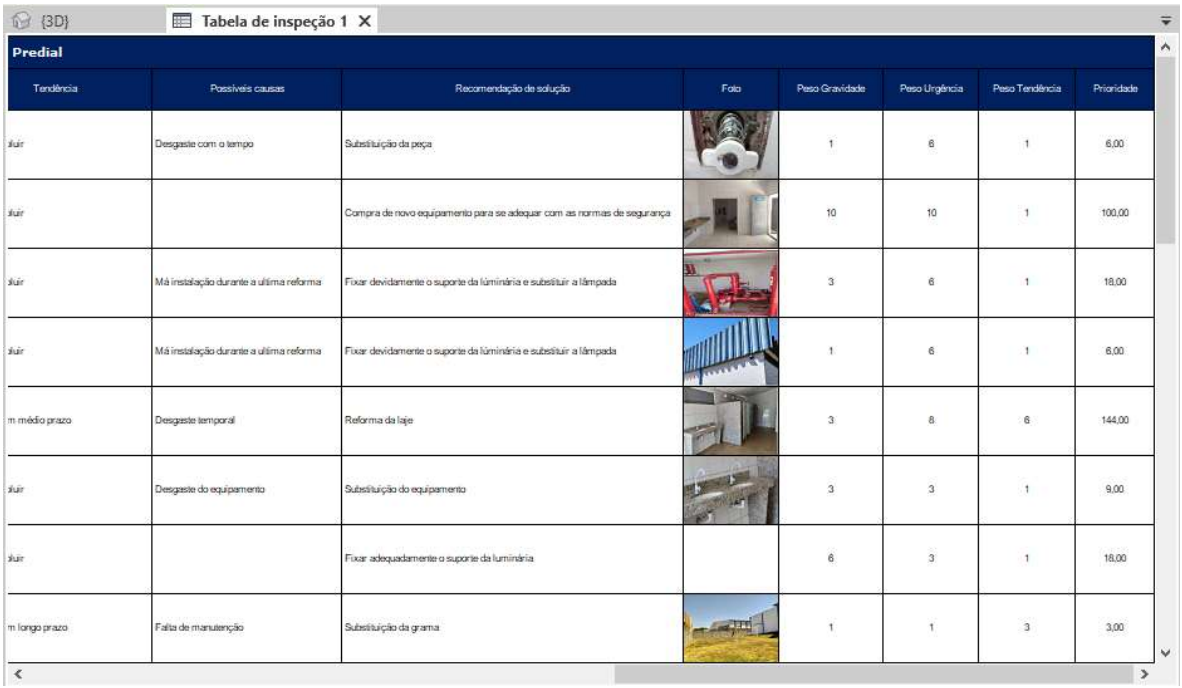
Assim, foi inserido o banco de dados de patologias em formato planilha para dentro do modelo, como observado na **Figura 53**. Sendo possível analisar as informações inseridas por inspeções prediais através do próprio modelo. Também é interessante observar que a planilha de banco de dados foi inserida no modelo com todos os registros fotográficos, **Figura 54**, assim atendendo ao último critério de parametrização.

Figura 53 - Localização do banco de dados dentro do modelo



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Figura 54 - Visualização do banco de dados em formato planilha pelo Revit



{3D} | Tabela de inspeção 1

Predial

Tendência	Possíveis causas	Recomendação de solução	Foto	Peso Gravidade	Peso Urgência	Peso Tendência	Prioridade
luir	Desgaste com o tempo	Substituição da peça		1	6	1	6,00
luir		Compra de novo equipamento para se adequar com as normas de segurança		10	10	1	100,00
luir	Má instalação durante a ultima reforma	Fixar devidamente o suporte da luminária e substituir a lâmpada		3	6	1	18,00
luir	Má instalação durante a ultima reforma	Fixar devidamente o suporte da luminária e substituir a lâmpada		1	6	1	6,00
m médio prazo	Desgaste temporal	Reforma da laje		3	8	6	144,00
luir	Desgaste do equipamento	Substituição do equipamento		3	3	1	9,00
luir		Fixar adequadamente o suporte da luminária		6	3	1	18,00
m longo prazo	Falta de manutenção	Substituição da grama		1	1	3	3,00

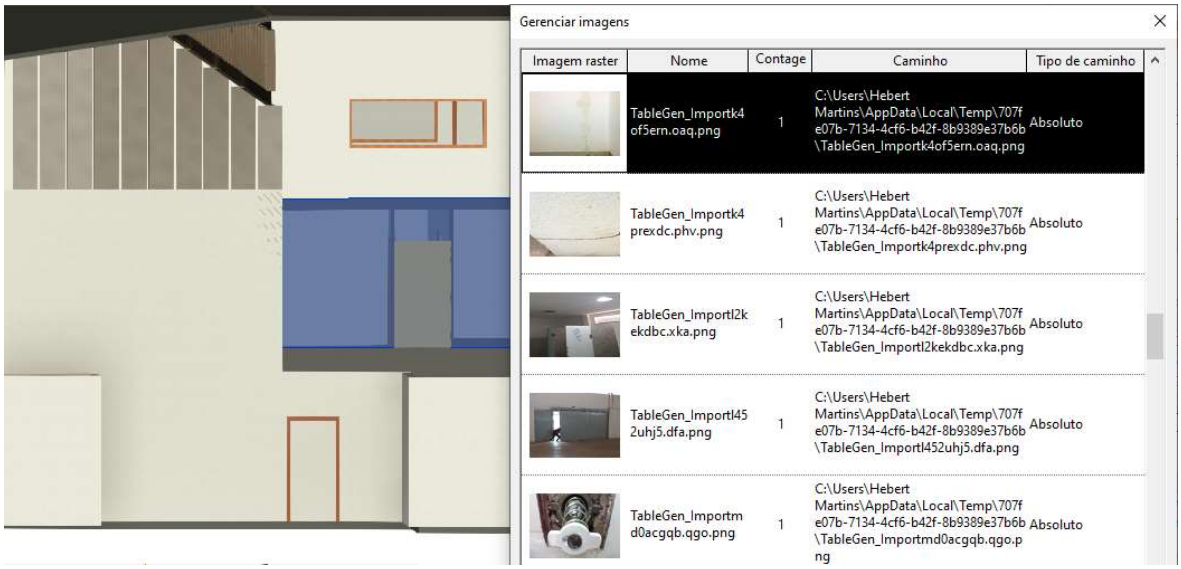
Fonte: Desenvolvido pelo autor

Entretanto, é necessário pontuar que diferente do script desenvolvido em dynamo, a planilha importada pelo TableGen não atualiza automaticamente, sendo necessário realizar esse procedimento manualmente.

5.4.3. Identificação dos dados de inspeção nós elementos do modelo

O modelo foi preparado para receber os dados das fichas de inspeção como parâmetros de elementos. Todas as imagens importadas do banco de dado estão disponíveis no modelo para serem associadas a um elemento. Como podemos observar na **Figura 55**, a parede em destaque apresentou infiltração durante a inspeção, assim o registro fotográfico dessa anomalia foi atribuído a ela.

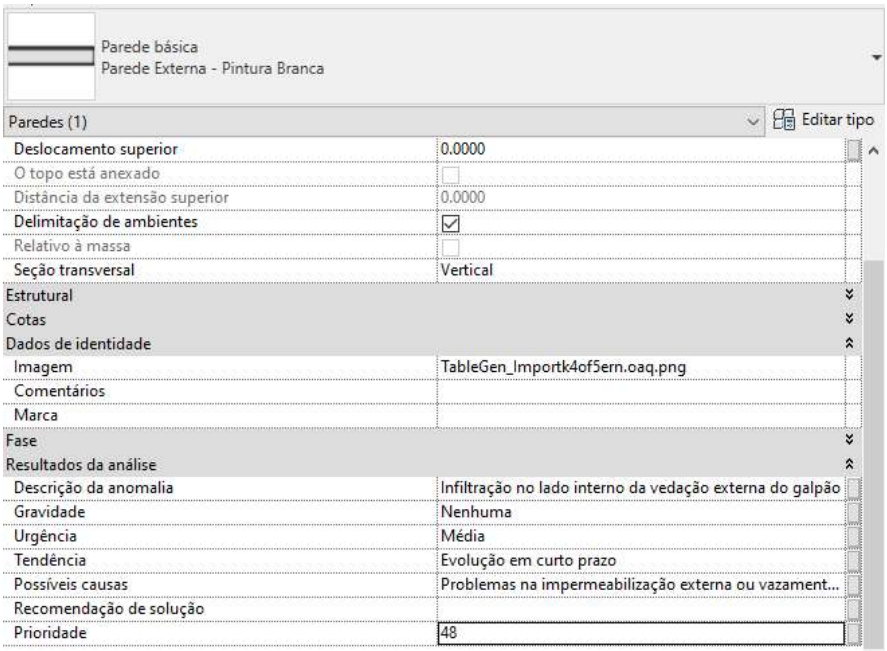
Figura 55 - Atribuição das fotografias aos elementos do modelo



Fonte: Desenvolvido pelo autor

A descrição da anomalia, assim como as classificações de gravidade, tendência, urgência e prioridade, também foram preenchidas nos parâmetros do elemento representativo da parede no modelo, como exemplificado na **Figura 56**.

Figura 56 - Atribuição dos dados de anomalias aos elementos do modelo



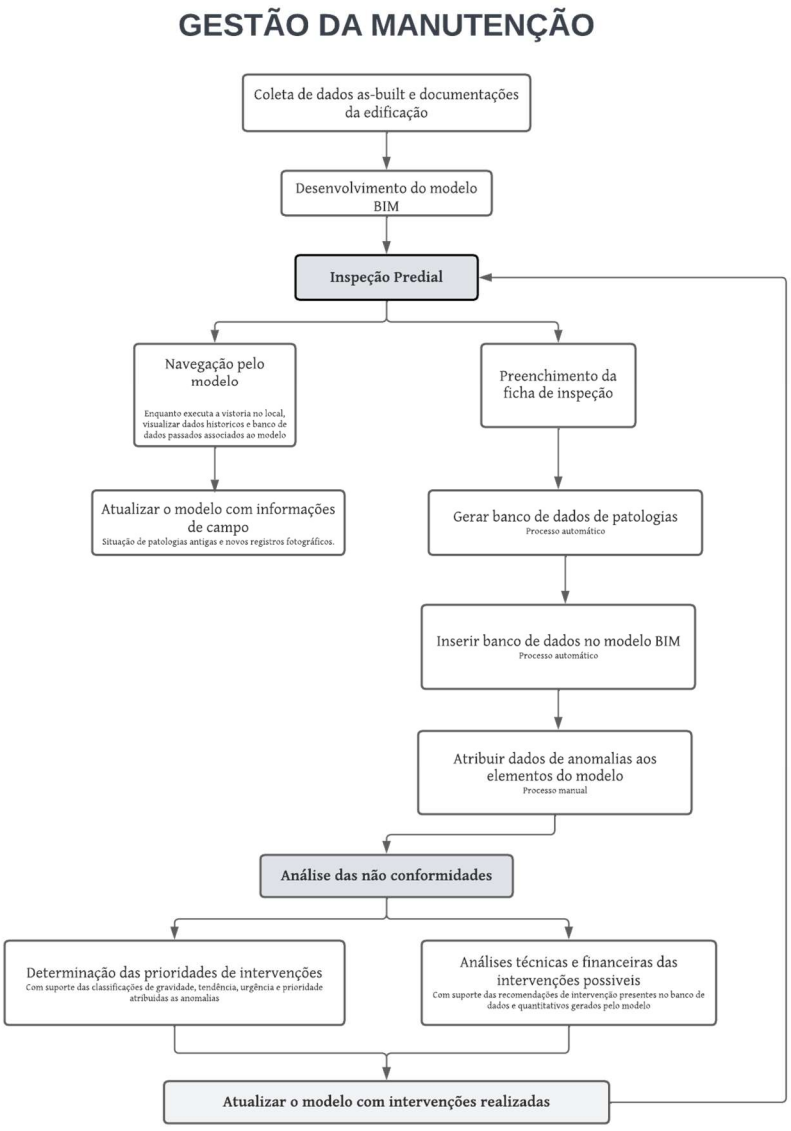
Fonte: Desenvolvido pelo autor

Tal processo exige o preenchimento manual das informações, mas visa auxiliar em inspeções futuras, onde o técnico responsável pode navegar pelo modelo enquanto inspeciona a edificação e ter acesso rápido as informações de vistorias passadas. Ao identificar uma anomalia, é possível que o responsável seleciona o elemento tridimensional do modelo que represente o elemento construtivo vistoriado, identifique se já houve entradas de anomalias no passado e, caso existam, comparar a fotografia e a classificação GUT com a situação atual do elemento e atualizá-la.

5.5 MÉTODO DE GESTÃO DE MANUTENÇÃO PROPOSTO

A metodologia proposta contempla um processo linear entre a entrada de dados pela ficha de inspeção utilizada por um técnico em sua vistoria, até o processamento e análise desses dados atribuídos ao modelo da edificação, exemplificado na **Figura 57**.

Figura 57 - Processos propostos para o método de gestão de manutenções com suporte da metodologia BIM



Fonte: Desenvolvido pelo autor

O método se inicia com a coleta de dados da edificação, que pode ser obtida por meio de documentos, plantas ou medições em campo. Esses dados são de suma importância para o desenvolvimento do modelo BIM com o maior nível de detalhamento possível.

O modelo BIM deve ser criado em seguida e é imprescindível nos processos posteriores. É necessário prestar atenção às adequações dos parâmetros de projeto no arquivo, para que os elementos construtivos possam receber os dados acerca das patologias. Caso a edificação a ser aplicada já possua um modelo as-built, este pode ser adaptado.

Os processos seguintes são fundamentados na inspeção predial, que por meio da ficha de inspeção, irá gerar o banco de dados de patologias que alimentará o modelo BIM. Por fim, o modelo será utilizado pelos gestores para auxiliar na tomada de decisões e será realimentado pelo registro de intervenções adotadas e dados de novas inspeções prediais.

Com o estudo de caso realizado, foi possível testar o método proposto aplicado a uma edificação construída e verificar os seguintes benefícios:

- Identificação e análise das manifestações patológicas diretamente no modelo tridimensional da edificação;
- Centralização de informação no modelo da edificação, proporcionando mais agilidade e parametrização ao processo de gestão de manutenções;
- Visualização de quais elementos construtivos necessitam de manutenção ao longo do tempo;
- Padronização de critérios para classificar manifestações patológicas.
- Agilidade ao processo de inspeção predial, assim como automatizar o tratamento dos dados colhidos;
- Integração automática entre as informações identificadas nas inspeções e o modelo, diminuindo as possibilidades de erros humanos durante transferências manuais de dados.
- Desenvolvimento de um registro histórico acerca das manifestações patológicas de uma edificação, que pode ser consultado a qualquer momento pelo responsável pela gestão de manutenção.

6. CONCLUSÕES

6.2. RESULTADOS ALCANÇADOS FRENTE AOS OBJETIVOS PROPOSTOS

O presente trabalho teve como objetivo geral demonstrar a aplicabilidade do Building Information Modeling (BIM) na gestão de manutenção de edifícios, com foco em patologias nas estruturas construtivas.

Os resultados alcançados comprovaram que a abordagem proposta é efetiva e pode ser utilizada na gestão de manutenção de edifícios, com foco em patologias nas estruturas construtivas. A ficha de inspeção desenvolvida permitiu a padronização dos dados a serem colhidos e possibilitou a geração automática de um banco de dados de patologias de uma estrutura. A programação em dynamo e as ferramentas auxiliares permitiram a integração de modelos virtuais em 3D com bancos de dados relacionados ao edifício, auxiliando no diagnóstico e reparo de elementos com problemas patológicos.

Dessa forma, pode-se concluir que os objetivos propostos para esta dissertação foram atendidos, visto que o processo proposto demonstrou potencial para contribuir para a melhor gestão da manutenção, padronizando o processo de diagnóstico de patologias e unificando informações a fim de auxiliar o gestor na tomada de decisões. Além disso, os resultados obtidos sugerem que a utilização do BIM na gestão de manutenção de edifícios pode trazer inúmeras vantagens, tais como maior precisão nas informações, aumento da eficiência dos processos e redução de custos operacionais. Portanto, espera-se que este trabalho possa contribuir para o avanço dos estudos relacionados à aplicação do BIM na gestão de manutenção de edifícios e fomentar o debate sobre a importância da tecnologia na área da construção civil.

6.1. LIMITAÇÕES

É importante destacar que a aplicação do método apresentado nesse trabalho encontra certas limitações. Dentre as mais relevantes está o fato que, até o presente momento, o emprego de BIM em edificações existentes, principalmente as mais antigas, ainda possui baixa adoção. Sendo necessário, antes de tudo, desenvolver um modelo tridimensional paramétrico. O que acarretaria um investimento de tempo, dinheiro e mão de obra especializada.

Dito posto, a aplicação do BIM a uma gestão de manutenção de edificações existentes seria um processo longo e custoso, considerando a aquisição de softwares e capacitação da equipe responsável. Entretanto, os ganhos em produtividade e assertividade para a gestão podem compensar os investimentos. Para tal, seria necessária uma análise financeira mais aprofundada.
Outro ponto a se destacar é a necessidade de utilizar diversas ferramentas, de empresas diferentes, para interligar todo processo e parametrizar dados de softwares BIM com softwares que não foram desenvolvidos pensando em sua utilização na metodologia BIM. Entretanto, a grande adoção de profissionais da construção civil a softwares de planilhas e cálculo, tais como o Microsoft Excel, justificam o esforço em introduzi-lo ao método BIM. O método de interligação apresentado no presente trabalho foi aplicado a um banco de dados de patologias, mas poderia ser utilizado em quaisquer documentos relevantes, tais como orçamentos ou planilhas de planejamento.

6.2. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestão para trabalhos futuros, recomenda-se a realização de estudos para analisar o impacto econômico que a adoção do BIM e da interligação dos processos de inspeção e diagnostico de patologias com o modelo da edificação teriam na gestão de manutenções em um longo espaço de tempo.

Outro ponto importante para se analisar em trabalhos futuros é a associação de ferramentas de orçamentação na análise de custo de reformas e reparos, considerando que o modelo da edificação foi produzido pensando em sua utilização em levantamento de materiais e planilhas orçamentarias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Guia 02 – Classificação da Informação BIM**: Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC. vol. 2. Rio de Janeiro, 2017b. 38 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. NBR 14645-1:2020: **Elaboração do "como construído" (as built) para edificações -** Parte 1: Levantamento planialtimétrico e cadastral de imóvel urbanizado com área até 25 000 m², para fins de estudos, projetos e edificação. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. NBR 14645-1:2020: **Manutenção de edificações -** Procedimento. Rio de Janeiro, 1999.6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. NBR 15575-1:2021: **Edificações habitacionais - desempenho Parte 1: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro, 2021a. 98 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. NBR ISO 19650-1:2018: **Organização e digitalização da informação acerca de edificações e construção civil, incluindo a modelagem da informação da construção** - Gestão da informação utilizando a modelagem da informação da construção (BIM) - Parte 1: Conceitos e fundamentos. Rio de Janeiro, 2018.54 p.

BIBLUS. As dimensões do BIM: 3D, 4D, 5D, 6D, 7D, 8D, 9D, 10D. ln: BibLus. **ACCAsoftware**. [S.l.]. 3 nov. 2018. Disponível em: https://biblus.accasoftware.com/ptb/as-dimensoes-do-bim-3d-4d-5d-6d-7d/. Acesso em: 12 set. 2022.

BIBLUS. Facility Management e BIM 7D. ln: BibLus. **ACCAsoftware**. [S.l.]. 3 nov. 2021. Disponível em: https://biblus.accasoftware.com/ptb/facility-management-e-bim-7d/. Acesso em: 12 set. 2022.

BONIN, L.C. **Manutenção de edifícios: uma revisão conceitual**. In: Seminário sobre manutenção de edifícios, Porto Alegre. Anais – v. I. Porto Alegre: URFGS, 1988.

BRILAKIS et al. **Toward automated generation of parametric BIMs based on hybrid video and laser scanning data.** Advanced Engineering Informatics, v. 24, n. 4, p. 456-465, jan./2010. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.aei. 15.09.2022

Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Fundamentos BIM - Parte 1: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras**/Câmara Brasileira da Indústria da Construção. - Brasília: CBIC, 2016. 124p.:il

CARDOSO, Alex de Souza (org.). **A importância da Manutenção Predial**. São Paulo: SERVARE, 2022. E-book (13p.) color. Disponível em: https://www.gersoncursos.com.br/images/ebooks/a-importancia-da-manutencao-predial.pdf. Acesso em: 20 set. 2022.

CARVALHO, C. P., Costa, A. A., & GONÇALVES, L. M. S. (2016). **A metodologia BIM – Building Information Modeling na Gestão da Manutenção das infraestruturas do**

Campus 2 do Instituto Politécnico de Leiria. 1º Congresso Português de Building Information Modelling, 567–577. https://doi.org/10.5281/zenodo.166758

CHECCUCCI, É. S.; PEREIRA, A. P. C.; AMORIM, A. L. **Modelagem da Informação da Construção (BIM) no Ensino de Arquitetura**. p. 307-311. In: Proceedings of the XVII Conference of the Iberoamerican Society of Digital Graphics: Knowledge-based Design [=Blucher Design Proceedings, v.1, n.7]. São Paulo: Blucher, 2014. ISSN 2318-6968, DOI 10.5151/despro-sigradi2013-0058

CHECCUCCI, É. S.; PEREIRA, A. P. C.; AMORIM, A. L. **Uma visão da difusão e apropriação do paradigma BIM no BRASIL** – TIC 2011. Gestão e Tecnologia de Projetos, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 19-39, jan.-jun. 2013. http://dx.doi. org/10.4237/gtp.v8i1.232

DARÓS, José. Guia completo: BIM 7D gestão das instalações. ln: José Darós. **Utilizando BIM**. Santa Catarina, 3 jul. 2019. Disponível em: https://utilizandobim.com/blog/bim-7d-gestao-das-instalacoes/. Acesso em: 10 set. 2022.

DOMINGOS, Inês Margarida Seixas. **O modelo 7D BIM utilizado na manutenção de edifícios.** Orientador: Alcínia Zita De Almeida Sampaio, Augusto Martins Gomes. 2020. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamental de Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2020.

DUKIć, Dijana; TRIVUNIć, Milan; STARčEV-ĆURčIN, Anka. **Computer-aided building maintenance with "BASE-FM" program.** Automation In Construction, [s.l.], v. 30, p.57-69, mar. 2013.

EASTMAN, Chuck et al. **Manual de BIM: um guia de modelagem da informação para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. 3. ed. Rio de Janeiro, RJ: Bookman, 2021.

EASTMAN, Chuck et al. **Manual de BIM: um guia de modelagem da informação para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. 2. ed. Rio de Janeiro, RJ: Bookman, 2008.

EASTMAN, Chuck et al. **Manual de BIM: Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores.** Porto Alegre: Bookman, 2014. 483 p. Tradução de: Cervantes G. Ayres Filho.

FARIAS, Julio Cesar. O que é BIM 7D?. ln: SPBIM. **SPBIM**. São Paulo, 6 ago. 2020. Disponível em: https://spbim.com.br/o-que-e-bim-7d/. Acesso em: 8 set. 2022.
FARO. **Faro**. Ferramenta de Laser Scanner. [S.l.]. FARO Focus Premium, 2022. Disponível em: https://www.faro.com/pt-BR/Products/Hardware/Focus-Laser-Scanners. Acesso em: 10 set. 2022.

GARIBALDI, Bárbara Cristina Blank. Do 3D ao 7D – Entenda todas as dimensões do BIM. ln: Sienge. **Sienge**. [S.l.]. 8 nov. 2020. Disponível em: https://www.sienge.com.br/blog/dimensoes-do-bim/. Acesso em: 12 set. 2022.

GOUVEIA, Vitor Bez. **Comparação entre os métodos as built tradicional e com modelagem BIM sobre nuvem de pontos.** Orientador: Rafael Fernandes Teixeira da Silva. 2020. 96 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamental de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/212972/TCC%20-%20Vitor%20Bez%20Gouveia.pdf. acesso em: 1 set. 2022.

GU, Ning; LONDON, Kerry. **Understanding and facilitating BIM adoption in the AEC industry. Automation In Construction,** [s.l.], v. 19, n. 8, p.988-999, dez. 2010.
INTRUSUL, 2019. Disponível em: < http://blog.instrusul.com.br/o-que-e-e-qual-melhortrena-laser/>. Acesso em: 26 de nov. de 2019.

KEPNER, Charles H.; TREGOE, Benjamin B. **O administrador racional**. São Paulo: Atlas, 1981.

KJARTANSDÓTTIR, Ingibjörg; MORDUE, Stefan; NOWAK, Pawel; PHILIP, David; SNAEBJORNSSON, Jónas. 2017. **Building Information Modelling. Construction managers' library**. Iceland, Great Britain. 978-83-947920-1-5.

MEIRELES, Manuel. **Ferramentas administrativas para identificar, observar e analisar problemas: organizações com foco no cliente**. São Paulo: Arte & Ciência, 2001.

PESTANA, António Miguel Arriaga de Tavares. **APLICAÇÃO DE BIM 7D E REALIDADE AUMENTADA EM FACILITY MANAGEMENT.** Orientador: João António Antunes Hormigo. 2019. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamental de Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2019.

POSSAN, E; DEMOLIER, C. A. **Desempenho, durabilidade e vida útil das edificações**: Abordagem geral. Revista Técnico-Científica, 2013. Disponível em: http://creaprw16.creapr.org.br/revista/Sistema/index.php/revista/index. Acesso em: 20 set. 2022.

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

SANTOS, Karine de Paula Bastos, 1985- S237g **Gestão da manutenção de edificações com o BIM: Enfoque nas manifestações patológicas de elementos de construção** / Karine de Paula Bastos Santos. - 2017. 202 f. : il. Orientador: João Luiz Calmon. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico.

SHEN, Weiming; HAO, Qi; XUE, Yunjiao. **A loosely coupled system integration approach for decision support in facility management and maintenance**. Automation In Construction, [s.l.], v. 25, p.41-48, ago. 2012.

SHOHET, Igal. **Maintenance: manutenção dos indicadores chave de desempenho**. Shohet, investigador do Departamento de Engenharia Civil e do Ambiente do Instituto Tecnológico de Israel.

SILVA, Marcio Mortoni; COUTO, João Pedro. **BIM aplicado às edificações existentes: Desafios e oportunidades na gestão da informação**. ENCORE, Lisboa, nov, 2020 Trabalho apresentado no 4° ENCORE 2020, Lisboa, 2020

SOARES, Joel D. R. T. **A metodologia BIM-FM aplicada a um caso prático**. 2013. 156 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Gestão da Construção, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, 2013. Disponível em: <http://recipp.ipp.pt/bitstream/10400.22/4715/1/DM_JoelSoares_2013_MEC.pdf>. Metodologia BIM-FM

Verzola, S. N., Marchiori, F. F., Aragon, J. O. (2014). "**Proposta de lista de verificação para inspeção predial x urgência das manutenções**". In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, XV ENTAC, Maceió: Alagoas (Brasil), pp. 1226-1235. http://doi.org/10.17012/entac2014.300