Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Marcio Araujo Mortoni Silva

Contributo do BIM nas fases de manutenção e operação dos edifícios

setembro de 2020

Contributo do BIM nas fases de manutenção e operação de edifícios

Marcio Mortoni

UMinho | 2020

Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Marcio Araujo Mortoni Silva

Contributo do BIM nas fases de manutenção e operação de edifícios

Dissertação de Mestrado

Mestrado em Construção e Reabilitações Sustentáveis

Trabalho efetuado sob a orientação do(a)

Professor(a) Doutor(a) João Pedro Pereira Maia Couto

setembro de 2020

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas intencionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.



Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual

CC BY-NC-SA

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

AGRADECIMENTOS

Não foi fácil chegar nesse ponto, especialmente por se tratar de algo que demandou muito esforço, dedicação e abnegação. Me sinto privilegiado por Deus por esta oportunidade para crescimento intelectual, como também pessoal. A Ele toda a glória.

Agradeço imensamente a minha esposa Adriana, por depois de saber que eu havia sido liberado pela Controladoria Geral do Distrito Federal, embarcou no "meu projeto" que acabou tornando "nosso projeto". Aos meus queridos a amados filhos Bárbara, Davi e Filipe, que da mesma forma sempre me apoiaram e apoiam.

Tenho imensa gratidão pelos meus familiares, meus pais Wilson Mortoni e Graça Araujo, que apesar de estarem longe fisicamente, estão bem perto no coração. Meus irmãos Marcos e Marcelo Mortoni, obrigado por tudo, sei que vocês torcem por mim.

Ao meu orientador Professor Doutor João Pedro Pereira Maia Couto, por seu incansável apoio e paciência em meu favor e ainda, por ter me acolhido como orientando. Por sua competência científica e pelas muitas sugestões e correções efetuadas ao longo da pesquisa. Ao Engenheiro João Marcelo, da DST S.A. pelas muitas e valiosas recomendações oferecendo uma perspectiva prática e profissional ao trabalho.

Aos amigos Willians e Sandra Barbosa, pela calorosa acolhida, ocasião na qual nasceu o "Projeto Portugal".

Aos colegas da Uminho, aqui representados pelo amigo Fábio. A todo povo português, professores e colaboradores da Universidade do Minho, aqui representados por Carina Freitas.

E por fim, aos amigos da Controladoria Geral do Distrito Federal, na pessoa do Lúcio Pinho, Islande Damasceno e Henrique Ziller, que me apoiaram desde o princípio nesse plano, aqui o meu muito obrigado.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho acadêmico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducentes à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

RESUMO

A metodologia Building Information Modelling – BIM já se encontra amplamente difundida no meio académico e profissional da Arquitetura, Engenharia e Construção – AEC. No entanto, o maior esforço de adoção e implementação do BIM ainda se concentra nas fases de projeto e execução das obras. Tendo em conta que a fase de uso das edificações (Operação e Manutenção – OM) é aquela a que corresponde a maior parte do tempo, de recursos financeiros, e impactos ambientais, considerando todo o ciclo de vida – CV dos edifícios, a transferência das informações geradas e utilizadas nas fases anteriores pode ser considerada de grande valor para os utilizadores/operadores. O BIM FM (*Facility Management*) aplicado à OM constitui uma abordagem para que os proprietários, usuários e operadores das edificações possam desfrutar de um empreendimento completamente eficiente e o mais sustentável possível. O grande desafio para que o BIM FM aplicado à OM possa ser implementado de forma mais efetiva e eficiente é a capacidade integrativa que todos os stakeholders necessitam possuir para que o fluxo de informações seja pleno. Esta pesquisa tem por objetivo, a formatação e aplicação da metodologia BIM-FM no contexto da operação e manutenção de edificações existentes. A experimentação se deu por meio da reconstrução digital de um edifício previamente selecionado de modo a sustentar as atividades do Plano de Manutenção Predial. Uma Interface Gráfica do Usuário (IGU) foi desenvolvida para favorecer as atividades do dia-a-dia da entidade e dessa forma, espera-se que as atividades empreendidas nessa pesquisa possam significar uma vantagem competitiva para as entidades que adotam o BIM-FM aplicado à Operação e Manutenção Predial.

Palavras chave: BIM, *Facility Management*, Modelação de edifícios existentes, Operação e manutenção de ativos, Sustentabilidade.

ABSTRACT

The Building Information Modelling - BIM methodology has already found widespread results in the academic and professional fields of Architecture, Engineering and Construction - AEC. However, the greatest effort to adopt and implement BIM is still concentrated in the design and execution phases of the building process. In this way, the Operation and Maintenance - OM phase is the one that corresponds to most of the time, financial resources and environmental impacts, considering the entire life cycle, a transfer of the information generated and used in the previous phases can be considered of great value for users / operators. BIM FM (Facility Management) applied to OM is an approach so that building owners, users and operators can use a completely efficient and more sustainable enterprise possible. The great challenge so that BIM FM applied to OM can be implemented more effective and efficiently is the integrative capacity that all stakeholders need to have so that the flow of information be full. This research aims to format and apply the BIM-FM methodology in the context of the operation and maintenance of existing buildings. The experimentation took place through the digital reconstruction of a building previously selected in order to support the activities of the Building Maintenance Plan. A Graphical User Interface (IGU) was developed to favor the entity's day-to-day activities and, therefore, it is expected that the activities undertaken in this research can result a competitive advantage for entities that adopt the applied BIM-FM Building Operation and Maintenance.

Keywords: BIM, Facility Management, Existing buildings modelling, Asset operation and maintenance, Sustainability.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS iv

RESUMO vi

ABSTRACT vii

ÍNDICE viii

LISTA DE ACRÓNIMOS E SIGLAS x

LISTA DE QUADROS xii

LISTA DE FIGURAS xiii

1. INTRODUÇÃO 1

1.1 Enquadramento/Motivação 1

1.2 Objetivos 3

1.3 Estrutura do trabalho 4

2. ESTADO DA ARTE 5

2.1 Building Information Modelling - BIM 5

2.1.1 Definições 9

2.1.2 Domínios BIM 12

2.1.3 Implementação e maturidade BIM 13

2.1.4 Normatização 17

2.1.5 Interoperabilidade 20

2.1.6 Nível de detalhe e Nível de desenvolvimento 24

2.2 Facility Management - FM 28

2.2.1 Conceitos gerais e evolução 28

2.2.2 Gestão de Edifícios 32

2.2.3 Operação Predial 34

2.2.4 Manutenção Predial 35

2.2.5 O Facility Management na Gestão e Manutenção de Edifícios 40
2.3 Estudo do BIM-FM 41
2.3.1 Origem e evolução 41
2.3.2 Benefícios 43
2.3.3 Desafios na integração BIM-FM 43
3. METODOLOGIA 45
4. CASO DE ESTUDO 47
4.1 Caso de estudo 47
4.2 Estratégia de modelagem 47
4.3 Análise do estado da edificação 48
4.4 Indicações para o desenvolvimento do plano de manutenção 49
4.5 Experimentação da metodologia BIM-FM ao caso de estudo 52
4.5.1 Inserção de dados no modelo 52
4.5.2 Transferência dos dados 57
5. CONCLUSÃO 74
5.1 Resultados obtidos 74
5.2 Desenvolvimentos futuros 76
BIBLIOGRAFIA 78
ANEXOS 84
Anexo 1 - Rotina *Dynamo* (Revit – Excel) 84
Anexo 2 - Rotina *Dynamo* (Excel – Revit) 85

LISTA DE ACRÔNIMOS E SIGLAS

AEC - Arquitetura, Engenharia e Construção

AIA - *The American Institute of Architects*

AVAC - Aquecimento, Ventilação e Ar-Condicionado

BCF - *BIM Collaboration Format*

BIM - *Building Information Modelling*

bSa - buildingSMART Alliance

CAD - *Computer Aided Design*

CAFM - *Computer Aided Facility Management*

COBIM - *National Common BIM Requirements*

CV - Ciclo de vida

EFM - Elemento Fonte de Manutenção

FM - *Facility Management*

IAI - *International Alliance for Interoperability*

IDM - *Information Delivery Manual*

IFC - *Industry Foundation Classes*.

IFD - *International Framework for Dictionaries*

IPD - *Integrated Project Delivery*

ISO - *International Organization for Standardization*

IST - Instituto Superior Técnico

KPI - *Key Performance Indicator*

LCA - Life Cycle Analysis

LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil

Lod - *Level of detail*

LOD - *Level of development*

MVD - *Model View Definitions*

NBIMS - *National Building Information Modeling Standards*

NIBS - *National Institute of Building Science*

OCCS - Overall Construction Classification System

OM - Operação e Manutenção

UTA - Unidade de Tratamento de Ar

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Etapas do ciclo de vida do edifício 7
Quadro 2 - Quantidade de publicações que apresentam os termos. (Gaspar & Ruschel, 2017) 10
Quadro 3 - Fases do ciclo de vida de um projeto e sub-fases (Succar, 2009) 15
Quadro 4 - Normas e diretrizes BIM em alguns países, adaptado de (Tavares, 2019) 19
Quadro 5 - Padrões básicos buildingSMART, adaptado de (BuildingSMART, 2019b) 23
Quadro 6 - Níveis de desenvolvimento – LOD (Bedrick & Davis, 2012) 26
Quadro 7 - Serviços constituintes do FM (Kiviniemi & Codinhoto, 2014) 29
Quadro 8 - Serviços constituintes do FM (Kiviniemi & Codinhoto, 2014) (Cont.) 30
Quadro 9 - Vantagens e Desvantagens da Manutenção Preventiva (Almeida, 2018). 37
Quadro 10 - Métodos e abordagens para vinculação BIM-FM. (adaptado de Terreno et al., 2019) 42
Quadro 11 - Layout do indicativo do plano de manutenção 49

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo de vida de uma edificação (Sacks et al., 2018) 6
Figura 2 - Curva de MacLeamy (Moreira, 2018). 7
Figura 3 - Distribuição de custos globais de um edifício (Silva *et al.*, 2003) 8
Figura 4 - Variação dos custos unitários na indústria (Oliveira, 2019) 8
Figura 5 - Implementação das ferramentas de TI na construção (Venâncio, 2015) 10
Figura 6 - Conotações do termo BIM (Succar, 2009). 11
Figura 7 - Domínios BIM (L. H. C. H. Sousa, 2015). 12
Figura 8 - Maturidade BIM (Succar, 2009) 14
Figura 9 - Níveis de Maturidade BIM (British Standards Institution, 2014). 16
Figura 10 - Perda de valor entre as diferentes fases de projeto (Tavares, 2019) 21
Figura 11 - BIM e Interoperabilidade (ACCA, 2017) 21
Figura 12 - Versões desenvolvidas do formato IFC (Moreira, 2018) 22
Figura 13 - Plataforma IFC (BuildingSMART, 2020b) 24
Figura 14 - Nível de detalhe, adaptado de (McPhee, 2013) 25
Figura 15 - Espaço, Pessoas e Processos (Soares, 2013) 31
Figura 16 - Atividades e Processos a realizar pelo gestor de edifícios (Rodrigues, 2001) 33
Figura 17 - Processos de Gestão Técnica (Rodrigues, 2001). 33
Figura 18 - Processos de Gestão Económica (Rodrigues, 2001). 33
Figura 19 - Custos das reparações em função do tipo de intervenção (Tavares, 2019) 38
Figura 20 - Impacto da reabilitação no nível de qualidade do edifício (Rodrigues, 1989). 39
Figura 21 - Fases do ciclo de vida do projeto no estágio 3 (Succar, 2009) 44
Figura 22 - Fluxograma simplificado das fases da pesquisa 46
Figura 23 - Sede da DST 47
Figura 24 - Figura do modelo BIM da Sede da DST 48
Figura 25 - Informações do projeto 53
Figura 26 - *Shared parameters* do plano de manutenção 54
Figura 27 - UTA com painel informativo do status 55
Figura 28 - Parâmetros adicionados aos objetos 56
Figura 29 - Dados instaciados na família UTA 57
Figura 30 - Interface do *Dynamo* 58
Figura 31 - Grupo de comandos da seleção de elementos 59

Figura 32 - Conexões do Dynamo para obtenção dos dados 60
Figura 33 - Dados listados pelo Dynamo 60
Figura 34 - Agrupamento das informações 61
Figura 35 - Leitura dos dados do *Project Information* 62
Figura 36 - Comandos de exportação dos dados para o Excel 62
Figura 37 - Concepção geral da rotina *Dynamo* (Revit-Excel) 63
Figura 38 - Leitura dos dados da planilha 64
Figura 39 - Importação dos dados do cabeçalho 64
Figura 40 - Mudança de linhas para colunas 65
Figura 41 - *Script* para inserção dos dados no modelo 65
Figura 42 - Detalhe do parâmetro STATUS DAS TAREFAS 66
Figura 43 - Perspectiva geral da rotina de inserção dos dados 67
Figura 44 - Plano de manutenção - vazio 68
Figura 45 - Dados das UTA´s 68
Figura 46 - Planilha do Excel preenchida após exportação 69
Figura 47 - Dados para importação 70
Figura 48 - Dados inseridos nos objetos 70
Figura 49 - Visão geral do edifício pós-importação de dados 71
Figura 50 - Interface do Dynamo Player 72

1. INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento/Motivação

As edificações cumprem um importante papel nas sociedades modernas, sejam elas provisórias ou definitivas, residenciais ou industriais/serviços. Pelo tempo e recursos financeiros que são empregados nas edificações, desde a concepção inicial até ao destino final, a utilização racional ou o melhor aproveitamento das edificações proporciona uma completa satisfação aos utilizadores. Esse melhor aproveitamento pode ser obtido, inicialmente, a partir da idealização integrada do projeto de arquitetura com as disponibilidades naturais (iluminação e sombreamento) bem como da correta escolha dos sistemas construtivos.

Além disso, a temática ambiental está cada vez mais presente nos setores econômicos, em especial na indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC). Dessa forma, as empresas e as entidades de ensino exploram métodos e ferramentas que sejam aptas em demonstrar aos *stakeholders* alguns dos impactos negativos significativos e, então, minimizar os efeitos decorrentes dos processos que a indústria AEC gera, seja durante a extração dos recursos naturais e transportes, seja na utilização destes recursos e inclusive ao final do ciclo de vida (Oliveira et al., 2019).

Becerik-Gerber et al., (2012) relata que a fase de projetos tem maior enfase e que as fases posteriores de operação e manutenção de uma edificação podem corresponder a valores muito superiores ao custo inicial de construção, considerando todo o seu ciclo de vida. O tema BIM já é amplamente discutido a aplicado ao setor da AEC, porém na literatura que versa sobre gestão de ativos associada ao BIM-FM, existe uma lacuna ainda não preenchida (Pärn et al., 2017).

Os proveitos do BIM associados a fase de projeto e obra estão sendo amplamente estudados e divulgados, no entanto há poucas evidências dos benefícios do BIM na fase operacional (Kiviniemi & Codinhoto, 2014).

Com este trabalho pretende-se identificar para posterior adoção de KPI´s (Indicador Chave de Desempenho) que consiste na adoção de uma metodologia de medição do desempenho de uma estratégia. Eles atuam como forma de se medir se uma ação ou determinadas iniciativas estão atendendo os objetivos da organização. O devido acompanhamento dos indicadores pode ajudar uma entidade ou organização a continuar com a estratégia adotada ou efetuar ajustes de modo

que os objetivos sejam atingidos. No entanto, essas medições devem estar correlacionadas com os objetivos estratégicos da organização previamente definidos.

Como característica intrínseca dos KPI´s, eles devem: (a) estar ligados ao objetivo empresarial, (b) ser de fácil mensuração, (c) atingíveis, (d) relevantes e (e) permitir uma tomada de decisão (indica um caminho a ser seguido).

Segundo Gomes (2017) o *Facility Management* surgiu a perante necessidade de melhorar e otimizar processos, produtos e serviços de modo que dentre as várias componentes do *Facility Management*, a manutenção ocupa um lugar indispensável e central na gestão dos edifícios, acompanhando-os com maior ou menor incidência durante toda a vida útil do imóvel (Sá, 2016). O autor afirma que quando a manutenção está articulada com os objetivos empresariais, contribui para o lucro de modo efetivo.

Entre as várias áreas de negócio de uma entidade, o *Facility Management* é uma área que encontra-se em constante crescimento, sendo aprovada globalmente a nível de gerenciamento, manutenção e reparação de ativos imobiliários (Sá, 2016).

De acordo com Leite (2009) os processos de deterioração podem vir a ocorrer em todos os edifícios, equipamentos ou insumos de construção, e esse grau de desgaste está relacionado a incidência de ações ambientais, da actividade, ou do funcionamento.

Já os EFM´s são os componentes da edificação que quer pelo uso corrente ou pelo desgaste, e sobre o qual é possível estabelecer ou dispor de registros de funcionamento, requerem intervenção com o fim de reestabelecer a condição funcional para o qual existe (Silva, 2017). De acordo com Sá (2016) dentre as várias funções de um *Facility Manager* na gestão dos edifícios, a manutenção ocupa uma posição central e indispensável, a qual terá maior ou menor incidência durante toda a vida útil da edificação.

A modelagem BIM de uma edificação existente consiste na reconstrução digital do património, tendo em vista as informações que serão utilizadas nas fases seguintes (avaliação da operação e manutenção predial). Para esta fase, a modelagem será efetuada com o nível de desenvolvimento LOD correspondente para o uso em análise.

Decorrida a fase de mapeamento e avaliação dos KPI´s e com o modelo BIM do conjunto de edificações, espera-se desenvolver uma ferramenta/método que auxilie o setor do Facility Management a apresentar os resultados da Gestão das Edificações.

Posteriormente, de posse do modelo BIM pretende-se elaborar um plano de manutenção simplificado da edificação analisada nessa pesquisa, a partir do levantamento dos EFM´s.

A pesquisa tem por finalidade gerar um referencial que será utilizado pelos envolvidos na OM dos edifícios bem como na gestão e tomadas de decisão.

Considerando que o investigador é Servidor Público do Governo do Distrito Federal, onde exerce suas atividades laborais como Auditor de Controle Interno – Engenheiro Civil lotado na Diretoria de Auditoria de Obras e Serviços de Engenharia (DATOS) da Controladoria Geral do Distrito Federal (CGDF), que segundo o Decreto 9377 de 17 de maio de 2018 que: Institui a Estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modelling* no âmbito nacional para o Brasil, que o FM tem vindo a ser estudado e desenvolvido desde 1950 (Weise et al., 2011) e que o BIM também se encontra em desenvolvimento e é investigado por diversos especialistas, pretende-se com este trabalho esclarecer como o BIM enquanto metodologia associada ao FM é capaz de aprimorar a Operação e Manutenção de Edifícios dado existirem diversos estudos sobre BIM e o FM, enquanto metodologias independentes, mas poucas pesquisas e estudos sobre a combinação BIM-FM associado a edificações existentes.

1.2 Objetivos

O objetivo geral da dissertação consiste em explorar e apresentar o contributo do BIM enquanto instrumento de suporte das fases de manutenção e operação (OM) dos edifícios, mediante experimentação por meio de um caso de estudo desenvolvido com o apoio da Empresa DST S.A..

Os objetivos específicos propostos para o corrente estudo foram os seguintes:

a) Identificação e avaliação dos KPI´s - *(Key Performance Indicators);*

b) Identificação e avaliação dos EFM – (Elementos Fonte de Manutenção);

c) Modelagem de um edifício – Sede da DST S.A;

d) Desenvolvimento de uma rotina de transferência de dados entre o *software* de modelagem e o Microsoft Excel® e vice-versa, com o auxílio do *software* Dynamo;

e) Elaboração de um indicativo para um plano simplificado de manutenção;

f) Demonstração do contributo que o BIM pode oferecer na optimização da gestão da utilização dos edifícios, por meio de um estudo de caso, com a formatação de uma interface gráfica do estado da manutenção de objetos do modelo BIM.

1.3 Estrutura do trabalho

O presente trabalho será organizado em cinco capítulos e bibliografia conforme se descreve a seguir:

O primeiro capítulo é meramente introdutório. Pretende-se nesta fase dar a conhecer de forma sucinta, qual a motivação, fundamentação e justificação, metodologia, objetivos gerais e objetivos específicos. Neste capítulo também se pode observar a forma de organização e estrutura do trabalho.

O segundo capítulo destina-se a apresentar a revisão bibliográfica, destacando a primeira secção na apresentação dos conceitos BIM, a segunda secção na apresentação dos conceitos FM e por fim a terceira secção associa às correlações do BIM-FM.

A primeira secção do segundo capítulo – Building Information Modelling - BIM é subdividido em: conceito BIM, domínios do BIM, implementação da metodologia BIM, normalização, sistemas de classificação, interoperabilidade, níveis de desenvolvimento/nível de detalhe e níveis de maturidade BIM.

A segunda secção do segundo capítulo - Facility Management – FM é subdividido em: conceitos gerais e evolução, gestão de edifícios, operação predial, manutenção predial e elementos fonte de manutenção.

A terceira secção do segundo capítulo – BIM-FM é subdividido em: origem e evolução do BIM-FM, benefícios e desafios na integração BIM-FM.

O terceiro capítulo aborda a metodologia utilizada para o desenvolvimento da pesquisa.

O quarto capítulo contempla o caso de estudo, onde são manifestas as etapas fundamentais para a demonstração do contributo do BIM-FM como elemento de suporte a operação e manutenção predial.

No quinto capítulo tecem-se as considerações finais, evidenciando-se possíveis desafios encontrados, limitações e propostas de trabalhos futuros.

Na Bibliografia serão apresentadas as diversas referências bibliográficas consultadas e analisadas durante todo o período da realização desta pesquisa.

2. ESTADO DA ARTE

2.1 Building Information Modelling - BIM

É conhecido que o fluxo da informação de um projeto na AEC compreende uma sequência de atividades multidisciplinares que requerem a colaboração de variadas equipes de especialistas. Dessa forma, é sempre necessária a cooperação desses participantes para que um projeto seja bem concebido e garanta a satisfação do cliente (Neto, 2014).

Segundo Martins (2009) o setor da AEC não apresenta a adequada eficiência se comparado com outros setores da economia. De acordo com o autor parte considerável dessa ineficiência decorre da inapropriada gestão da informação e nesse sentido a definição de formatos de representação de referência para os produtos de construção é fundamental para uma melhor integração entre os intervenientes do processo construtivo.

Ao longo da construção de uma edificação, um grande número de documentos é gerado para acompanhar as diferentes fases. O rápido crescimento do volume de informação sobre o projeto ao longo destas fases torna cada vez mais difícil de encontrar, organizar, aceder e manter as informações exigidas pelos utilizadores (Pina et al., 2016).

Como parte da evolução dos materiais e das técnicas construtivas, os projetos de construção são cada vez mais complexos e arrojados, sendo necessário um elevado nível de detalhe e de informação para a sua gestão, sendo importante e vital que se encontre disponível de forma percetível. Os grandes obstáculos do setor da AEC são revelados quando os desafios de intercâmbio de informações durante a fase de concepção/construção são multiplicados em todo o ciclo de vida de uma edificação (Pina et al., 2016).

Como resultado de projetos cada vez mais inovadores, as técnicas e metodologias empregadas nas atividades construtivas estão em constante atualização e procuram sempre otimizar os mais variados recursos empregados para a consecução dos objetivos do setor AEC.

O processo tradicional de contratação de uma obra, (Figura 1) na qual cada interveniente (proprietário, arquiteto, engenheiro, empreiteiro, gestor da operação, utilizador) assume o seu papel, em regra é desconexo tendo em vista que os intervenientes não se encontram conectados desde as fases mais iniciais e geralmente produz perda de informação ao longo da interconexão das etapas constituintes do ciclo de vida da edificação.

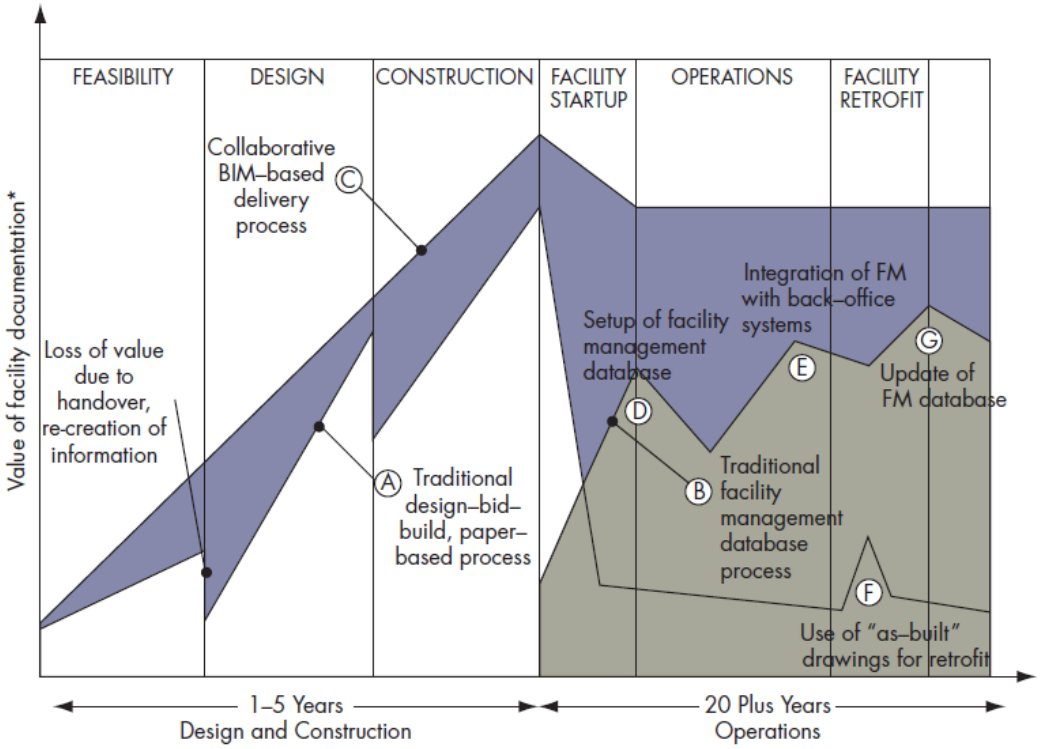
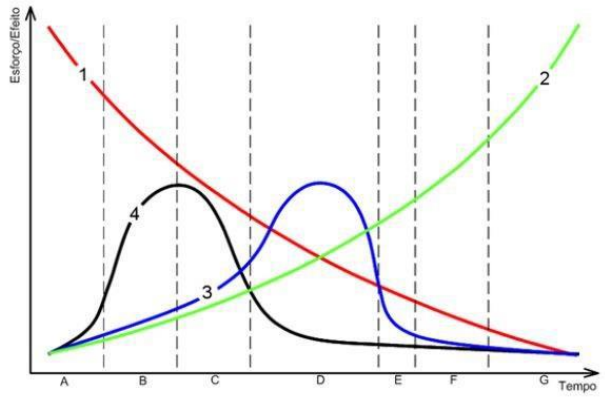


Figura 1 - Ciclo de vida de uma edificação (Sacks et al., 2018)

Dessa forma, pode-se concluir que uma metodologia que proporcione o desenvolvimento do processo construtivo a partir de práticas colaborativas tem maior capacidade de integração entre os *stakeholders* e que além disso, pelo fato de haver uma maior associação entre as partes, erros e omissões podem ser inicialmente detetados de modo que haja o menor impacto no curso do empreendimento.

Mediante a curva de MacLeamy (Figura 2) é possível identificar o impacto sofrido nos custos de um projeto tendo em vista o momento das intervenções. Pela própria característica da metodologia BIM, que preza pela integração das equipes bem como o trabalho colaborativo, sua incidência se dá nos momentos mais iniciais do projeto. Já a metodologia tradicional, onde as maiores modificações/adaptações se dão na fase construtiva, produz impactos financeiros de maior monta. (Moreira, 2018)



Legenda:

1 - Possibilidade de produzir impacto nos custos e aspetos fundamentais do projeto;
2 - Custo de alterações produzidas no projeto;
3 - Processo tradicional;
4 - Processo alternativo;

No eixo das abcissas:

A - Promoção;
B - Estudo prévio;
C - Projeto;
D - Projeto de execução;
E - Procurement;
F - Gestão da Construção;
G - Operação.

Figura 2 - Curva de MacLeamy (Moreira, 2018).

O CV de uma edificação é extenso e contempla várias etapas. Segundo Arquitectos (2016) o ciclo de vida de um edifício inclui todos os momentos da sua existência e baseia-se numa linha temporal, organizada em sete etapas sequenciais, que arranca com a iniciativa do promotor e prolonga-se até ao fim de vida da construção.

Quadro 1 - Etapas do ciclo de vida do edifício

1	2	3	4	5	6	7
Iniciativa	Início	Projeto	Concurso de seleção	Obra	Uso da Construção	Fim da vida

A fase de projeto é uma das principais etapas do processo produtivo no setor AEC. É nela que o tipo de definições efetuadas trarão, ou não, consequências de ordem financeira, prazo, exequibilidade no momento da obra. O projeto direcciona e prevê como, quando e por quem as operações serão executadas. Com o estudo do projeto, as previsões são mais precisas e os processos construtivo e de utilização podem ser otimizados.

Na fase de execução da obra, as resoluções contidas no projeto e as delimitações propostas no planeamento são realizadas para a correta execução das atividades de construção. É nessa fase que a adequada monitorização da obra é determinante para evitar erros, desperdícios e retrabalhos, de modo a reduzir os riscos e os custos do projeto.

O uso da construção insere-se na etapa mais prolongada do ciclo de vida da edificação. Se levarmos em conta uma vida útil de 60 anos e uma fase construtiva em 2 anos, a fase construtiva corresponde a 3,33% e a utilização corresponde a 96,66%. Pode-se assim inferir, que a fase de utilização das edificações é aquela que deverá dispor de mecanismos de modo a permitir que a condição inicial de uso seja mantida ao longo dos anos.

É sabido que os custos de manutenção e operação de um edifício representam cerca de 80% do custo total do edifício durante a sua vida útil que em média é de 60 anos, especialmente tendo em consideração o prazo estabelecido para a durabilidade das estruturas, sendo que somente 20% dos custos do edifício são gastos nas fases de construção e projeto (Tavares, 2009). Dessa forma, (Figura 3) os 20% restantes ficam divididos em 15% a 20% para construção e 2% a 5% para concepção, projeto e fiscalização (Silva *et al.*, 2003).

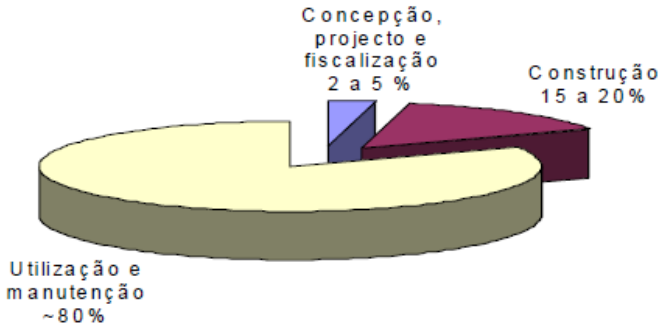


Figura 3 - Distribuição de custos globais de um edifício (Silva *et al.*, 2003)

A análise de custo do ciclo de vida é uma técnica de avaliação económica que determina o custo total de propriedade e operação de uma instalação ao longo de um período de tempo e que pode ser realizada em grandes e pequenos edifícios ou em sistemas isolados de edifícios (Kale et al., 2016). Segundo a autora os custos do ciclo de vida incluem todos os custos necessários para construção, operação, manutenção e fim da vida útil. Inclui todos os custos associados, como entrega, instalação, comissionamento, seguro, uso de energia e água, substituição, manutenção, reparo e custos de final de vida útil. Além disso, o setor AEC apresenta custos unitários crescentes (Figura 4) ao longo dos últimos 70 anos (Oliveira, 2019).

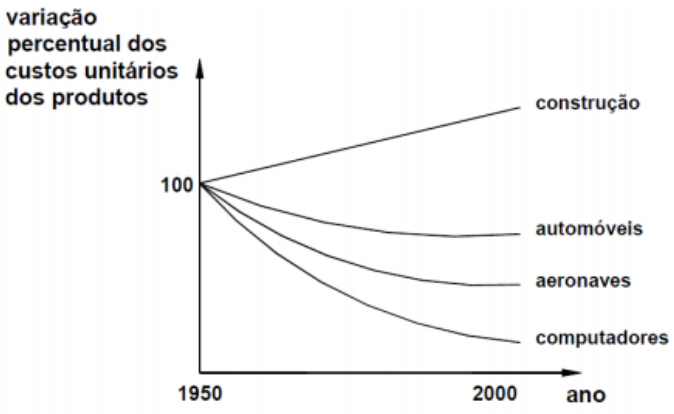


Figura 4 - Variação dos custos unitários na indústria (Oliveira, 2019)

Dentro do contexto de busca por mais produtividade e integração entre os partícipes, surge a metodologia BIM que tem a capacidade de integrar pessoas, processos e informações durante todas as etapas do ciclo de vida de uma edificação.

2.1.1 Definições

O termo BIM, que para muitos denota ser uma metodologia nova, já é discutida há bastante tempo. Succar (2009) tece ponderações relacionadas ao significado do termo BIM a altura na qual o termo foi publicado e relata barreiras relacionadas ao seu completo entendimento, onde afirma: "*Mesmo que o termo BIM sofra contestações a respeito de sua utilidade, continua a ser utilizado pela academia e pela indústria como o - novo paradigma CAD"*. Logo em seguida o autor apresenta uma série de definições utilizadas pela indústria e academia, que tem a mesma aceção do termo BIM, os quais segundo o autor são: "amplamente utilizados", sem todavia, apresentar critérios pragmáticos para a inclusão de um ou de outro termo na lista.

A evolução do termo BIM decorre das seguintes etapas:

- Nos finais dos anos 70 do século XX, Charles M. Eastman, do Instituto de Tecnologia da Georgia criou o conceito (Building Product Model - BPM);
- O termo *Building Information Modeling (BIM)* terá sido primeira vez empregue pelo arquiteto e estratega da indústria de CAD – Computer Aided Design, Phil Bernstein da Autodesk;
- A sigla foi largamente popularizada por Jerry Laiserin ao padronizar o termo como um nome comum para a representação digital de um processo de construção de edifícios;
- Segundo alguns autores, a primeira implementação do BIM foi efetuada através do Virtual Building da aplicação ArchiCAD da Graphisoft em 1987.

Gaspar & Ruschel (2017) efetuaram uma pesquisa histórica a respeito da cronologia do BIM como forma de melhor compreender a evolução do termo BIM (Quadro 2).

Quadro 2 - Quantidade de publicações que apresentam os termos. (Gaspar & Ruschel, 2017)

Termo Unificador	1971-1975	1976-1980	1981-1985	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2010	2011-2016	Total Geral
Computer aided Architetural Design (1974)	12	80	86	84	114	110	257	567	863	2185
Building Desgin System (1975)	4	39	24	14	38	38	32	23	14	226
Buildin Description System (1976)		28	5	2	4		1	1	24	65
Integratde Building Model (1980)		1	6	4	6	9	7	6	14	53
Design Data Model (1982)		1	5	15	17	10	14	26	16	104
Integrated Product Model (1988)			6	7	26	16	52	80	66	253
Building Product Model (1989)				15	83	71	132	180	175	656
Building Information Model (1992)					4	3	52	781	4726	5566
Integratde Desing Model (1992)				2	7	14	11	24	47	105
Parametric Building Model (2004)							10	11	31	52
Virtual Design and Construction (2004)							12	91	282	385
Total Geral	16	149	144	143	299	271	580	1790	6258	9650

De acordo com Martins, (2009) desde meados da década de 50, o uso de computadores para atividades de engenharia é presente com a finalidade de cálculo automático de funções matemáticas. Todavia seu uso possuía limitações em virtude da ausência de monitores com capacidades gráficas que proporcionassem conexão entre o utilizador e os projetos.

Para que a metodologia BIM pudesse ser empregada na atualidade, ela ultrapassou algumas etapas. De acordo com Venâncio, (2015) a evolução percorreu a seguinte cronologia, Figura 5

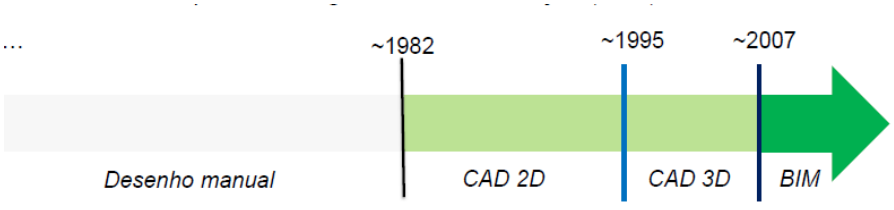


Figura 5 - Implementação das ferramentas de TI na construção (Venâncio, 2015)

Para Succar, (2009) BIM é um conjunto de processos, tecnologias e políticas integrativas que produzem uma metodologia que gerencia os dados do projeto em formato digital e o desenho essencial do edifício em todo o ciclo de vida da edificação. Já (Aliabadi, 2013) relata que BIM representa uma avanço na forma como as edificações são projetadas e executadas. O autor afirma

que da mesma forma que o CAD foi um avanço em relação ao desenho manual, o BIM representa um avanço em relação ao CAD.

O uso de modelos BIM transformou a forma como as edificações são projetadas e construídas (McArthur, 2015). Para a autora, a metodologia BIM é capaz de otimizar a coordenação interdisciplinar e integrar a visualização 3D, estimativa de custo, análise energética e cronograma de obras.

BIM significa Modelagem de Informações da Construção e pode ser considerada a tecnologia de produção e gerenciamento de todas as informações aplicadas em vários campos durante todo o ciclo de vida do projeto, desde o design inicial do conceito até a fase de manutenção (Ahn & Cha, 2014).

De modo frequente, o conceito BIM é apresentado de maneira equivocada, sendo considerado apenas como um *software*. No entanto, apesar de a metodologia BIM utilizar-se de *softwares* específicos para o tratamento gráfico da informação, trata-se de uma agregação de processos organizados sistematicamente, segundo uma base de informação (Martins, 2009).

Para Succar, (2009) existe uma pluralidade de significados para o acrônimo BIM; porém todos eles tem conotações comuns (Figura 6).

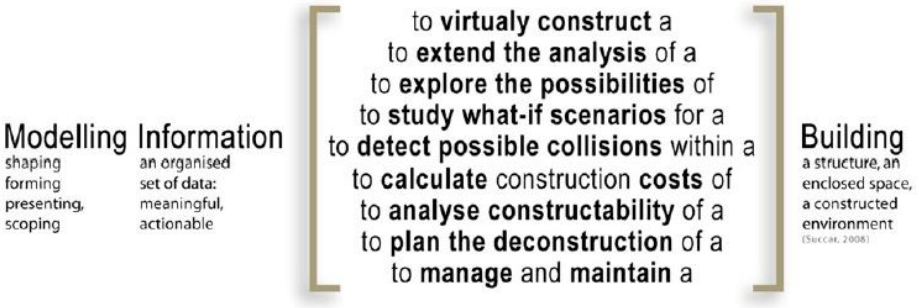


Figura 6 - Conotações do termo BIM (Succar, 2009).

Embora não haja uma definição única para o conceito da metodologia BIM, é evidente que todas as definições apresentadas na literatura contemplam a colaboratividade entre os participantes, fiabilidade no armazenamento e compartilhamento de informações e uso ao longo de todo o ciclo de vida da edificação.

2.1.2 Domínios BIM

A metodologia BIM pode apresentar-se de modo a contribuir em diversas áreas de atuação da AEC. Ao longo dos anos, a evolução e consolidação das ferramentas BIM, pode associar cada área dessa com um dado domínio BIM (nD). Assim, na sua dimensão, os modelos BIM referem-se por "nD" (Figura 7) e se associam a uma funcionalidade que vai além das três dimensões do espaço.

Como elemento essencial da metodologia BIM, na qual os modelos são elaborados e visualizados tridimensionalmente, o domínio 3D é aquele que permite que o modelo gerado pelo *software* BIM é projetado diretamente, em vez de ser gerado a partir de várias visualizações 2D. Ele pode ser usado para visualizar o design em qualquer estágio do processo, com a expectativa de que ele seja dimensionalmente consistente em todas as visualizações (Sacks et al., 2018)

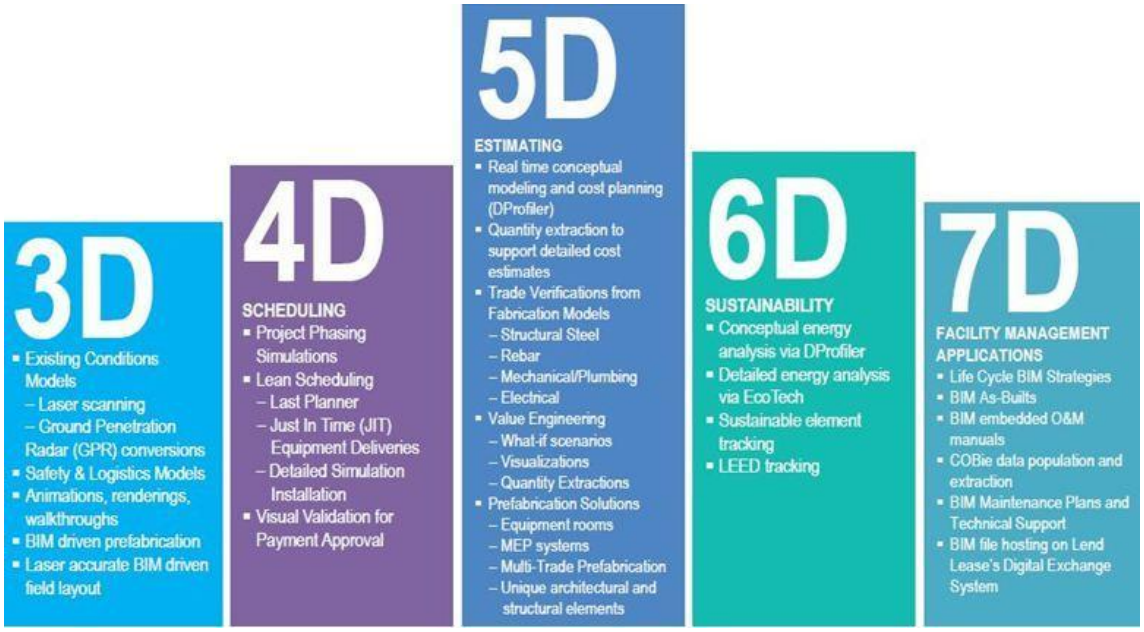


Figura 7 - Domínios BIM (L. H. C. H. Sousa, 2015).

Os modelos possuem o denominado BIM 4D sendo aquele que caracteriza o planeamento/tempo, alcançando toda a gestão do projeto. Por meio da decomposição das fases executivas de construção é possível ter uma visão singular da evolução do edifício no decorrer do período (Eastman et al., 2011). Dada a capacidade informativa do modelo BIM, é possível efetuar simulações a respeito de cronograma, ordem construtiva, produtividade, dimensionamento de equipes, tudo isso com a finalidade do otimizar o processo produtivo (Moreira, 2018). Tais características permitem aos gestores, um melhor acompanhamento da evolução construtivo antecipando-se a eventuais necessidades de alterações/modificações.

A partir da quarta dimensão do BIM, tem-se a quinta dimensão (5D) aquela na qual se associa o parâmetro custo a todas as atividades do empreendimento, dessa maneira a possibilitar a estimativa de custo, bem como um cronograma de desembolsos ao longo do tempo (Moreira, 2018). Para Eastman et al., (2011) uma outra vantagem do BIM 5D é que o orçamento baseado no modelo BIM é automaticamente atualizado se eventuais alterações/adaptações ocorram durante a elaboração do projeto ou mesmo durante em obra.

A sexta dimensão (6D) é aquela que leva em consideração os aspectos da sustentabilidade das construções, em todo o ciclo de vida. Mediante a aplicação da metodologia LCA – *Life Cicle Analysis* é possível avaliar os impactos ambientais causados pelos materiais constituintes da edificação (Oliveira et al., 2019). Sendo possível também avaliar, mesmo na fase de elaboração do projeto, as várias possibilidades construtivas especialmente no que diz respeito ao consumo energético por meio de simulações. Pelo BIM 6D é possível avaliar os processos de escolha de instalações de alto desempenho. É nesta etapa que é possível associar o BIM com o *Green Building*, chamado por alguns autores de Green BIM (Sousa, 2015).

A sétima e última dimensão (7D) comumente denominada BIM-FM é aquela que se concentra nas atividades operativas e de manutenção das edificações, sendo possível: rápida partilha de informação; melhoria da gestão dos espaços; manutenção simplificada; uso eficiente da energia; aprimoramento do ciclo de gestão; fácil realização de simulações. Compreende a fase de utilização do edifício, a qual corresponde a fase mais longa do ciclo de vida da edificação. É nessa fase que os responsáveis pela manutenção do edifício utilizam as informações do modelo BIM para a gestão de todos os equipamentos com informações sobre fabricantes, assistência técnica, datas de instalação e ficha técnica de cada material aplicado ao edifício (Marinho, 2014).

Para que uma entidade faça uso da metodologia BIM é necessária uma mudança nos processos internos de elaboração dos projetos, da execução da fase construtiva bem como da fase operativa da edificação.

2.1.3 Implementação e maturidade BIM

A metodologia BIM traduz uma abordagem integrada entre todos os intervenientes. Essa integração muda completamente a dinâmica do processo tradicional de desenvolvimento de atividades construtivas, dado que o processo colaborativo se dá em um único modelo.

Para a transposição da forma tradicional de desenvolvimento dos empreendimentos para o BIM (Succar, 2009) apresenta uma estrutura na qual vários estágios caracterizam a maturidade BIM.

O autor ressalta que a maturidade BIM pode ser dividida em três estágios, que são divididos em fases (Figura 8). Para uma melhor compreensão, o status antes da implementação BIM é denominado PRE-BIM.



Figura 8 - Maturidade BIM (Succar, 2009)

As fases são incrementais, enquanto que os estágios são caracterizados por mudanças ou transformações profundas (Henderson & Clark, 1990; Taylor & Levitt, 2005).

O PRÉ-BIM é caracterizado pela dependência da representação 2D para elementos 3D, e quando esses existem, eles são desconexos e dependentes de documentos 2D. Estimativas de custos, especificações e quantidades normalmente não são derivadas do modelo, não existe priorização para práticas colaborativas, o setor sofre com baixo investimento em tecnologia e falta de interoperabilidade e o fluxo de trabalho é linear e não-coincidente. O BIM estágio I é caracterizado pela produção de modelos individuais BIM em *softwares* próprios de modelagem. As entregas BIM incluem modelos de projeto de arquitetura e modelos de fabricação de tubos os quais auxiliam a criação automática de desenhos 2D sem, todavia, ter um processo colaborativo definido, tal qual no PRE-BIM (Succar, 2009).

O autor prossegue discorrendo sobre o estágio II que é caracterizado pela existência maciça do processo colaborativo pelos intervenientes, na qual a troca de informações pode ser efetuada diretamente entre formatos proprietários ou por meio do IFC – *Industry Foundation Classes*. A colaboração baseada em modelo pode ocorrer entre duas fases distintas do ciclo de vida da edificação ou mesmo dentro de uma mesma fase. O autor ainda ressalta que basta apenas um modelo com informações geométricas para que haja um intercâmbio semântico entre as disciplinas e conclui apresentando o estágio III na qual modelos integrados detalhadamente ricos são criados, compartilhados e mantidos durante as fases de projeto(D), construção(C) e operação(O) mediante uso de vários formatos de consolidação dos dados BIM. Nesse estágio os modelos são interdisciplinares nD e possibilitam complexas análises nas fases virtuais de projeto e obra (Lee et al., 2005).

Segundo Succar (2009), projetos de obras ultrapassam as três fases mais importantes do ciclo de vida de uma edificação são: (P) projeto, (C) construção e (O) operação, com o detalhamento de cada fase (Quadro 3).

Quadro 3 - Fases do ciclo de vida de um projeto e sub-fases (Succar, 2009)

Fase de projeto	Fase de construção	Fase de operação
P1 – Conceito, programação e planeamento financeiro	C1 -Planeamento da construção e detalhe da construção	O1 – Ocupação e operação
P2 – Projetos Arquitetônico, estrutural e de instalações prediais	C2 – Construção, fabrico e compras	O2 – Gerenciamento de ativos e manutenção da propriedade
P3 – Análise, detalhe coordenação e especificação	C3 – Ativação, *as-built* e entrega	O3 – Desativação e reprogramação importante

O conceito de IPD – *Integrated Project Delivery* que vem a ser um processo de entregas integrado com trabalho em equipas – otimiza tempo e custo; facilita a comunicação entre os intervenientes, visto que todos trabalham em um mesmo modelo tridimensional; desenvolve pormenores em fase iniciais de projeto e aumenta o conhecimento nas habilidades de projeto (Eastman et al., 2011; CBIC, 2016; Sacks, Koskela, Dave, & Owen, 2010).

Avaliar a maturidade da adoção do BIM em um projeto ou dentro da sua organização pode fornecer informações sobre maneiras de melhorar processos e aproveitar melhor os benefícios do BIM (BuildingSMART, 2019a). Para Moreira (2018) a maturidade BIM representa o desenvolvimento contínuo das capacidades BIM, sendo determinado pelos níveis de maturidade BIM ambicionados pelas organizações.

De acordo com (British Standards Institution, 2014) os níveis de maturidade BIM, podem ser avaliados conforme os requisitos apresentados na Figura 9.

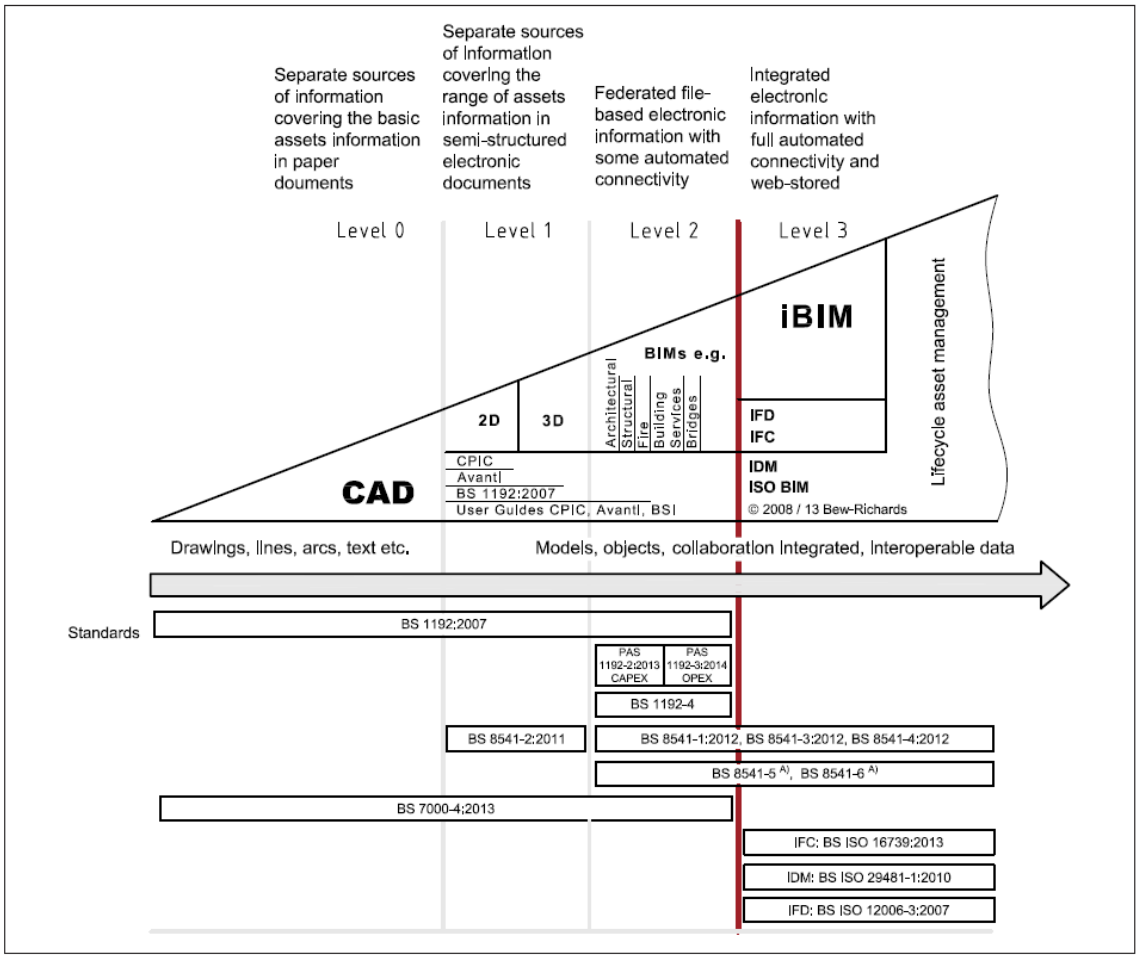


Figura 9 - Níveis de Maturidade BIM (British Standards Institution, 2014).

Assim, define-se:

- Nível 0: Este não faz parte da maturidade do BIM, mas representa a substituição das pranchetas convencionais, em representações [2D], sendo o CAD programas utilizados por diversas áreas da engenharia, arquitetura, etc., que facilitam o projeto e o desenho técnico. O *output* deste tipo de abordagem consiste apenas em prints eletrónicos ou em papel.
- Nível 1: Este é o nível em que, a maioria das empresas adotam na atualidade. Apesar de neste nível não haver colaboração interdisciplinar, já existe troca de informação eletrónica em maior escala. Está relacionado com o uso de formatos [2D] CAD para a apresentação de documentos e informações de equipamentos e o formato [3D] para a concepção dos projetos.
- Nível 2: Este é o modelo que promove o uso do processo colaborativo entre as diferentes especialidades onde, cada equipa cria seu próprio projeto em [3D] individualmente, mas não estando trabalhando necessariamente num único modelo partilhado. É essencial para este nível, que as informações criadas sejam partilhadas eletronicamente num ambiente de trabalho comum

a todos. Estes dados partilhados possibilitam a utilização do mesmo para combinação de dados e verificando erros e interferências entre os projetos.

- Nível 3: Representa a aplicação ideal do BIM, onde é posto em prática um processo aberto e integrado, com recurso a modelos partilhados por parte de todos os intervenientes do empreendimento, disponíveis numa plataforma online. O grande objetivo deste nível é unificar toda a indústria ao permitir que todos os projetos sejam realizados num único modelo partilhado. A ideia principal é a de que todas as entidades trabalhem ao mesmo tempo sobre o mesmo projeto, que deve estar associado a uma *cloud*, editando-o. Segundo Almeida, (2018) neste nível de maturidade já é discutida a utilização de modelos mais avançados, modelos que integrem o tempo e os custos no projeto como também os modelos preenchidos com as informações necessárias para se proceder à gestão e manutenção do edifício.

2.1.4 Normatização

Para que uma dada área do conhecimento posso evoluir, é necessário que uma série de diretrizes sejam estabelecidas com a finalidade de uniformizar procedimentos, estabelecer padrões para utilização comum e repetida com a finalidade da obtenção do grau ótimo de ordem, num determinado contexto.

Para a correta implementação da metodologia BIM é necessário que as entidades reguladoras definam as normas para a uniformização dos documentos gerados de forma a que todos os projetos sejam desenvolvidos segundo as mesmas diretrizes e os agentes envolvidos trabalhem com os mesmos procedimentos (Moreira, 2018).

Diversas iniciativas têm sido empreendidas nos países, com a finalidade de normatizar procedimentos. Entidades são criadas ou comissionadas com a responsabilidade de desenvolver diretivas específicas para a aplicação e desenvolvimento desta metodologia. Tavares (2019) pontua que em alguns países, a aplicação da metodologia BIM é já de caráter obrigatório quando se trata de obras públicas. As estratégias adotadas para a implementação das normas BIM podem ser diversas, seja através da sua normalização ou recorrendo a linhas orientadoras. Países que adotaram a metodologia BIM há mais tempo (os EUA, Finlândia e o Reino Unido) foram os que obtiveram maior domínio e melhores resultados (Pinho, 2015) citado por (Tavares, 2019). É ainda de referir alguns outros países que já possuem normas e *guidelines* BIM como a Dinamarca, Holanda, Coreia do Sul, Hong Kong, Austrália, Emiratos Árabes Unidos (Pinho, 2015).

- Os EUA não são apenas os maiores produtores e consumidores de conteúdo BIM, são também pioneiros na adoção e investigação BIM. Nos EUA foram desenvolvidas as *National Building Information Modeling Standards* (NBIMS) *pelo National Institute of Building Science* (NIBS). Estas normas representam a junção de diversas iniciativas BIM americanas que vêm a ser desenvolvidas desde o ano 2003.
- Na Finlândia, após a metodologia BIM assumir um papel fulcral no desenvolvimento do setor da construção, foram criados os *National Common BIM Requirements* - COBIM, publicadas em 2007 pela organização pública *Senate Properties*. COBIM está dividida em treze partes (BuildingSMART, 2012):
    - Requisitos gerais BIM;
    - Modelar de uma situação inicial;
    - Projeto de arquitetura;
    - Projeto MEP;
    - Projeto de estruturas;
    - Garantia de qualidade;
    - Extração de quantidades;
    - Uso de modelos para a visualização;
    - Uso de modelos para análise MEP;
    - Análise energética;
    - Gestão de um projeto BIM;
    - Uso de modelos na gestão de edifícios;
    - Uso de modelos na construção

No Reino Unido foi desenvolvida a PAS 1192-2 – *Specification for Information Management using BIM* formada com o intuito de apoiar o objetivo de alcançar a maturidade BIM nível 2, especificando os requisitos para o atingir. Desde maio de 2011, o uso do BIM foi adotado para projetos com valor superior a 5 milhões de libras e, desde o ano de 2016, o governo tornou de caráter obrigatório a utilização da metodologia BIM em todos os projetos com apoio público. As exigências do governo são apoiadas pela AEC (UK), formada em 2000, que publicou as normas. Até 2020 o objetivo do Reino Unido é alcançar a maturidade nível 3, ou seja, o BIM integrado para todo o ciclo de vida.

Como se verifica (Quadro 4), as iniciativas normativas existentes em alguns países que podem servir como direções/instruções a serem seguidas na implementação da metodologia BIM.

Quadro 4 - Normas e diretrizes BIM em alguns países, adaptado de (Tavares, 2019)

País	Organização	Nome da Norma	Data
Austrália	*NATSPEC*	*NATSPEC National BIM Guide*	19/09/2011
		NATSPEC BIM Object/ Element Matrix	
Dinamarca	*Erhvervsstyrelsen (National Agency for Enterprise and Construction)*	*Det Digitale Byggeri (Digital Construction)*	1ª/01/2007
Finlândia	*buildingSMART Finland*	*Common BIM Requirement 2012(COBIM)*	27/03/2012
Reino Unido	*AEC (UK)*	*AEC (UK) BIM Protocols*	07/09/2012
Noruega	*Statsbygg*	*Statsbygg Building Information Modeling Manual*	24/11/2011
Singapura	*Building and Construction Authority*	*Singapore BIM Guide*	15/05/2012
	CORENET e-submission System (ESS)	*CORENET BIM e-submission Guidelines*	25/01/2010
EUA	*National Institute of Building Science (NIBS) – buildingSMART aliance (bSa)*	*National BIM Standard (NBIMS)*	04/05/2012
	American Institute of Architects (AIA) Contract Documents	*E202-2008 BIM Protocol Exhibit*	2008
	New York City Department of Design + Construction	*BIM Guidelines*	1ª/07/2012
	United States Department of Veterans Affairs (VA)	*The VA BIM Guide*	02/04/2010
	Indiana University Architect's Office and Engineering Services	*I UBIM Guidelines & Standards for Architects, Engineers and Contractors*	02/07/2012
	buildLACCD (Los Angeles Community College District)	*BIM Design-Bid-Build StandardsBIM Design-Build Standards*	29/06/2011
		LACCD BIM Standard	02/06/2010
	United States General Services Administration (GSA)	*National 3D-4D Building Information Modeling Program*	15/05/2007

Em Portugal, estão em curso diversas iniciativas de divulgação e de implementação do BIM, entre as quais se inclui a Comissão Técnica de Normalização CT197-BIM, que representa o CEN/TC 442 em Portugal, e o EU BIM Task Group. A Comissão Técnica CEN/TC 442 propõe a criação de normas, especificações e relatórios que definem, implementam e monitorizam o BIM, gerindo toda a informação que lhe é inerente (Sousa, 2016).

A CT197 está dividida em quatro Subcomissões, coordenadas por organizações com competências na área do BIM (como o IST, LNEC e ndBIM): Plano de Ação e Maturidade (Subcomissão 1), Trocas e Requisitos de Informação (Subcomissão 2), Metodologias BIM (Subcomissão 3) e Bibliotecas e Objetos BIM (Subcomissão 4).

O CEN/TC 442 tem como principais objetivos harmonizar as iniciativas europeias no que diz respeito à normalização do BIM, potenciar uma construção mais sustentável assim como um trabalho colaborativo devidamente estruturado, contribuir para a inovação tecnológica da construção e definir a implementação do BIM a nível europeu.

No Reino Unido, a NBIMS, com a direção da buildingSMART Alliance (bSa), uma secção da buildingSMART, desenvolve normas para guia de intercâmbio de informações de construção, com o objetivo de criar um conjunto de modelos de produto que pode ser usado por projetistas, construtores, proprietários e operadores.

A bSa é responsável também pela adoção do formato IFC para troca de dados BIM, que é um formato de dados destinado a facilitar a transferência e integridade da informação entre os modelos de construção e sistemas de informação, durante o ciclo de vida do edifício.

2.1.5 Interoperabilidade

Para que a metodologia BIM tenha aplicabilidade é necessário que haja a adequada interoperabilidade entre os diversos *softwares* (Moreira, 2018). A estrutura da interoperabilidade se assenta em informação coordenada e na existência de um fluxo de trabalho que conduz toda essa informação desde o programa base até à fase de operação e manutenção de um projeto (Rodas, 2015).

De modo a evitar a perda de informação a Figura 10 apresenta um comparativo entre as diferentes fases de um projeto sob a ótica da situação ideal e a prática usual (Tavares, 2019).

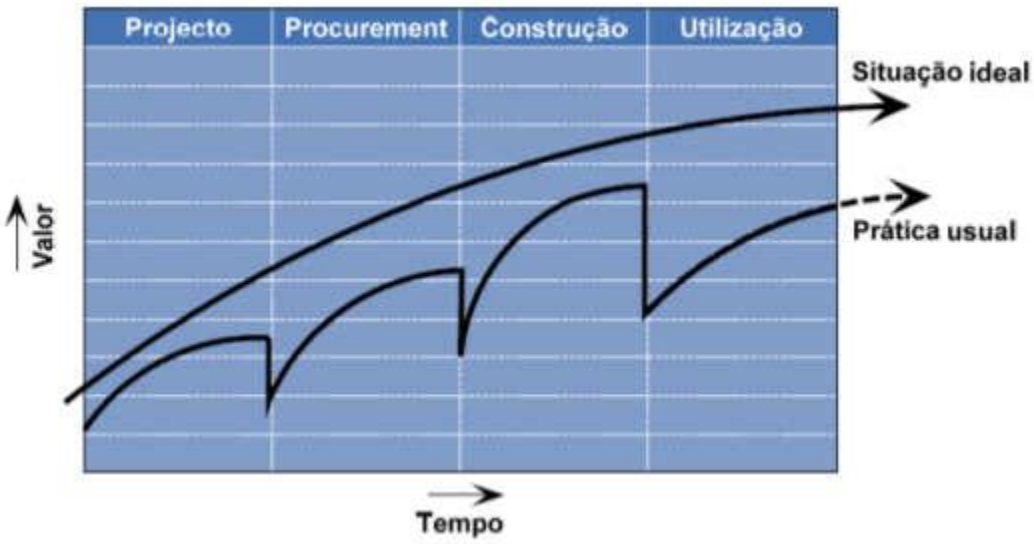


Figura 10 - Perda de valor entre as diferentes fases de projeto (Tavares, 2019)

Uma mais valia do BIM é a capacidade que se tem na partilha de informação entre todos os intervenientes, durante todas as fases do ciclo de vida do edifício. Esta partilha de informação traduz-se na interoperabilidade entre ferramentas BIM (Figura 11), permitindo a colaboração e a partilha, tornando essencial a agilização da troca de dados entre sistemas diferentes e a correta transmissão de informação (Mota, 2016).

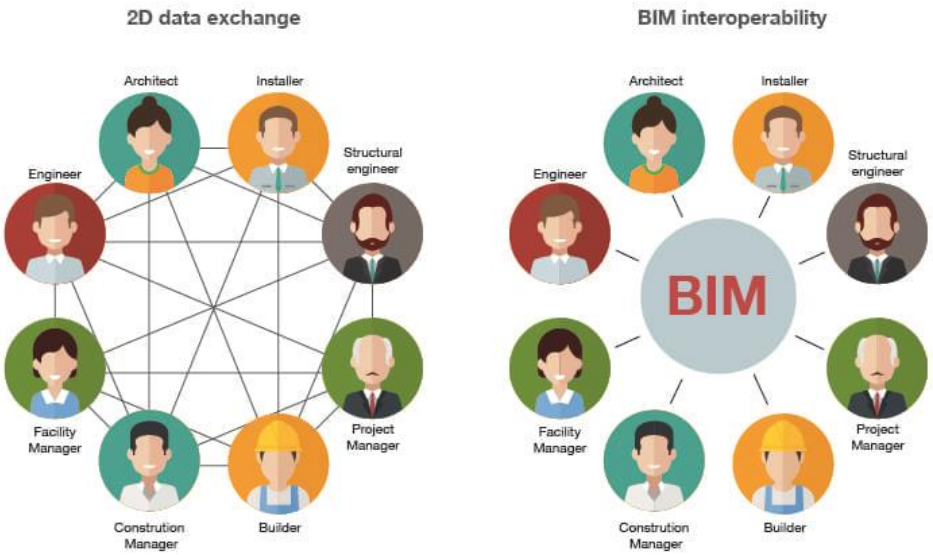


Figura 11 - BIM e Interoperabilidade (ACCA, 2017)

A interoperabilidade entre *softwares* denota a capacidade de dois ou mais sistemas heterogéneos comunicarem, de forma sincronizada e em conjunto (Eastman et al., 2011). Garantindo a eficácia e a fluidez da interoperabilidade, é possível criar fluxos de trabalho BIM mais eficientes em comparação com as metodologias tradicionais baseadas no CAD e no 2D (AIA, 2017).

A *buildingSMART*, anteriormente denominada IAI - *International Alliance for Interoperability* desenvolveu o padrão IFC com a finalidade do compartilhamento e troca de dados BIM entre os diversos *softwares*, sendo responsável pela constante atualização do modelo e pela criação de novos padrões para atender às necessidades da indústria de AEC (AIA, 2017). Segundo Pinho (2015) o IFC equivale a um conjunto de regras de partilha e disponibilização de informação em um formato único e universal.

O formato IFC passou por diversas atualizações (Figura 12) desde que foi lançado em 1997 sob a versão "IFC 1.0", na qual atualmente vigora a versão "IFC Add2 - TC1. 4.0.2.1" (BuildingSMART, 2020a).

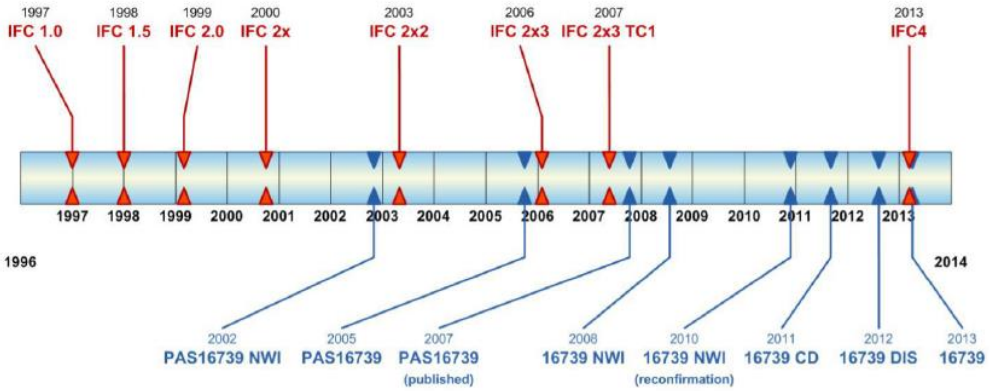


Figura 12 - Versões desenvolvidas do formato IFC (Moreira, 2018)

A adoção de um formato universal que permite a intercambialidade entre os diversos *softwares* tende a minimizar um problema antigo já existente nos formatos CAD 2D, onde os projetos eram desenvolvidos em plataformas privadas, que utilizam linguagens e códigos divergentes. A solução mais inteligente seria o uso de arquivos com formatos neutros, entre os quais os mais usados são *Drawing Exchange Format* (DXF) e DWG (Pinho, 2015).

Pontua (Marinho, 2014) que IFC é um formato aberto, neutro e com especificações padronizadas para o BIM: transporta propriedades alfanuméricas, materiais e relações entre objetos além das suas propriedades geométricas. Ele contêm informações relevantes sobre a tipologia, as

propriedades, a relação entre objetos e composição do edifício, assumindo-se como uma combinação de dados geométricos e dados não geométricos (Moreira, 2018).

O formato IFC que possui ampla aceitação dos produtores de conteúdo e já alcançou aproximadamente 140 *softwares* que suportam esse formato (ACCA, 2017).

Com a finalidade de proporcionar a adequada interoperabilidade, a *buildingSMART desenvolveu além do IFC alguns padrões para a partilha de informações,* o *International Framework for Dictionaries* (IFD), o *Information Delivery Manual* (IDM), o *BIM Collaboration Format* (BCF) e o *Model View Definitions* (MVD), na qual cada um deles possui uma característica e função distinta na partilha e suporte de dados de um modelo, conforme o Quadro 5.

Quadro 5 - Padrões básicos buildingSMART, adaptado de (BuildingSMART, 2019b)

Nome	Função	Norma
IFC	Partilha de informação e dados	ISO 16739:2013
IFD	Biblioteca de dados aberta	ISO 12006-3:2007
IDM	Normalizar e especificar processos	ISO 29481-1:2010 e ISO 29481-2:2012
BCF	Coordenação de fluxo de trabalho	BuildingSMART BCF
MVD	Traduzir os processos para os requisitos técnicos	BuildingSMART MVD

Por meio do IFC o intercâmbio de informações é possível, todavia essas informações carecem de uma compreensão adequada. Desse modo, o IFD atua como um dicionário universal, no qual cada parâmetro tem associado as suas definições específicas, com acesso automático e independente da tipologia e linguagem do software em utilização (BuildingSMART, 2019b) citado por (Moreira, 2018). Para Sousa (2016) o IFD permite a ligação entre o modelo e várias bases de dados com informações específicas do projeto e do produto, mediante uma terminologia definida.

Já o IDM distingue os tipos de informações necessárias durante a construção de um projeto, com especificações detalhadas da informação que um determinado utilizador deve fornecer (Sousa, 2016) ao mesmo tempo que, captura e integra progressivamente processos de negócio (Tavares, 2019).

O padrão IDM se relaciona com os processos que ocorrem ao longo da realização de um projeto em BIM e refere-se aos processos subjacentes durante a realização do projeto em BIM e assume-se como uma extensão de apoio do IFC (Moreira, 2018). Ele fornece especificações detalhadas da

informação que um utilizador, que cumpre um papel específico, precisa devolver num determinado ponto, dentro de um projeto (Tavares, 2019).

Tem-se a seguir esquematizado o triângulo padrão buildingSMART (Figura 13) que relaciona os componentes da plataforma IFC.

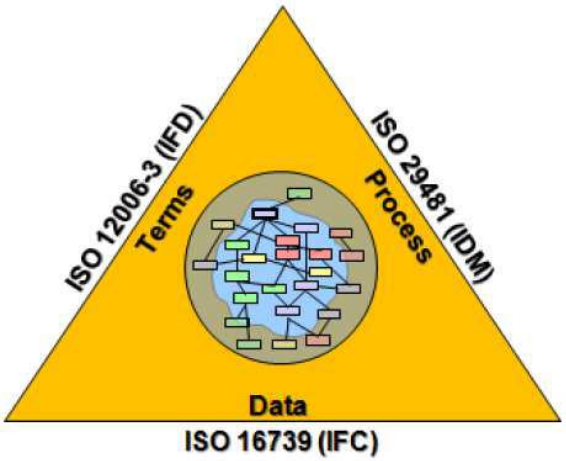


Figura 13 - Plataforma IFC (BuildingSMART, 2020b)

O formato BCF permite que diferentes aplicações comuniquem problemas baseados em modelos, aproveitando os modelos IFC que foram compartilhados anteriormente entre os colaboradores do projeto (BuildingSMART, 2018a).

Por fim o MVD define um subconjunto do esquema IFC necessário para satisfazer um ou mais requisitos na troca de informação na indústria AEC, sendo esta troca de informação definida pela IDM (Almeida, 2018). Segundo BuildingSMART (2018) a documentação de um MVD permite que a troca seja repetida, fornecendo consistência e previsibilidade em uma variedade de projetos e plataformas de *software.*

2.1.6 Nível de detalhe e Nível de desenvolvimento

Embora a metodologia BIM já seja aplicada nas mais variadas tipologias, seja quanto ao tipo de uso (comerciais, residenciais, institucionais, infraestrutura), idade (novas, antigas), tais diferenças nas tipologias influenciam a aplicabilidade do BIM e seu nível de detalhe (Volk et al., 2014).

O Lod - *Level of detail* (nível de detalhe) da informação associada ao modelo construtivo define informações de atributos geométricos e não geométricos fornecido por um componente do modelo (Volk et al., 2014) e vai depender da finalidade para o qual o modelo BIM será utilizado (Eastman et al., 2011).

O nível de detalhe é delimitado como a quantidade de conteúdo geométrico associado a cada objeto do modelo, podendo ser considerado como um *input* do elemento, uma vez que não tem em conta a qualidade da informação (Tavares, 2019).

O primeiro nível, G0, prevê que a representação seja apenas simbólica, não representando tridimensionalmente o objeto. O nível G1 é uma representação conceptual, semelhante a uma escala 1:500 ou 1:200. O nível G2 trata-se de uma representação com maior pormenor, semelhante a uma escala 1:100 ou 1:50. O último nível é o G3 que implica já uma representação do objeto detalhada, (Figura 14) normalmente usada no contexto de "renderização" (Venâncio, 2015)

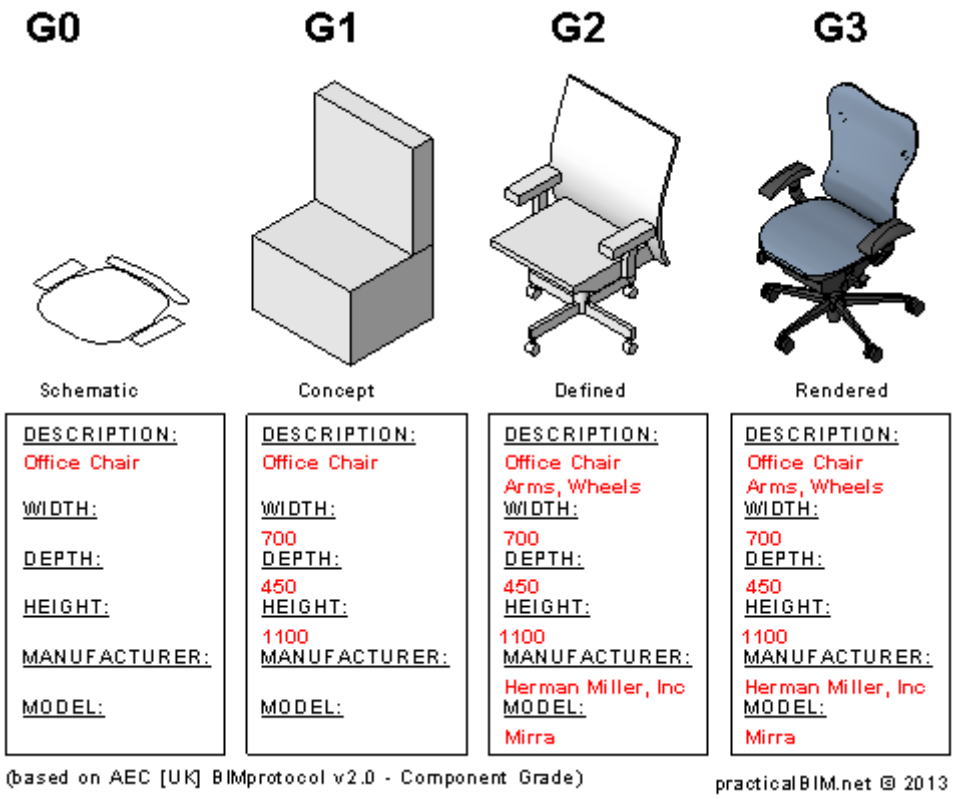


Figura 14 - Nível de detalhe, adaptado de (McPhee, 2013)

Já o LOD – *Level of development* (nível de desenvolvimento) é compreendido como o nível de pormenorização do modelo requerido em cada fase do projeto (BIMForum, 2019). Bedrick & Davis, (2012) apresentam uma definição complementar para LOD (Quadro 6).

Quadro 6 - Níveis de desenvolvimento – LOD (Bedrick & Davis, 2012)

Item	Descrição
LOD 100	O elemento do modelo pode ser representado graficamente no modelo com um símbolo ou outra representação genérica, mas não atende aos requisitos do LOD 200. Informações relacionados ao elemento do modelo (por exemplo, custo por metro-quadrado ou tonelagem de HVAC) podem ser derivados de outros elementos do modelo.
LOD 200	O elemento do modelo é representado graficamente dentro do modelo como um sistema genérico, objeto ou montagem com quantidades aproximadas, tamanho, forma, localização e orientação. Informações não gráficas também podem ser anexadas ao elemento do modelo.
LOD 300	O elemento do modelo é representado graficamente dentro do modelo como um sistema, objeto ou montagem específico, preciso em termos de quantidade, tamanho, forma, localização e orientação. Informações não gráficas também podem ser anexadas ao elemento do modelo.
LOD 400	O elemento do modelo é representado graficamente dentro do modelo como um sistema, objeto ou montagem específico, preciso em termos de tamanho, forma, localização, quantidade e orientação, com informações detalhadas, de fabricação, montagem e instalação. Informações não gráficas também podem ser anexadas ao elemento do modelo.
LOD 500	O elemento do modelo é uma representação verificada em campo, precisa em termos de tamanho, forma, localização, quantidade e orientação. Informações não gráficas também podem ser anexadas aos elementos do modelo.

O conceito LOD foi criado pela AIA – *The American Institute of Architects* e é uma referência que permite aos profissionais da indústria de AEC especificar e articular com alto nível de clareza o conteúdo e a confiabilidade dos modelos de informações de construção (BIM ´s) em vários estágios do processo de projeto e construção (BIMForum, 2019).

De acordo com (Marinho, 2014) o LOD pode também ser definido como um parâmetro para avaliar a riqueza e capacidade de utlização de um BIM em deteminadas fases de um projeto. Geralmente é expresso como uma série progressiva de números que correspondem a níveis de detalhamentos distintos e gradualmente crescentes, relacionados com diferentes fases da concepção e utilização de um edifício. Dessa forma, os três primeiros níveis são aplicados à fase de projeto, o quarto à construção e o quinto à operação e manutenção da edificação.

Mais recentemente (BIMForum, 2019) publicou um guia na qual apresenta diversos conceitos relacionados ao LOD.

- LOD 100 – Os elementos podem ser graficamente representados no modelo através de um símbolo ou uma representação genérica, mas não satisfazem os requisitos do LOD 200. A informação de cada elemento do modelo (custo por metro quadrado, peso, AVAC, etc) pode derivar de outros elementos do modelo.
- LOD 200 - Os elementos são graficamente representados dentro do modelo como um sistema genérico, objeto ou conjunto de objetos, com quantidades aproximadas, dimensões, forma, localização e orientação. Informações não-geométricas podem ser adicionadas aos elementos do modelo.
- LOD 300 - Os elementos são graficamente representados dentro do modelo como um sistema especifico, objeto ou conjunto de objetos, em termos de quantidades, dimensões, forma, localização e orientação. Informações não-geométrica podem ser adicionadas aos elementos do modelo. A quantidade, tamanho, forma, local e orientação do elemento conforme projetado podem ser medidos diretamente no modelo sem se referir a informações não modeladas, como notas ou chamadas de dimensão. A origem do projeto é definida e o elemento é localizado com precisão em relação à origem do projeto.
- LOD 350 - Os elementos são graficamente representados dentro do modelo como um sistema especifico, objeto ou conjunto de objetos, em termos de quantidades, dimensões, forma, orientação e interface com outros sistemas de construção. Informações não-geométrica podem ser adicionadas aos elementos do modelo. As peças necessárias para a coordenação do elemento com elementos próximos ou anexados são modeladas. Essas peças incluirão itens como suportes e conexões. A quantidade, tamanho, forma, localização e orientação do elemento conforme projetado podem ser medidos diretamente do modelo sem se referir a informações não modeladas, como notas ou chamadas de dimensão
- LOD 400 – Os elementos são graficamente representados dentro do modelo como um sistema especifico, objeto ou conjunto de objetos, em termos de quantidades, dimensões, forma, localização e orientação, com detalhamento e, informações de fabricação, instalação e montagem. Informações não-geométrica podem ser adicionadas aos elementos do modelo.
- LOD 500 - Os elementos do modelo exibem o detalhe e o pormenor da realidade da construção, representando uma recriação final da obra. Os elementos do modelo contêm toda a informação adicional, além da geométrica.

O nível de desenvolvimento ou Level of Development (LOD), fornece uma base que torna possível saber até que ponto é possível confiar nas informações presentes num determinado elemento quando se está trabalhando com BIM.

2.2 Facility Management - FM

2.2.1 Conceitos gerais e evolução

A literatura não apresenta de modo sistemático uma data na qual o FM tem origem. Segundo Mohammed et al. (2014) nos últimos 40 anos, o FM tem se espalhado no setor em um espaço reduzido de tempo. No início dos anos 80, foi criada a NFMA – *National Facility Management Association* no Texas - USA, na qual diversos profissionais se reuniram para debates e trocas de experiências. O autor ressalta que ao fim dessa década o FM ganhou gradativamente posição como disciplina e posição no setor AEC.

Na Europa, o FM surgiu em 1984 por meio do Arquiteto Britânico Sir Frank Duffy na qual o conceito estava relacionada com postos de trabalho e com projetos de escritório e apenas em 1993 é que foi formalmente estabelecido como *European Facility Management Association* (Sá, 2016).

A crescente importância do FM pode ser atestada pelo estabelecimento de instituições profissionais de FM ao redor do mundo, por exemplo, IFMA nos EUA, JFMA no Japão, BIFM no Reino Unido, FMA na Austrália (Linda & Ooi, 2001).

No contexto europeu, o FM é regulado pela EN 15221, constituída das seguintes partes:

- EN 15221-1: Facility Management – parte 1: Termos e definições;
- EN 15221-2: Facility Management – parte 2: Guia de como preparar acordos de Facility Management;
- EN 15221-3: Facility Management – parte 3: Guia de qualidade do Facility Management;
- EN 15221-4: Favcility Management – parte 4: Classificação e Estruturas do Facility Management;
- EN 15221-5: Facility Management – parte 5: Processos de orientação de Facility Management;
- EN 15221-6: Facility Management – parte 6: Medição da área e espaço.

- EN 15221-7: Facility Management – parte 7: Eficiência do Benchmarking.

Entre os vários conceitos existentes, o FM pode ser definido como sendo um processo pelo qual uma organização mantém suas estruturas e oferece suporte a instalações físicas para atender imposições e objetivos estratégicos em condições de mudança (Fadahunsi et al., 2019). Para Linda & Ooi (2001) FM pode ser sucintamente definido como gerenciamento integrado do local para melhorar o desempenho da organização.

O FM se prolonga na fase mais duradoura do ciclo de vida de uma edificação e por isso representa um método contínuo de prestação de serviços para suporte da estratégia de negócio do proprietário e carece que as decisões tomadas nas fases de projeto e construção sejam interconectadas com a fase operativa (Zawawi et al., 2016)

Kiviniemi & Codinhoto (2014) consolidaram uma série de ramos gerenciais do FM (Quadro 7) os quais ainda são subdivididas com o fim de monitorar os indicadores de desempenho.

Quadro 7 - Serviços constituintes do FM (Kiviniemi & Codinhoto, 2014)

Itens	Subitens
Saúde e segurança	• Saúde e segurança ocupacional, incluindo conformidade com agências e leis locais, estaduais e nacionais. • Higiene industrial incluindo qualidade do ar interior. • Regras de segurança para empreiteiros. • Licença para sistema de trabalho. • Avaliações de risco. • Controle de substâncias perigosas a saúde.
Segurança contra incêndio	• Proteção e segurança contra incêndio. • Avaliação de risco de incêndio. • Portas-corta fogo. • Extintores de incêndio. • Sistemas de chuveiros automáticos. • Sistemas de alarme de incêndio. • Detetores de fumaça.
Segurança	• Segurança. • Controle de acesso. • Guardas de segurança. • Alerta de intruso. • Circuito fechado de TV

Quadro 8 - Serviços constituintes do FM (Kiviniemi & Codinhoto, 2014) (Cont.)

Itens	Subitens
Sistemas de manutenção	• Aquecimento, ventilação, ar-cindionado e refrigeração. • Manutenção preventiva e preditiva. • Manutenção corretiva e reparos reativos. • Sistemas de automação predial. • Manutenção de áreas permeáveis. • Sistema computacionais de gerenciamento da manutenção.
Testes e inspeções iniciais	• Elevadores. • Sistemas de pressão. • Sistemas humanos de segurança. • Aparelhos elétricos portáteis e de fiação fixa. • Pára-raios. • Luzes de emergência. • Sistemas de proteção contra incêndio. • Auditoria de conformidade.
Operações	• Central de ajuda. • Gestão de ativos. • Limpeza. • Gestão de resíduos. • Questões ambientais. • Recepção. • Gestão de salas de reunião. • Sala do correio. • Reprografia. • Vendas. • Planejamento, layout e móveis de escritórios. • Estacionamento. • Especificação de licitações e negociação de contratos. • Controle de pragas. • Inspeções diárias de rotas de fugas e saídas de emergências
Tecnologia da Informação	• Manutenção do hardware. • Manutenção do *software.* • Gestão do sistema. • Atualizações. • Controle das licenças.

Em suma, (Figura 15) O *Facility Management* (FM) é uma gestão de recursos que combina locais, pessoas e experiência em gestão de processos para fornecer serviços vitais de apoio da organização (Soares, 2013).

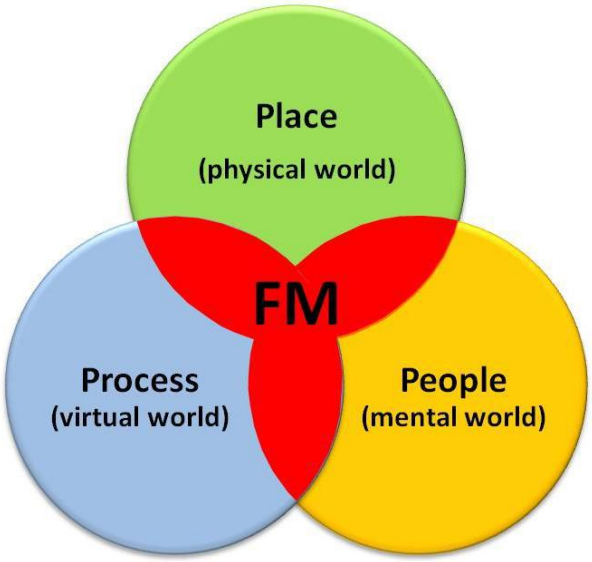


Figura 15 - Espaço, Pessoas e Processos (Soares, 2013)

Para a consecução dos objetivos organizacionais, no que se refere ao FM, as atividades podem ser desempenhadas por pessoal próprio - *insourcing* ou por terceiros - *outsouorcing* (Mota, 2016). Sá (2016) esclarece que com o objetivo de racionalização de custos, as entidades recorrem a equipes internas, todavia devido a ausência de uma formação necessária para uma gestão interdisciplinar e visão estratégica a utilização do *outsourcing* se torna mais comum a cada dia.

O acrônimo *OUTSOURCING* tem origem na composição das palavras: *OUTside reSOURCE usING* (Vetrakova et al., 2013) onde resumidamente representa a delegação de atividades internas a uma empresa especializada que realiza o serviço mediante preço e prazo previamente acordados.

Devido a variedade de ramos negociais constituintes do FM, as organizações no interesse em manter ou aumentar a sua competitividade contratam prestadores de serviços específicos (Lok et al., 2018). Além disso Ikediashi & Odesola (2016) relataram que as três principais razões pelas quais as organizações na Europa terceirizam seus serviços são: redução no número de funcionários, melhoria da eficiência e redução de custos.

Muito embora o FM se concentre na fase operacional da edificação, segundo (Sá, 2016) a fase de projeto é essencial para o FM quanto ao planeamento das atividades e a produção de documentos rigorosos, pois as definições da fase de projeto irão repercutir na fase operacional quanto a produtividade, fiabilidade, qualidade do produto/serviço final e a segurança.

Na fase de operação é que são verificados os custos mais relevantes do ciclo de vida do edifício (Weise et al., 2014) os quais são constituídos por: energia, água, manutenção dos sistemas de climatização e outros custos de utilização. Inúmeras pesquisas apontam que é possível obter um acréscimo na duração na vida de um equipamento que varia entre 30% a 40% com uma correta manutenção, se comparado com um equipamento que tenha manutenção inadequada (Raposo, 2012).

Kelly et al. (2013) pontuam que a fase operacional de um edifício é o principal contribuinte para o custo do ciclo de vida do edifício e que existe uma tremenda necessidade econômica e ambiental de gerenciar instalações novas e existentes de maneira eficiente.

Dentre os vários ramos do conhecimento componentes do FM, o de interesse para essa pesquisa é o de Operação e Manutenção Predial.

2.2.2 Gestão de Edifícios

Por ser cada vez mais abrangente, torna-se importante no campo da AEC a gestão da edificação em todas as suas fases. A valorização de uma edificação ganha relevo pois o património possui um valor econômico, estético e funcional que interessa gerir de forma a garantir a disponibilidade dos equipamentos, o conhecimento dos custos e das necessidades, o conforto e a segurança dos utilizadores.

Tendo em consideração a crescente importância da valorização do estado do edifício, a gestão do edifício tornou-se cada vez mais necessária para melhorar a relação entre o desempenho do seu edifício e o seu valor (Soares, 2013). Silva (2017) afirma que a gestão de edifícios, contempla um rol de procedimentos e ações com o fim da otimização de recursos. Para tanto, é fundamental dispor de recursos técnicos e econômicos que possibilitem uma gestão eficaz.

Para Gomes (2017) a gestão de edifícios assume especial relevância não só para garantir adequadas condições de conforto aos utilizadores, mas também para que os custos de exploração possam ser otimizados.

Para fins de melhor compreensão das temáticas constituintes da da gestão de edifícios, Rodrigues (2001) a divide em três domínios de atividades principais (Figura 16) que dizem respeito a diferentes áreas de focalização. Essas atividades principais são: a gestão técnica, a económica e a funcional.

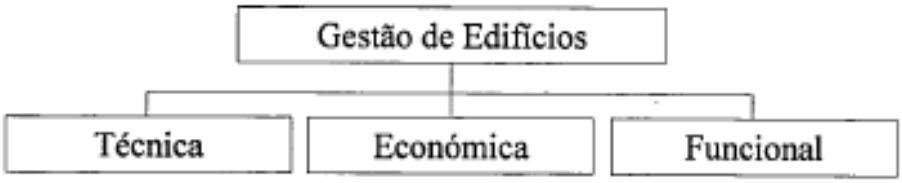


Figura 16 - Atividades e Processos a realizar pelo gestor de edifícios (Rodrigues, 2001)

Para Tavares (2009) a gestão técnica é uma ocupação baseada em certos padrões, contempla toda a sorte de ações com o objetivo de garantir o estado funcional do edifício. Implementada de uma forma dinâmica e realista, é possível obter sucesso nas ações de gestão. É a gestão que mais de enquadra no âmbito da engenharia civil uma vez que abrange todo o tipo de ação com o objetivo de garantir o desempenho das soluções construtivas do edifício.(Silva, 2017)

Rodrigues (2001) divide a gestão técnica em uma série de processos (Figura 17) de modo a maximizar seus objetivos, desempenho e valor.

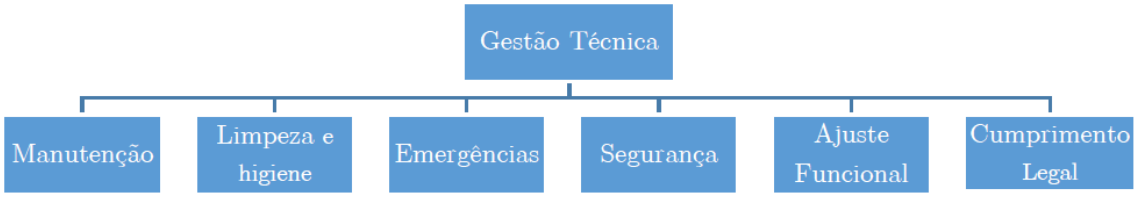


Figura 17 - Processos de Gestão Técnica (Rodrigues, 2001).

Segundo Silva (2017) a gestão económica tem como um dos focos, a otimização do retorno do investimento, alinhado em estratégias que permitam a minimização dos custos operacionais. Para Rodrigues (2001) garantir os fluxos econômicos necessários à utilização do edifício é responsabilidade do seu gestor. É nessa fase da gestão dos custos diferidos (Figura 18) que a gestão económica se concentra.



Figura 18 - Processos de Gestão Económica (Rodrigues, 2001).

Além dos aspectos técnicos e econômicos que compõem à gestão do edifício, o fato de ele ser utilizado por seres humanos proporciona ocorrências de ordem funcional as quais carecem de intervenção (Tavares, 2009) e dessa formas todas as atividades do gestor com vista ao correto funcionamento do edifício por parte dos utentes fazem parte da gestão funcional de um edifício (Soares, 2013).

De acordo com Rodrigues (2001), a atividade funcional reparte-se pelos seguintes processos:

- · Regulamentação da atividade;
- · Economia e regras de utilização;
- · Representação da gestão de edifícios em diversos tipos de compromissos;
- · Promoção da gestão técnica.

O modo como são realizados estes processos depende do tipo de edifício a que se destina, dividindo-se em três grupos:

- · Edifícios de habitação;
- · Edifícios públicos (comércio e serviços);
- · Edifícios industriais.

Muito embora cada um dos três grupos possua características distintas quanto ao uso, é certo que no aspecto da operação e manutenção predial, os edifícios públicos e industriais são aqueles que contemplam maiores ações de operação e manutenção prediais devido ao seu porte e relevância financeira para os proprietários.

2.2.3 Operação Predial

Todas as ações que ocorrem no dia-a-dia com a finalidade de promover o adequado uso dos sistemas prediais de uma edificação compõem a operação predial.

As operações prediais consistem nas atividades necessárias para operar, manter e gerir edificações que podem incluir sistemas de aquecimento, ventilação, ar-condicionado, hidráulicos, sanitários, elétricos, prevenção e combate a incêndio (ENERTIV, 2020) Para o autor, as áreas mais importantes para operações prediais são:

- Manutenção.
- Custos operativos e de propriedade.
- Controle de aquecimento, ventilação e ar-condicionado.
- Procedimentos de entrega e inicialização.
- Testes e comissionamento.
- Procedimentos de avaliação de riscos.
- Sustentabilidade energética.
- Saúde e segurança.

O GSA (2017) assevera que não importa quão bem projetado ou construído, uma edificação necessita de adequada OM para os mais alto níveis de desempenho possam ser mantidos. Ressalta ainda que o dia-a-dia da OM impacta o desempenho e saúde dos ocupantes, o uso eficiente de recursos (água, energia, materiais e custos associados).

Certo é que a operação predial carece de especial atenção tendo em vista que consome aproximadamente 85% dos custos incorridos na fase de OM de uma edificação (Terreno et al., 2019).

Todavia, em se tratando de FM na grande maioria das vezes a literatura se refere normalmente ao termo Operação e Manutenção em conjunto e não separadamente, pelo que embora distintas são atividades muito próximas.

2.2.4 Manutenção Predial

2.2.4.1 Definições e conceitos

Embora a manutenção esteja presente na fase de operação da edificação, é na fase de projeto que deverá ser elaborado um plano de manutenção (Ribeiro, 2016). Para Gomes (2017) a correta escolha dos equipamentos ainda na fase de projeto repercutirão o desempenho da edificação quando em uso.

Diante disso, pode-se definir Manutenção predial como a combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou a repô-lo num estado em que possa desempenhar a função requerida.” (IPQ, 2007).

Gomes (2017) esclarece que embora não haja uma uniformidade na classificação, as tipologias para classificação da manutenção são: manutenção corretiva não planeada, manutenção corretiva planeada, manutenção preventiva, manutenção preditiva, manutenção detetiva, engenharia de manutenção.

Apesar de mais resumida Couto et al. (2016) apresenta as definições para manutenção preventiva, corretiva e preditiva.

- Manutenção Preventiva - realiza-se de modo planeado de forma a evitar avaria, perda ou mesmo redução das funções. Esta manutenção pode dividir-se em dois modelos, manutenção preventiva sistemática, a qual se realiza por intervalos de tempo pré-definidos, e a manutenção preventiva condicionada que é realizada tendo em conta o controle de determinadas condições.
- Manutenção Corretiva - realiza-se reativamente na sequência de uma avaria ou perda de função. Neste caso podem ter-se alguns tipos de intervenções como, por exemplo, as intervenções urgentes, as pequenas e grandes intervenções.
- Manutenção Preditiva - trata-se de um acompanhamento periódico dos equipamentos, com base em dados recolhidos por meio de monitorização ou inspeções que informam o seu desgaste ou processo de degradação.

Entre as diversas classificações, a manutenção preventiva é sem dúvida aquela que pode proporcionar as maiores potencialidades (Moreira, 2010) a seguir detalhadas:

- Extensão da vida útil de todas as componentes do edifício
- Aumento da rentabilidade e eficiência dos equipamentos
- Economia de verbas
- Melhoria da gestão de tempo
- Poupança de energia
- Maior qualidade dos elementos do imóvel
- Diminuição do número de intervenções corretivas

Apesar de se apresentar como a melhor categoria das manutenções, a preventiva também possui vantagens e desvantagens (Quadro 9).

Quadro 9 - Vantagens e Desvantagens da Manutenção Preventiva (Almeida, 2018).

Vantagens	Desvantagens
Permite planear as operações de manutenção e seus custos.	Requer uma análise nas fase de projeto, com dados de suporte e um controle rigoroso e planeado.
Reduz o incomodo da execução dos trabalhos previstos	Tem-se o risco do plano de manutenção escolhido não se encaixar a realidade.
Origina naturalmente, uma maior satisfação dos utilizadores	Pode inutilizar uma grande parcela de vida útil de um equipamento.

O conceito de manutenção de edifícios aponta para vários significados, todavia Raposo (2011) esclarece que abrange certas atividades como inspeção de edifícios, execução de serviços, realização de pequenas reparações/substituições com o fim de manter a qualidade dos componentes funcionais da edificação.

Uma outra definição complementar é dada por Calejo (1989) na qual a manutenção é definida como a combinação de todas as ações técnicas e administrativas com o objetivo de devolver a elementos e componentes um estado capaz de permitir o desempenho das funções para as quais foram projetadas.

Segundo Sá (2016) a manutenção ocupa um lugar indisponível e central na gestão dos edifícios, acompanhada com menor ou maior incidência da vida útil do imóvel. Já para Gomes (2017) a manutenção predial exerce papel relevante na manutenção geral do ativo, em condições gerais de operação. Segundo a autora, para que a gestão da manutenção tenha plena efetividade, ela deverá estar alinhada aos objetivos globais da organização a qual está inserida.

A manutenção é um conjunto de diversas ações com a finalidade de assegurar o adequado funcionamento de instalações e equipamentos, ou seja, com intuito de repor ou reparar o que se encontra danificado ou sem a devida funcionalidade, de modo que consigam desempenhar as funções primitivamente requeridas, evitando a perda de função ou mesmo a redução do rendimento (Moreira, 2010).

Por fim Couto et al. (2016) concluíram resumidamente que a manutenção predial é um sistema que concorre para o aumento da vida útil tanto de equipamentos como do edifício em si, devido ao decréscimo de sua degradação.

Tavares (2019) afirma que um plano de manutenção preventivo é capaz de prolongar a vida útil de um equipamento/objeto e ainda diminuir custos inerentes a intervenções corretivas que, em grande parte das situações, originam a substituição do elemento. Para a autora, os custos de manutenção e reparação evoluem exponencialmente (Figura 19) à medida que o grau de degradação de um edifício vai aumentando.

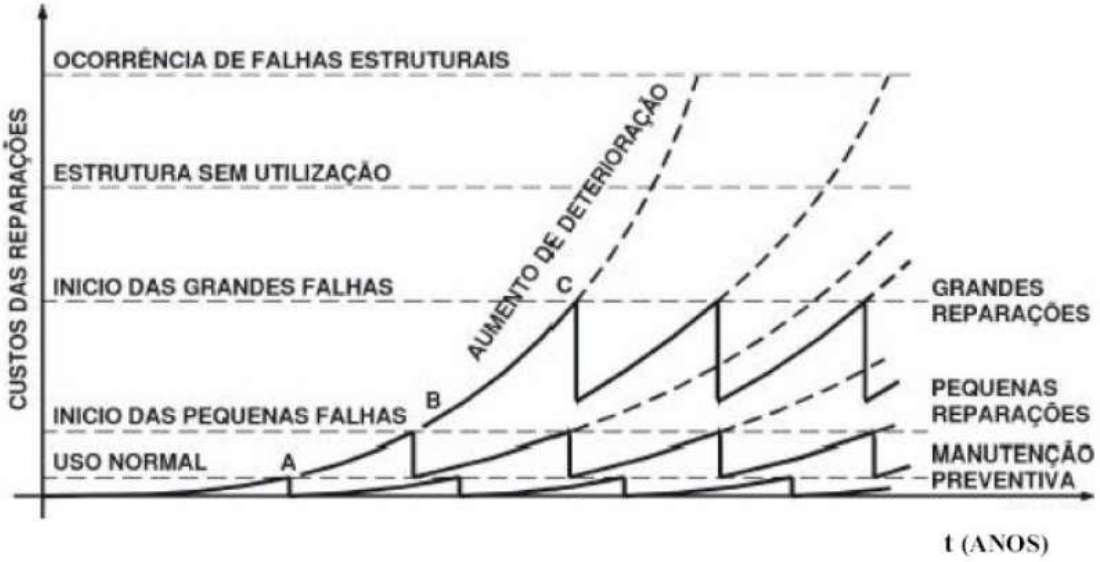
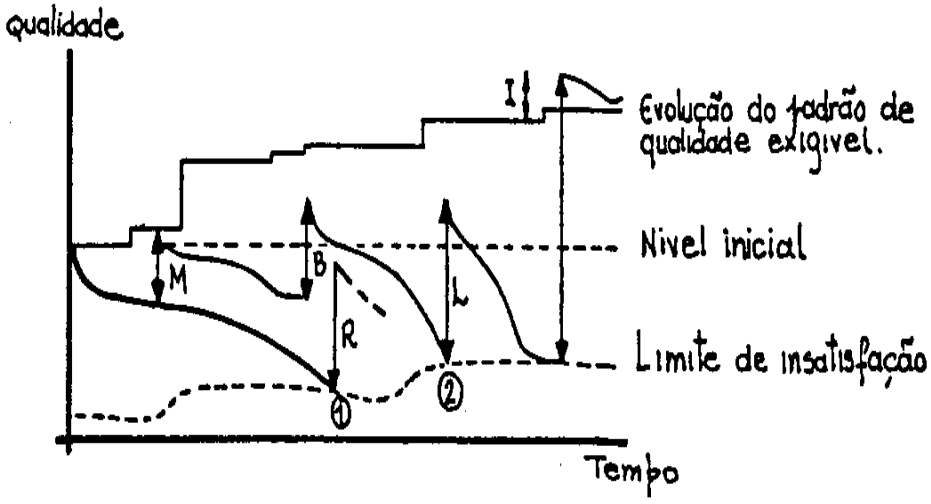


Figura 19 - Custos das reparações em função do tipo de intervenção (Tavares, 2019)

A funcionalidade de um edifício sofre modificações ao longo do tempo e as ações conservativas\reparadoras (Figura 20) são necessárias para a continuidade da utilidade da construção (Rodrigues, 1989).



1 - Evolução do nível de qualidade de um edifício sem qualquer intervenção;
2 - Evolução em que é evidente uma interpretação de modernização (M) e uma acção de beneficiação (B);
R - Operação de restauro no edifício com a evolução 1 em que é reposto o nível inicial de qualidade;
L - Operação de remodelação ou de revitalização no final da vida útil do edifício da evolução 2;
I - Operação de recuperação excepcional que inclui inovação.

Figura 20 - Impacto da reabilitação no nível de qualidade do edifício (Rodrigues, 1989).

Para que um sistema de gestão de ativos tenha efetividade, as atividades de manutenção devem ser planeadas e para tal é necessário o conhecimento dos elementos que dão causa a manutenção. Segundo Calejo (1989) os elementos funcionais da edificação que possuem um processo intrínseco de deterioração devido a ações a que estão sujeitos são denominados EFM – Elementos Fonte de Manutenção.

2.2.4.2 Elementos fonte de manutenção - EFM

Para que uma edificação seja produzida, diversos recursos (materiais e humanos) e equipamentos são utilizados, de modo que no término da construção, as funcionalidades existentes na edificação estejam aptas a serem usufruídas.

O EFM equivale a uma unidade construída, com mecanismos e requisitos próprios de degradação, a qual durante a vida útil do edifício apresenta diferentes comportamentos e necessidades de

intervenções de manutenção (Almeida, 2018). Para Tavares (2019) tendo em vista a sua especificidade e modos de degradação distintos, os EFM originam diferentes operações de manutenção.

Um banco de dados que contenha todos os elementos fonte de manutenção cadastrados tem como objetivo o registro e acompanhamento de toda a informação relativa aos elementos fonte de manutenção (Sá, 2016). Para isso, deve conter as seguintes informações:

- Identificação do EFM;
- Solução construtiva (poderá indicar informações do respetivo material, fornecedor e marca);
- Vida útil do elemento;
- Registro das inspeções efetuadas;
- Dados de desempenho;
- Intervenções efetuadas;
- Encargos registados;
- Regras de Utilização;
- Lista de elementos de substituição.

Por meio do cadastro dos EFM, o *Facility Manager* consegue avaliar a quantidade de intervenções ocorridas ao longo do tempo, se a estratégia de manutenção adotada produz os melhores resultados, e ainda verificar se o EFM está a ser usado adequadamente (Sá, 2016). Além disso, no que se refere ao cadasto dos EFM, informações relacionadas a garantia de produtos/equipamentos devem constar com a finalidade de se avaliação a pertinência do acionamento da garantia ou não, bem como de uma lista de fornecedores/assitência técnica especializada.

2.2.5 O Facility Management na Gestão e Manutenção de Edifícios

Para que uma dada metodologia possa ser implementada, é necessária uma avaliação da situação pretérita, da atual e da futura. Nesse sentido o uso de métricas de avaliação do desempenho é fundamental para que se possa estabelecer metas e planos gerenciais. Nesse âmbito, o papel de FM passa por criar formas de monitorização, avaliação e controle do desempenho dos níveis de sustentabilidade dos edifícios (Sá, 2016).

Uma métrica de avaliação de desempenho é o denominado KPI – *Key Performance Indicator*, que em português seria Indicador chave de desempenho. Um indicador chave de desempenho é uma medida mensurável que demonstra a eficácia com que uma empresa está alcançando os principais objetivos de negócios. As organizações usam KPIs em vários níveis para avaliar seu sucesso ao atingir metas (Klipfolio, 2018)

Para Marmo et al., (2019) no setor de unidades de saúde, a identificação de um conjunto específico de KPI´s auxilia o *Facility Manager* na avaliação do desempenho e no planejamento estratégico. Coates et al., (2010) pontua que organizações adotam a métrica do KPI como forma de beneficiar a indústria da construção ou fornecer um produto final melhor.

No entanto, não basta apenas utilizar a métrica dos KPI´s indistintamente. No caso específico do FM, de acordo com Guimarães, (2018) a correta definição de um conjunto de indicadores é indispensável para uma adequada avaliação do desempenho da manutenção e permite avaliar a utilização eficiente dos recursos para manter ou restabelecer a condição de um bem, de modo a que ele possa cumprir a sua função.

Pontua (Sá, 2016) que os KPI´s são geralmente a métrica mais usada pelas equipas de FM, possuindo alcance ao longo da vida útil do edifício e adaptado a cada fase. A fase de utilização do edifício é a que os KPI' s devem ter uma maior incidência uma vez que é a fase mais duradoura e que apresenta maiores custos.

Os KPI´s permitem analisar o funcionamento atual e revisar o passado, criando estratégias até para futuros empreendimentos. Por meio da comparação de desempenho de dentro e entre *facilities*, avalia-se a performance de acordo com os objetivos da organização e procura-se a orientação necessária para a gestão da decisão (Lavy et al., 2014) e permitem um controle mais eficiente da qualidade de um serviço (Silva, 2017).

2.3 Estudo do BIM-FM

2.3.1 Origem e evolução

A integração do BIM com o FM, mais conhecida como BIM-FM é cada vez mais utilizada na operação e manutenção de edificações e contempla muitos benefícios, os quais incluem: aumento da eficiência da execução de ordens de serviço para acessar dados e localizar intervenções,

precisão aprimorada dos dados de FM e melhoramento dos processos manuais de troca de informações (Pärn et al., 2017).

Eastman et al. (2011) define que o BIM-FM pode ser utilizado para: gerenciamento de espaços internos, gerenciamento de ativos, simulações de desempemho e comissionamento, simulação de operações e análise relacionadas a futuras modernizações.

Todo o potencial declarado para o aproveitamento dos dados existentes no modelo BIM para uso no FM se baseia no pressuposto de que os dados podem ser permutados (conceito de interoperabilidade), especialmente entre sistemas BIM e sistemas FM. Nesse contexto Terreno et al. (2019) apresentam diversas abordagens para a interoperabilidade entre os sistemas BIM e os sistemas FM (Quadro 10).

Quadro 10 - Métodos e abordagens para vinculação BIM-FM. (adaptado de Terreno et al., 2019)

Approach	**Methods/Approaches for Linking Information**	
	(Ibrahim, 2016)	**(Parsanezhad & Dimyadi, 2014)**
Manual; Planilhas	Extração, Transformação e Carga(ETC); Armazém de Dados (AD)	Conexão
Planilhas no formato COBIE	BIM-baseado em formato neutro, Padrão de projeto, API, ETC e AD	Conexão, troca e sincronização de dados
Formato IFC	BIM-baseado em formato neutro	troca e sincronização de dados (incorporação e integração ao sistema receptor
Programa de Interface do Aplicativo(API)	Padrão de projeto and ligação API	Solução de portal
Software intermediário proprietário	BIM-baseado em formato neutro; Serviço WEB; ETC e AD; Manual de entrega de informaçãol e Definição de visualização do modelo	Solução de portal usando software intermediário como EcoDomus, FM: Interac and Onuma Systems

Além dos formatos já citados nessa pesquisa, há outro formato denominado COBIE que ajuda a melhorar a transferência de dados relacionados a ativos por meio de modelos BIM aos *facilities managers* (Eastman et al., 2011; Thein, 2011). Esse melhoramento é obtido por meio da

padronização da gestão dos dados no COBIE para aprimorar a interoperabilidade dos sistemas BIM e CAFM – *Computer Aided Facility Management* (Bosch et al., 2015).

2.3.2 Benefícios

Umas das principais vantagens do BIM – FM é apoiar-se na associação e tratamento de informações, assegurando aos responsáveis pela gestão das infraestruturas estruturar e controlar a informação do seu ciclo de vida e integrar, numa só solução, a gestão dos seus diferentes sistemas internos (e.g. eficiência energética, fluxos de pessoas, manutenção, segurança) (Antunes et al., 2016). Além disso, Silva et al. (2016) pontua que a integração do BIM com o FM combina as capacidades de visualização tridimensional e a disponibilidade da base de dados do BIM às técnicas do FM. E dessa forma uma eficiente Gestão das instalações é determinante na análise de custos ao longo do ciclo de vida do empreendimento, (Antunes et al., 2016).

Tendo em consideração que os modelos BIM são capazes de associar uma grande quantidade de dados, os *stakeholders* possuem uma base suficiente para programar as ações inerentes aos ativos da entidade (Silva et al., 2016).

Uma mais valia da conjugação BIM-FM é a rápida capacidade de identificar se um dado equipamento encontra-se dentro do período de garantia, bem como da identificação dos eventuais prestadores de serviço associados a um equipamento específico.

Para Silva et al., (2016) as vantagens do BIM-FM vão desde a melhoria de processos e precisão dos dados, aumento da eficiência na execução das ordens de trabalho e mesmo a melhoria de acesso aos dados FM já que podem ser encontrados no modelo BIM.

Couto et al., (2016) pontua que em geral o prazo para se efetuar uma avaliação pela equipe de manutenção vai além do esperado, e que quando da aplicação da metodologia BIM esse tempo é consideravelmente reduzido, de modo a economizartempo em avaliações demoradas.

2.3.3 Desafios na integração BIM-FM

Com relação a maturidade BIM já tratada nessa pesquisa, para que a fase operativa de uma edificação possa ter mais efetividade é no estágio 3 que os modelos integrados semanticamente ricos são criados, compartilhados e mantidos colaborativamente durante todo o ciclo de vida (Succar, 2009), Figura 21.

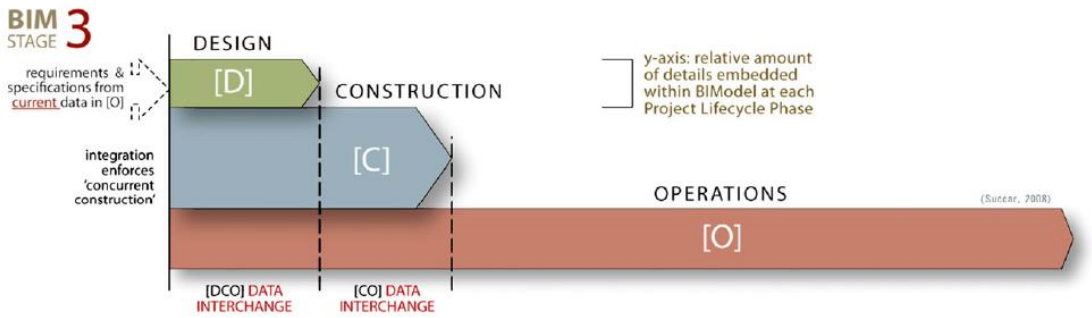


Figura 21 - Fases do ciclo de vida do projeto no estágio 3 (Succar, 2009)

Segundo (McArthur, 2015) existem 4 desafios-chave a serem superados para a modelagem dos modelos BIM-7D: (i) identificar as informações críticas necessárias para operações sustentáveis,(ii) gerenciar a transferência de informações entre o modelo BIM e outras ferramentas de FM,(iii) gerenciar o nível de esforço para criar o modelo, e (iv) lidar com a incerteza quando a documentação de construção estiver incompleta. Os desafios (iii) e (iv) tendem a ser menores a medida que os dados são verificados.

Para Pärn et al. (2017) apesar da existência de formatos abertos para troca de dados BIM para aplicações FM, a pesquisa ainda aponta que esse tema ainda é um obstáculo a ser superado. Gu et al. (2008) relatam que para que a equipe de FM possa ter a disposição um recente histórico de ativos, depois de concluídos os trabalhos de manutenção, o modelo BIM necessita de atualização, e tal atividade institui responsabilidades adicionais para a equipe FM, sendo assim um desafio.

3. METODOLOGIA

A filosofia foi de cunho *Positivista* tendo em vista que a base para a pesquisa será uma realidade observável e tenciona-se que o resultado seja extensível a outras tipologias de edificações.

Uma abordagem positivista direcionada a resultados tem estreita conexão com pesquisa quantitativa, na qual se inicia a partir de uma fonte de conhecimento lógica e empírica (Berg, 2001).

Inicialmente, a pesquisa se dará com o estabelecimento de uma teoria seguida por um levantamento de informação abrangente. Estimou-se que o processo de coleta, análise e interpretação dos dados faça a teoria se manifestar (Saunders et al., 2016). A referida coleta de informação contempla uma revisão a literatura nacional e internacional sobre o tema e será conduzida da porção ampla para a específica.

O caso de estudo originou-se a partir da necessidade da experimentação do tema da pesquisa quanto à demonstração do contributo do BIM nas fases de operação e manutenção de edifícios do parque edificado de uma das principais empresas de construção nacionais.

A DST SGPS enfrenta a necessidade de rapidamente desenvolver metodologias assentes na digitalização da informação já existente que permitam uma melhor gestão dos recursos utilizados no seu parque de edifícios. No seguimento de outros trabalhos de final de curso e dissertações desenvolvidos neste âmbito com esta empresa, e após uma discussão e análise detalhada, considerou-se que este caso seria uma excelente oportunidade para dar um contributo com vista aos objetivos almejados pela empresa neste domínio.

Assim, de modo a que a experimentação abrangesse um primeiro passo no sentido descrito anteriormente, foi considerado oportuno e apropriado à modelagem e desenvolvimento do caso de estudo de uma edificação da DST SGPS.

O caso de caso de estudo considerou a modelagem de uma edificação de serviços de propriedade da DST SGPS, a qual contemplou apenas a envolvente da edificação e alguns equipamentos do sistema AVAC – Aquecimento, Ventilação e Ar-Condicionado considerados preponderantes nesta fase.

Embora a modelagem da edificação tenha considerado a envolvente, esta serviu apenas de suporte aos equipamentos do sistema AVAC. Na presente pesquisa, apenas alguns equipamentos do sistema AVAC foram avaliados (UTA´s e Ventiladores mecânicos) de modo que as condutas,

difusores, tubagens, fiações e conexões elétricas não foram abrangidos nessa pesquisa. A modelagem da envolvente serviu de suporte aos equipamentos.

Em seguida, foi idealizado um indicativo para o plano de manutenção, mediante a criação de parâmetros relacionados com as atividades de manutenção. Esses dados foram organizados no Microsoft Excel e inseridos no modelo BIM.

Decorrida a fase de identificação do LOD do modelo, foi proposto a possibilidade de inserção de quadros informativos de alerta sobre o *status* de manutenção dos elementos identificados para avaliação.

Por meio do desenvolvimento de rotinas elaboradas no *software* Dynamo®, tencionou-se a identificação dos parâmetros elencados nos KPI´s e nos EFM´s para que pudessem ser transferidos do Revit® para o Excel® bem como do Excel® para o Revit® auxiliando dessa forma, a gestão das tarefas de operação e a manutenção das edificações.

As fases da pesquisa podem ser melhor compreendidas por meio da Figura 22

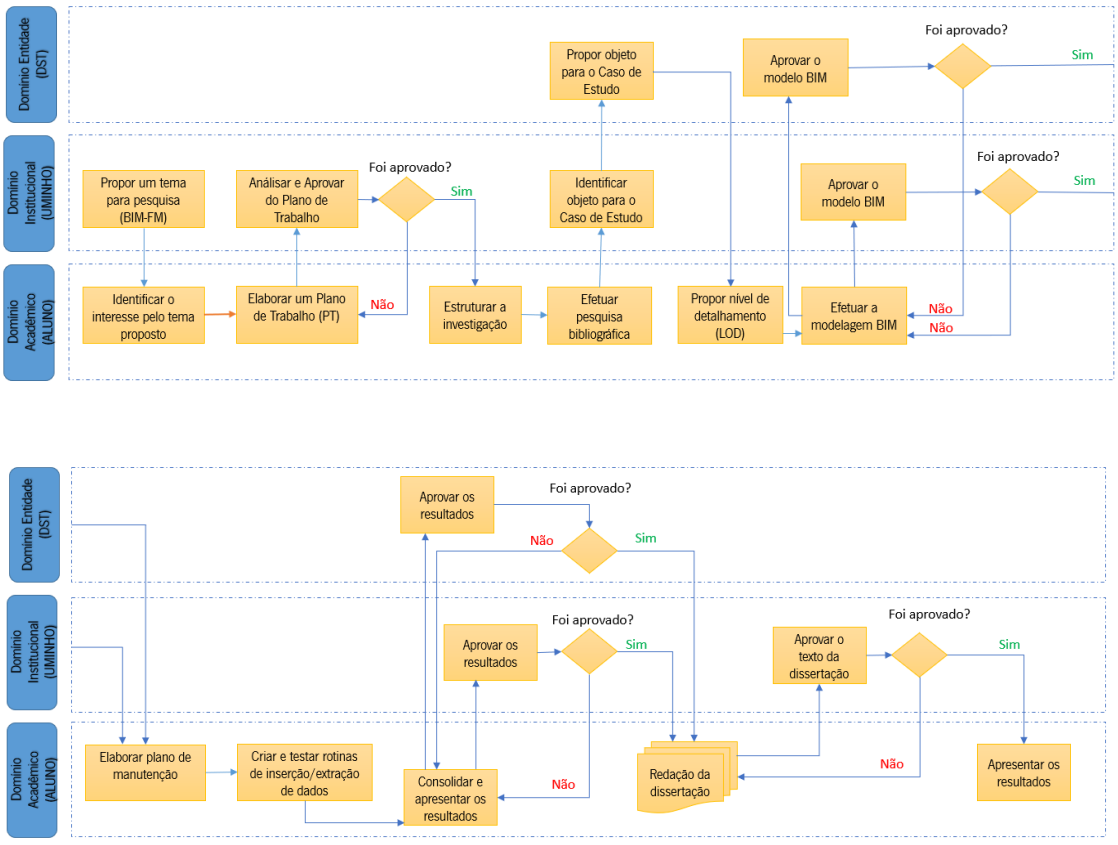


Figura 22 - Fluxograma simplificado das fases da pesquisa

4. CASO DE ESTUDO

Esta parte do trabalho decorre da necessidade da experimentação da metodologia BIM-FM na operação e manutenção de edifícios num âmbito afeto a uma escala reduzida, mas com o objetivo de uma futura efetivação em âmbitos mais alargados.

A aplicação da metodologia BIM-FM para edifícios existentes denota ser um campo de atuação extremamente vasto, porém ainda pouco explorado uma vez que que o maior foco tem se dado às edificações novas.

4.1 Caso de estudo

Para a experimentação idealizada nessa pesquisa, foi estabelecida uma parceria entre a Universidade do Minho e a empresa DST SGPS, que possibilitou aferir a viabilidade da aplicação da metodologia BIM-FM proposta, mediante a realização do estudo de uma edificação da empresa.

O referido prédio (Figura 23) destina-se a fins comerciais, sendo composto de térreo, dois pavimentos tipo e cobertura. O edifício é utilizado diariamente pelos funcionários da DST na executam das atividades inerentes à atividade da empresa.



Figura 23 - Sede da DST

O edifício possui aproximadamente 1450 m^2 divididos nos três pisos mencionados, a envolvente é constituída em alvenaria de tijolo cerâmico com reboco, portas e envidraçados em vidros temperado e cobertura em laje de concreto com tela, e a superestrutura da edificação é composta por concreto e a estrutura em concreto-armado.

4.2 Estratégia de modelagem

Tendo em consideração que a metodologia BIM se baseia em um modelo virtual da edificação, foi necessário proceder a sua modelagem. A reconstrução virtual do edifício se deu mediante a

reprodução aproximada das dimensões dos elementos construtivos a partir do desenvolvimento de um modelo virtual no *software* Autodesk Revit 2020.

Para a dita modelagem, é necessário que se estabeleça previamente, qual será o uso pretendido do modelo BIM e qual LOD será aplicado, pois dependendo de cada caso, um maior ou menor esforço poderá ser empreendido na tarefa de reconstrução virtual da edificação.

Considerando que o objetivo da modelagem do caso em estudo foi a verificação da aplicabilidade BIM-FM para equipamentos AVAC, apenas a envolvente da edificação fora modelada, não constando, portanto, nenhum elemento interior no modelo BIM (Figura 24).

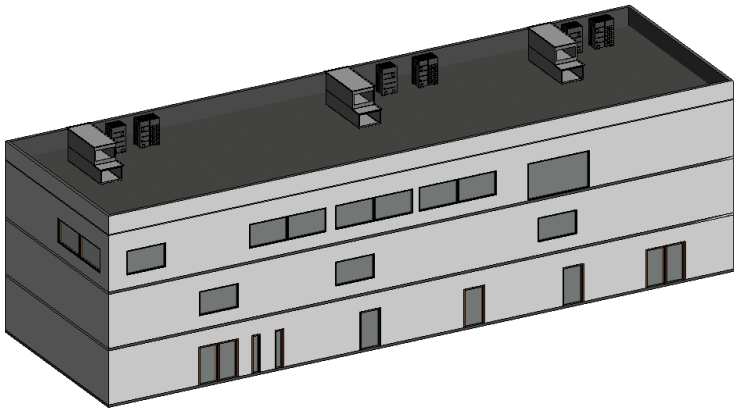


Figura 24 - Figura do modelo BIM da Sede da DST

4.3 Análise do estado da edificação

A edificação objeto do presente estudo tem aproximadamente 30 anos de uso e em termos gerais apresenta-se em bom estado de conservação. Apesar da edificação possuir diversos EFM´s, a metodologia aplicada escolheu os equipamentos AVAC situados na cobertura por serem correlacionados com o KPI de status da manutenção, que serão posteriormente detalhado.

Decorrida a fase de testes, a dita metodologia poderá ser estendida a qualquer EFM da qual se pretenda efetuar acompanhamentos para fins de manutenção e operação.

4.4 Indicações para o desenvolvimento do plano de manutenção

As indicações para o plano de manutenção idealizado nessa experimentação analisaram alguns componentes do sistema AVAC da edificação. Por escolha da DST um item a ser monitorado para fins de avaliação do desempenho dos utentes é a qualidade do ar interior, que segundo o caso específico dessa empresa, tem estrita relação com a produtividade no trabalho.

Uma Unidade de Tratamento de Ar (UTA) é um equipamento do sistema AVAC que tem a finalidade de condicionamento e circulação do ar. Em geral é constituída de uma caixa metálica que abriga um ventilador mecânico, elementos de aquecimento e arrefecimento, elementos de filtragem, atenuadores de ruído e grelhas de admissão e saída de ar.

O indicativo do plano de manutenção consiste em um conjunto de planilhas estruturadas em forma de tabela com diversas informações a respeito do(s) EFM´(s), de modo a possibilitar a adequada gestão dos ativos da instalação.

A seguir, tem-se o esboço do plano de manutenção (Quadro 11), para o estudo de caso em tela, com os respectivos campos a seguir apresentados. Inicialmente contém um cabeçalho, com dados gerais da edificação e logo em seguida os dados propriamente ditos para as tarefas de operação e manutenção dos ativos.

Quadro 11 - Layout do indicativo do plano de manutenção

Responsável		**Dia de hoje**	05/07/2020	**Dias p.alerta**	30
Data		**Bom**	EM DIA	**Meses p.alerta**	1
Nome da Edificação		**Médio**	EM PREPARAÇÃO		
Revisão		**Manutrenção necessária**	EM ATRASO		

Nome	**Local**	**Fabricante**	**Data Instalação**	**Tarefas**	**Periodicidade**	**Data última ação(DUA)**	**Data próxima ação(DPA)**	**Situação**	**Status tarefa**

- **Cabeçalho**

O cabeçalho de cada planilha contém informações gerais a respeito da edificação analisada, na qual constam o nome do responsável pelos trabalhos, a data de execução dos trabalhos de manutenção, o nome da edificação, e a revisão do documento.

Constam ainda como células auxiliares, para fins de monitoramento dos KPI`s os campos: Bom (EM DIA), Médio (EM PREPARAÇÃO) e Manutenção necessária (EM ATRASO) que serão explorados mais adiante.

Possui ainda dois parâmetros que definem intervalos de tempo (dias e/ou meses) que indicarão se uma ação relacionada a um dado equipamento encontra-se na iminência de ocorrer. Esses parâmetros serão de utilidade para a identificação visual dos KPI´s.

- **Nome**

Este campo delimita a nomenclatura do EFM, o qual representa uma unidade da edificação com modos e condições específicas de degradação que ocorrem ao longo da vida útil. O estado de conservação total do edifício se compõe do somatório da degradação de todos os EFM existentes nele. Tal EFM poderá ser um equipamento, um componente construtivo da edificação ou até mesmo um item de mobiliário.

- **Local**

A localização do EFM é a informação que identifica a posição espacial do objeto, proporcionando agilidade na gestão da manutenção e economia de tempo. Para um dado conjunto de objetos, essa localização pode ser efetuada a partir dos métodos de classificação ora abordados na revisão de literatura. Porém a presente pesquisa, se limitou a utilizar a nomenclatura do posicionamento em virtude do pavimento na qual o objeto se encontrava.

- **Fabricante**

Os dados do fabricante são aqueles que permitem identificar o nome do produtor do objeto, proporcionando assim um expedito reconhecimento. Tal informação pode ainda ser utilizada para fins de monitoramento do índice de disponibilidade do equipamento de uma dada marca.

- **Data de instalação**

Associada à informação do fabricante, a data da instalação permite, de pronto, o controle a respeito dos equipamentos que ainda se encontram sob garantia. De posse dessa informação é possível efetuar um planejamento financeiro relacionado com equipamentos que deixarão de estar sobre a garantia, bem como aquisição de peças que carecem de substituição/troca ao longo da vida útil.

- **Tarefas**

Este campo indica quais tarefas deverão ser executadas pela manutenção ao longo do tempo. Tendo em vista que cada objeto possui modos específicos de operação bem como de manutenção,

este campo foi dividido em linhas para comportar diferente ações que poderão ser efetuadas sob distintos períodos.

- **Periodicidade**

Ela indica o intervalo de tempo pelo qual as ações de manutenção deverão ser empreendidas. O intervalo de tempo entre as ações irá influenciar, diretamente, a qualidade e disponibilidade de um equipamento.

- **Data da última ação**

Para que um plano de manutenção possa ser eficiente é de importância fundamental que as ações sejam executadas ao tempo oportuno. O adequado registro e controle da data da última intervenção serve para estimativa das intervenções futuras. Este parâmetro também serve para analisar se as intervenções previstas foram executadas no tempo planejado.

- **Data da próxima ação**

Este parâmetro tem por finalidade estabelecer o cronograma das ações a serem empreendidas em virtude da data da última ação e a periodicidade estabelecida.

- **Situação**

Efetuando a associação da DATA DA ÚLTIMA AÇÃO com o período, tem-se a DATA DA PRÓXIMA AÇÃO.

Se a DATA DA PRÓXIMA AÇÃO já está superada, a ação encontra-se EM ATRASO, se a data da próxima ação irá ocorrer dentro da quantidade de dias estabelecidos no campo DIAS PARA ALERTA (cabeçalho) a ação encontra-se EM PREPARAÇÃO e se a data da próxima ação é superior a quantidade de dias estabelecidos no campo DIAS PARA ALERTA(cabeçalho) a ação encontra-se EM DIA.

- **Status da tarefa**

O parâmetro STATUS TAREFA tem por finalidade correlacionar o parâmetro SITUAÇÃO a uma variável do tipo número. Para o caso de estudo, foram definidos a título exemplificativo os seguintes valores: EM DIA: 10, EM PREPARAÇÃO: 5 e EM ATRASO: 0.

Os dados constantes do indicativo para o plano de manutenção foram estabelecidos de acordo com as necessidades da empresa parceira no caso de estudo. A subdivisão das tarefas em 3 níveis

se deu em virtude de que para um mesmo EFM, determinadas tarefas podem ter periodicidades diferentes e dessa forma prazos diferentes de intervenção.

4.5 Experimentação da metodologia BIM-FM ao caso de estudo

Para a aplicação da metodologia BIM em associação ao FM no caso de estudo foram estabelecidos inicialmente os EFM´s objeto da pesquisa, que são 3 UTA´s (Unidades de Tratamento de Ar) e 6 Ventiladores mecânicos. Decorrida a fase de modelagem da edificação, foi necessário efetuar a introdução dos dados do plano de manutenção nos objetos do modelo. Em se possuindo os dados paramétricos nos objetos do modelo, a gestão da manutenção se torna mais expedita e a base de dados constitui uma mais valia para a edificação ao longo de sua vida útil.

A referida base de dados pode apoiar a gestão da manutenção no planeamento das ações, na escolha dos equipamentos mais fiáveis, bem como naqueles que proporcionam menores cursos operativos e apresentam maiores índices de disponibilidade.

4.5.1 Inserção de dados no modelo

Com a finalidade de conter a integralidade de informações do modelo, foram inseridos uma série de *shared parameters* na função *Project Information*. Tais parâmetros não são essenciais ao plano de manutenção, todavia atuam de maneira completiva com a informação: do autor, da data, do nome da edificação e por fim, da revisão efetuada. Na Figura 25 segue a representação da janela de informações do projeto, relativa a presente pesquisa, com os parâmetros ora citados.

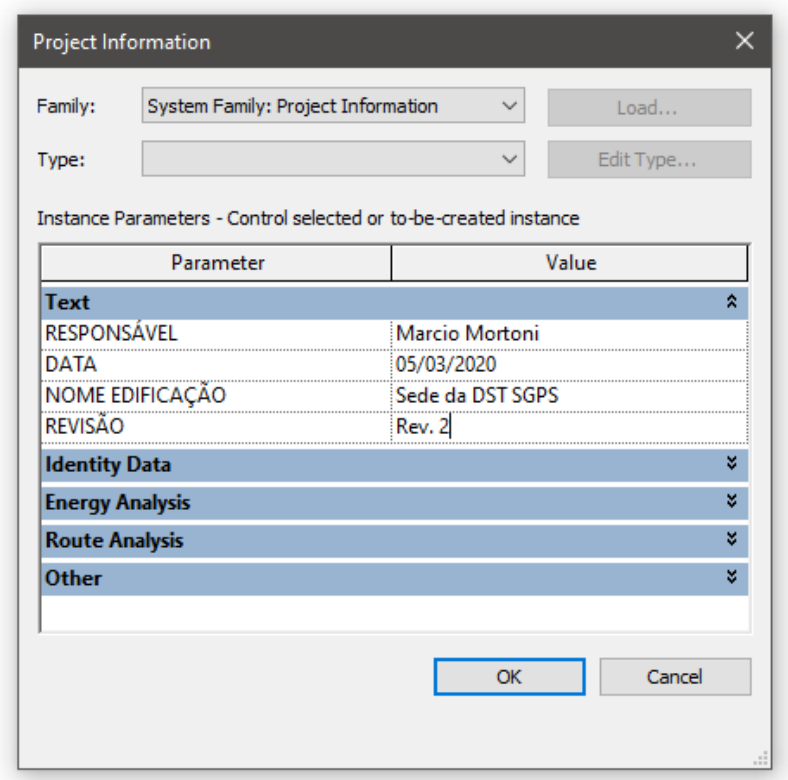


Figura 25 - Informações do projeto

Para um melhor aproveitamento das informações na fase de uso das edificações, é adequado que os dados do plano de manutenção sejam inseridos no modelo, seja em cada objeto individualmente ou mesmo nas famílias de objetos.

Com a finalidade de efetuar a inserção dos dados, o *software* Autodesk Revit dispõe da funcionalidade denominada *Shared parameter.* Com um *shared parameter* é possível criar um item a ser adicionado ao objeto, que pode ser utilizado para fins de dados paramétricos.

Para a criação dos *shared parameters*, o Autodesk Revit os agrupa por meio de um arquivo denominado *shared parameter file* (Figura 26).

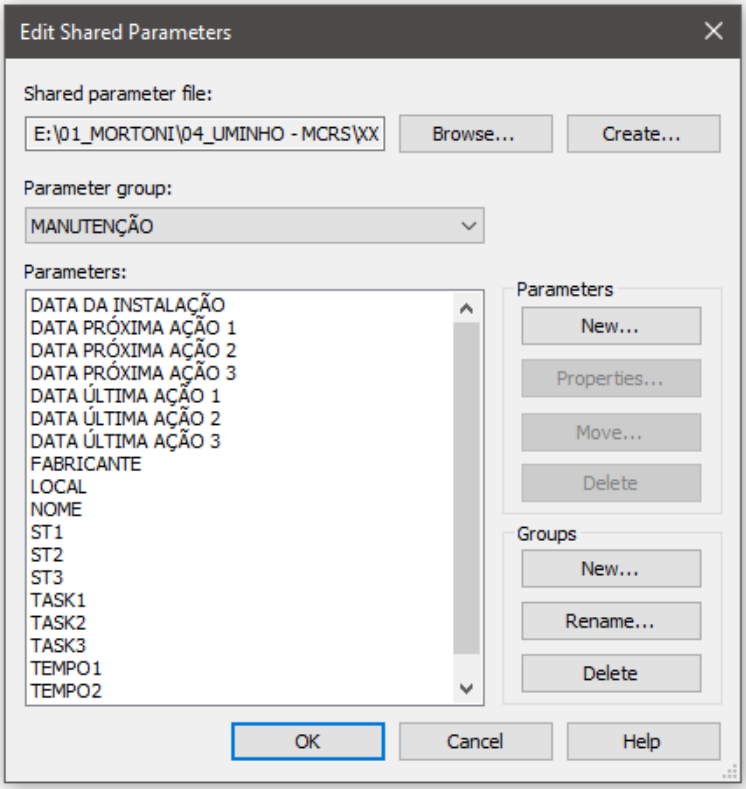


Figura 26 - *Shared parameters* do plano de manutenção

Para a criação de cada parâmetro, é necessário escolher um nome, a qual disciplina está correlacionado(comum, arquitetura, estrutura, AVAC, elétrica, tubulação e energia) e o tipo de parâmetro (texto, inteiro, número, área, volume, ângulo, inclinação, moeda, densidade, tempo, velocidade, URL, material, imagem, sim/não e texto multilinha).

Para o presente estudo, os nomes adotados são os que aparecem na Figura 26, a disciplina relacionada foi a comum e todos os parâmetros foram escolhidos sob o tipo texto, com exceção dos parâmetros ST1, ST2 e ST3 que foram associados ao tipo número.

Decorrida essa fase, é necessário adicionar cada parâmetro do plano de manutenção nos objetos do modelo. Para tanto, foi necessário efetuar a edição das famílias dos objetos, adicionando cada parâmetro aos objetos.

Além da adição dos parâmetros, para fins de monitoramento da operação dos equipamentos, em cada um dele, mediante a edição da família de objetos, foi criado um painel indicativo que demonstra visualmente o status de cada tarefa associada ao objeto.

Como já foi anteriormente explanado no item **status da tarefa,** houve o estabelecimento da gradação em 3 níveis: EM DIA: 10, EM PREPARAÇÃO: 5 e EM ATRASO: 0, embora essa divisão

possa ser ajustada para maiores ou menores gradações. Aquando da edição das famílias dos objetos, o painel indicativo demonstra em termos de cor, se as tarefas encontram-se em atraso (Figura 27), tendo e cor verde associada ao status EM DIA, amarela associada ao status EM PREARAÇÃO e a vermelha associada ao status EM ATRASO.

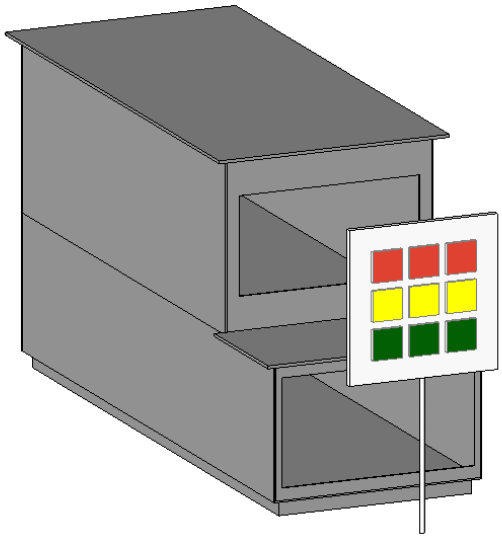


Figura 27 - UTA com painel informativo do status

Para que o painel informativo do status das tarefas pudesse representar visualmente esses parâmetros, foi necessário a criação de 3 parâmetros de materiais agrupados na categoria *Materials and Finishes*, cada um deles associado a situação do respectivo equipamento (vermelho, amarelo e verde).

Houve a criação e associação de parâmetros de visibilidade (AVISO GREEN TASK 1, AVISO GREEN TASK 2, AVISO GREEN TASK 3, AVISO YELLOW TASK 1, AVISO YELLOW TASK 2, AVISO YELLOW TASK 3, AVISO RED TASK 1, AVISO RED TASK 2 e AVISO RED TASK 3) os quais foram associados aos parâmetros ST1, ST2 e ST3.

De modo a facilitar a identificação dos parâmetros (Figura 28), todos os parâmetros de visibilidade foram atribuídos a categoria *Identity Data* e os valores 15 atribuídos aos parâmetros ST1, ST2 e ST3 são apenas para fins de armazenamento numérico inicial, de modo que os painéis indicativos de aviso não apresentem cor alguma. Qualquer número diferente de 0, 5 ou 10 atua com esse propósito.

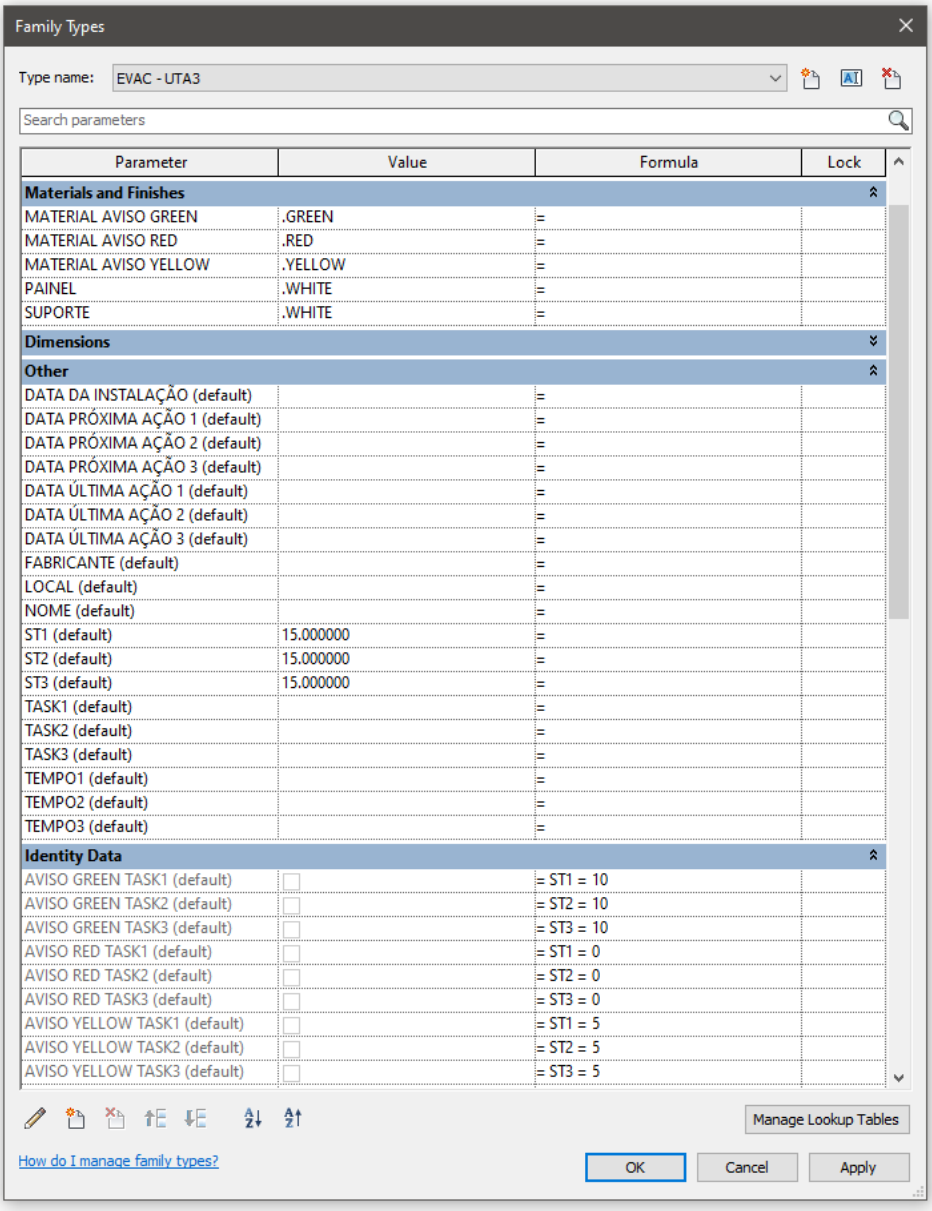


Figura 28 - Parâmetros adicionados aos objetos

O *software* Autodesk Revit permite a criação e manipulação de parâmetros em duas modalidades: tipo e instância. Os parâmetros de tipo são aqueles que pertencem a todos os elementos de uma dada família e os parâmetros de instância são aqueles os quais se atribuem informações específicas de cada objeto. Para a pesquisa em curso, devido as características dos equipamentos serem muito distintas e específicas, os parâmetros foram classificados como instância. A inserção de parâmetros no formato instância além de ser mais expedita, permite uma individualização de cada dado associado (Figura 29).

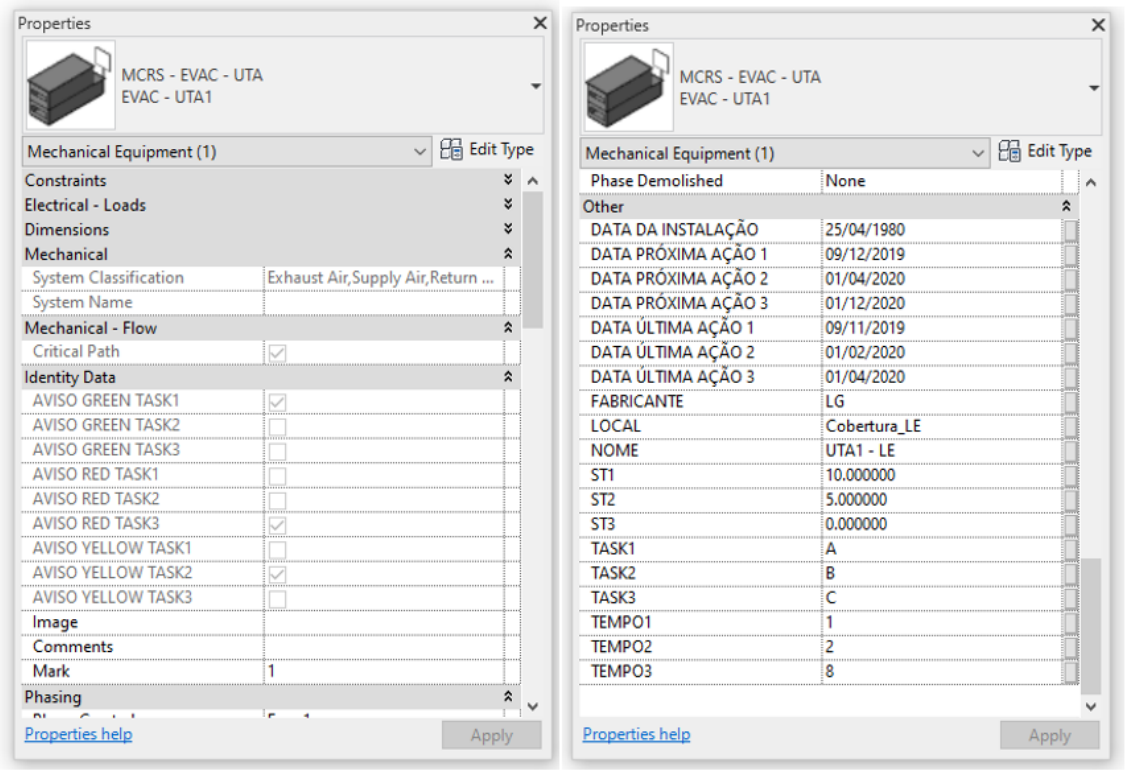


Figura 29 - Dados instaciados na família UTA

4.5.2 Transferência dos dados

Para uma adequada gestão da manutenção, como já abordado nessa pesquisa, a disponibilidade das informações para a tomada de decisão é uma vantagem da metodologia BIM-FM e esta informação deve sempre estar atualizada, de modo a refletir o estado dos equipamentos.

Existe no mercado uma série de *softwares* BIM-FM, porém esta pesquisa buscou uma alternativa em termos de custo, mais acessível e que pudesse ser implementada nas mais variadas tipologias. Dessa forma para a transferência de dados a partir do modelo BIM bem como para o modelo BIM, conforme já anteriormente explanado, o plano de manutenção foi organizado graficamente por meio de planilha do *Microsoft Excel*.

Dentre as várias opções existentes para se efetuar a referida transferência de dados, a escolhida para a pesquisa fora a utilização do *software* de programação visual (Figura 30) chamada *Dynamo*.

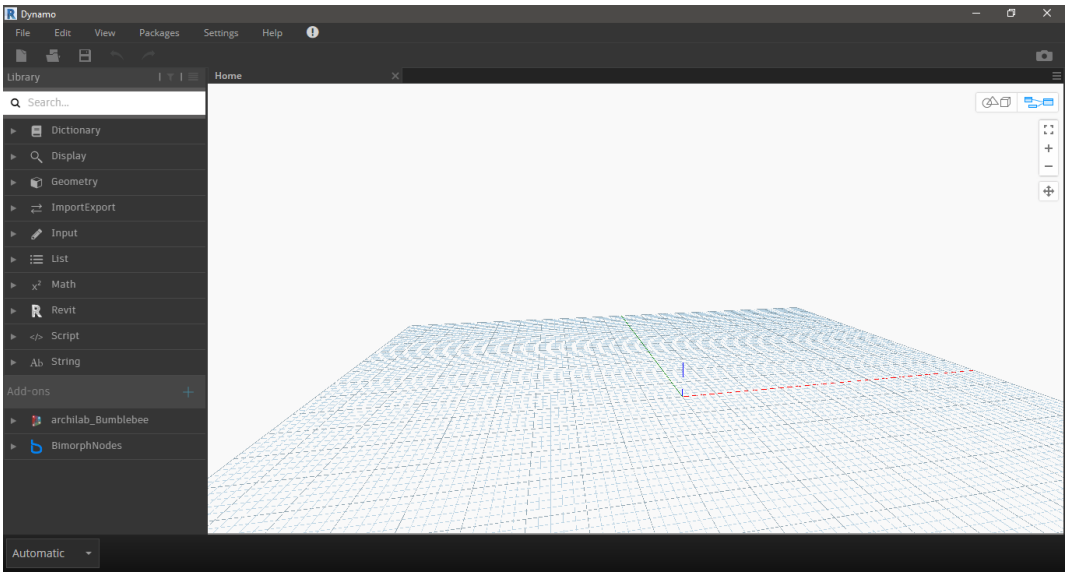


Figura 30 - Interface do *Dynamo*

O *Dynamo* é um *software* de programação visual que pode ser baixado e executado como programa independente ou como um *plug-in* para outro *software* como Autodesk Revit ou Autodesk Maya. Ele permite que o usuário faça conexões entre elementos do modelo, extração e inserção de informações nos objetos, modelagem de formas complexas por meio da especificação de regras e uma grande quantidade de outras ações.

O desenvolvimento no *Dynamo* se dá por meio de um processo de programação visual, no qual os elementos são associados para definir os relacionamentos e as sequências de ações que compõem algoritmos específicos.

- **Rotinas de extração e inserção de dados com o uso do Dynamo.**

Nesta pesquisa optou-se por idealizar rotinas de transferência de dados (extração e inserção) a partir do modelo paramétrico existente no Revit.

O uso do *Dynamo* surgiu em virtude de o *software* permitir, um acompanhamento de cada etapa da extração/inserção de dados do modelo, ou seja, é possível efetuar um monitoramento *pari passu*, evitando dessa forma que se verifique alguma inconformidade apenas no fim do processo.

As rotinas consistem essencialmente na identificação e consolidação dos parâmetros inseridos nos objetos do modelo com o uso dos *Shared parameters*, por meio dos nós de código.

Inicialmente foi idealizado uma rotina que extrai os dados existentes nos objetos existentes do modelo BIM e os transferem para o *Microsoft Excel*, bem como uma segunda rotina que atualiza as informações do plano de manutenção do *Microsoft Excel* para os objetos do modelo BIM. Tal

medida tem por finalidade proporcionar opções para a entidade sob qual diretriz de transferência de dados será utilizada, REVIT-EXCEL ou então EXCEL-REVIT.

- **Exportação (Revit – Excel)**

A princípio, a rotina de transferência de dados do modelo BIM para o *Microsoft Excel* careceu da identificação das categorias de elementos objeto do estudo, que nessa pesquisa são os equipamentos AVAC, classificados no Revit sob a categoria *Mechanical Equipment*. Para essa primeira etapa de seleção dos elementos, foram utilizados os comandos *Categories, All Elements of Category* e *Watch.* O comando *Categories* seleciona a categoria *Mechanical Equipment, o comando All Elements of Category seleciona todos os objetos da categoria Mechanical Equipment* e o comando *Watch* permite visualizar os dados obtidos (Figura 31).

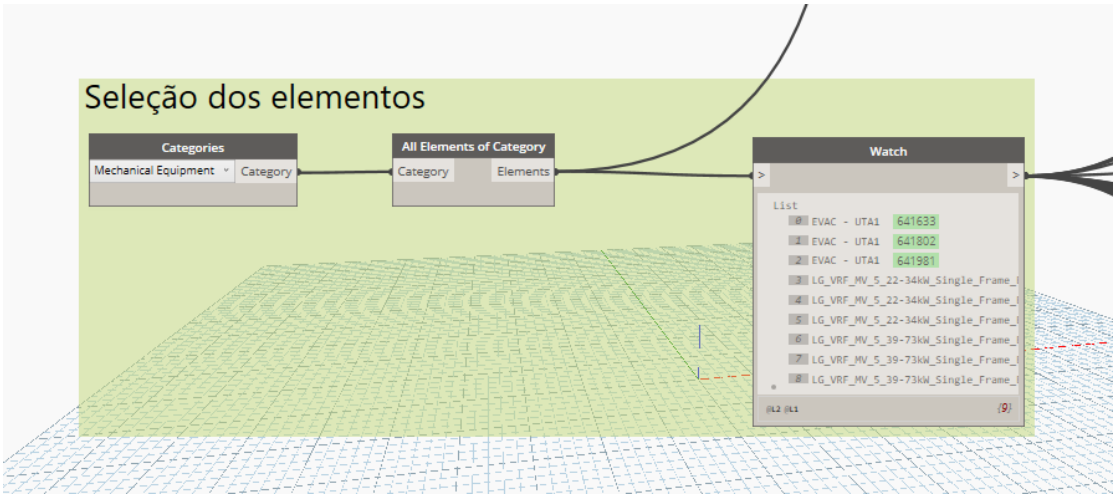


Figura 31 - Grupo de comandos da seleção de elementos

Assim, como já apresentado na seção 4.5, como existem no modelo 9 equipamentos AVAC, o *Dynamo* retornou uma lista contendo 9 elementos (Figura 31). Especial atenção deve ser dada ao *Dynamo* em termos de numeração, pois este considera o número 0 (zero) como sendo o primeiro item da lista e assim a lista fornece a numeração do 0 ao 8.

Tendo o *Dynamo* capturado todos os elementos, faz-se necessário filtrar a informação constante em cada objeto do modelo destinada ao plano de manutenção. Assim, utilizando o comando *Element.GetParameterValueByName* cujas entradas eram os parâmetros de manutenção inseridos nos objetos do modelo: “nome”, “local”, “fabricante”, “data da instalação”, “task1”, “task2”, “task3”, “tempo1”, “tempo2”, “tempo3”, “data da última ação1”, “data da última ação2”, “data da última ação3”, “data da próxima ação1” foi possível obter as informações contidas em cada

objeto. A Figura 32 demonstra a conexão dos nós de comando para a obtenção dos dados do parâmetro “data da próxima ação”.

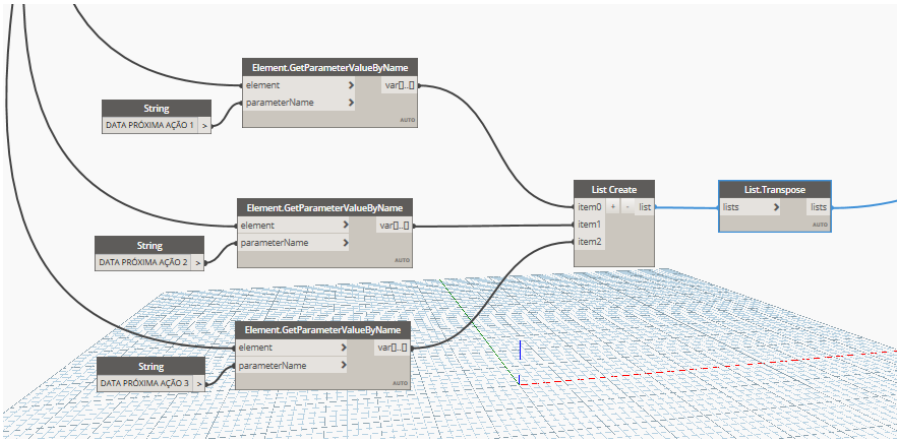


Figura 32 - Conexões do Dynamo para obtenção dos dados

O nó *Element.GetParameterValueByName* recebe como entrada do parâmetro *element* os dados anteriormente selecionados da categoria *Mechanical Equipment*. Em seguida mediante o filtro de uma *string* com o nome “data da próxima ação” associada ao *parameterName, o Dynamo* é capaz de identificar essa informação em uma lista (Figura 33).

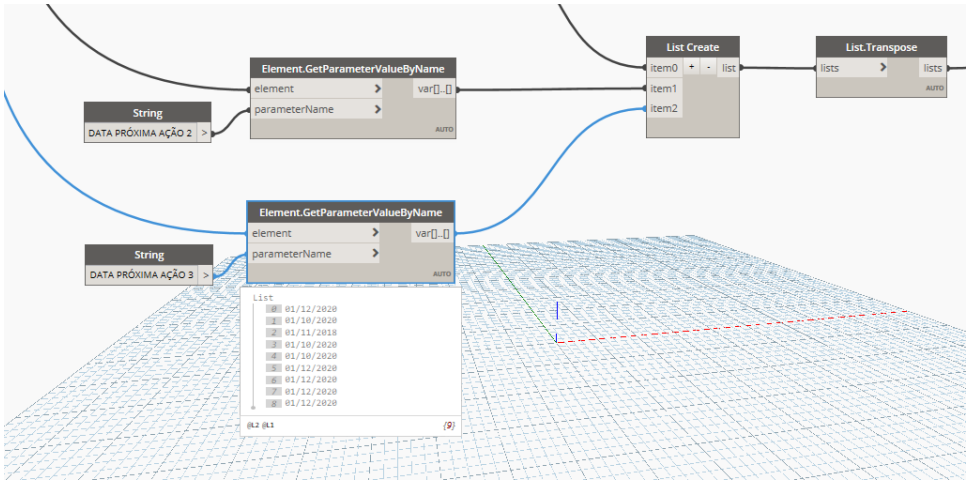


Figura 33 - Dados listados pelo Dynamo

Para os elementos “nome”, “local”, “fabricante”, “data da instalação” a captura se deu de maneira singular, todavia levando em consideração que um dado equipamento possui atividades distintas que podem ocorrer em períodos de tempo diferentes, a segmentação proposta foi de 3 atividades para cada elemento, contemplando os campos: “task”, “tempo”, “data da última ação” e “data da próxima ação”.

Essa segmentação em 3 divisões tem caráter meramente didático, sendo possível ser adaptada a qualquer situação que exija menores ou maiores subdivisões dos campos citados.

Decorrida essa etapa de segmentação dos dados de cada parâmetro dos objetos do modelo BIM, considerando que o *Dynamo* exporta os dados para o Excel sob a forma de linha, e que o plano de manutenção está idealizado sob a forma de colunas, foi necessário efetuar essa transposição das linhas para as colunas de modo a haver compatibilidade. Para tanto, foi imprescindível efetuar uma lista intermediária com a finalidade de escrever os dados em células distintas obtidos por meio dos comandos *List Create* e *List.Transpose*, conforme demonstra a Figura 33.

De posse da informação armazenada em uma lista intermediária, em seguida foi necessário organizar essas listas para que a exportação para o Excel fosse feita adequadamente. Visto que pelas características dos dados, alguns parâmetros foram subdivididos foi necessário ao comando *List.Flatten* para agrupar esses itens divididos em uma única lista. Com o uso do comando *BB.Data*, tendo como entradas: o nome do separador do *Microsoft Excel,* a célula a ser alocada a dita informação e os dados a serem exportados, a informação de cada parâmetro fora agrupada adequadamente (Figura 34).

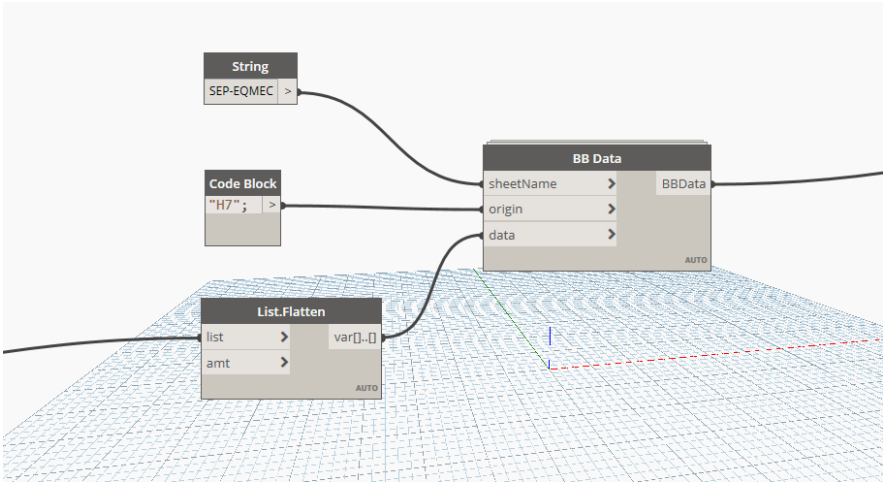


Figura 34 - Agrupamento das informações

Para cada um dos parâmetros existentes no plano de manutenção, os procedimentos descritos nas Figura 33 e Figura 34 foram repetidos. Para a leitura dos dados constantes da função *Project Information*, um grupo de comandos executa a tarefa de leitura desses dados, consoante a Figura 35.

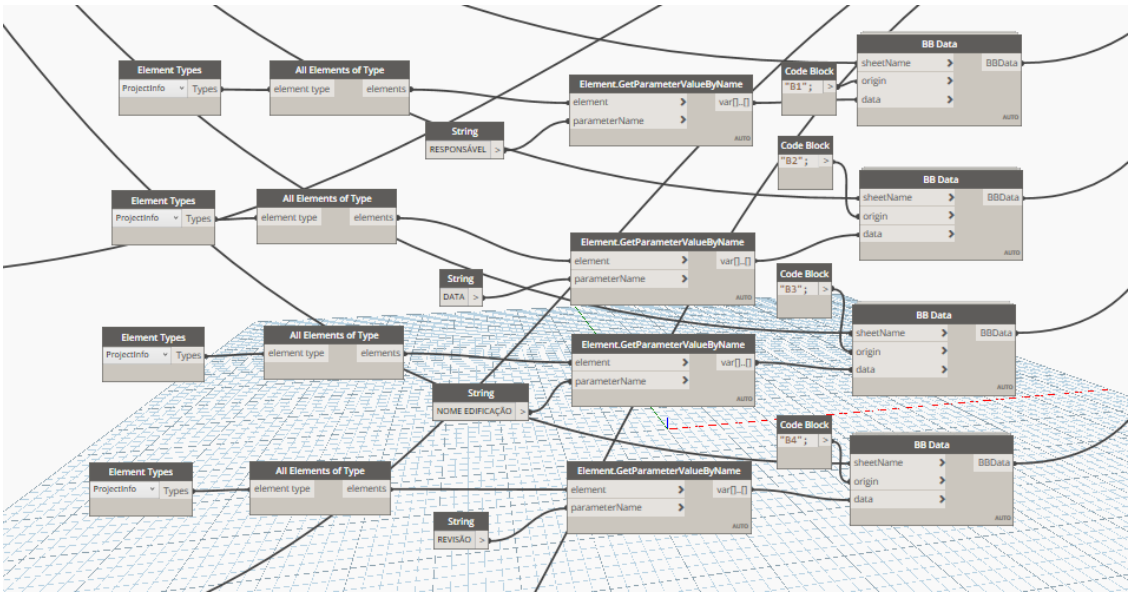


Figura 35 - Leitura dos dados do *Project Information*

Decorrida a fase de extração e organização dos dados dos objetos do modelo, bem como dos dados do cabeçalho, a lista intermediária já com os dados dispostos em coluna estão aptos a serem exportados para o *Microsoft Excel.* Antes, porém foi criada uma lista final, mediante o uso do comando *ListCreate*, adequadamente organizada para enfim ser efetuada a transferência de dados para o arquivo Excel determinado. A Figura 36 demonstra os comandos utilizados para essa fase final de extração e transferência de dados do modelo BIM para o *Microsoft Excel.*

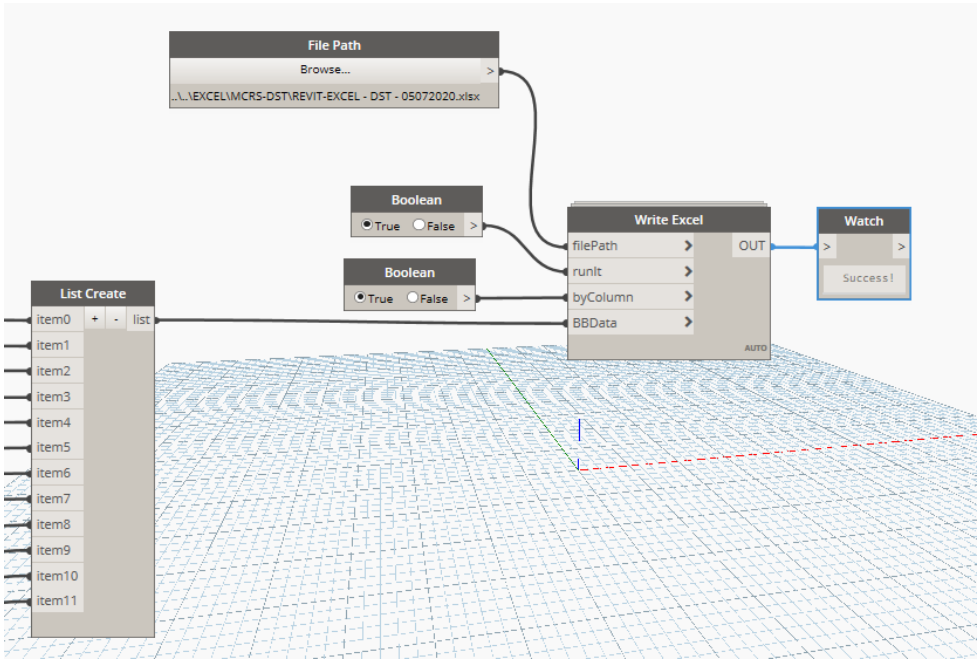


Figura 36 - Comandos de exportação dos dados para o Excel

De modo a proporcionar uma visão global da rotina elaborada no *Dynamo*, segue uma delimitação de cada grupo de atividades efetuadas em cada etapa já anteriormente explanada (Figura 37).

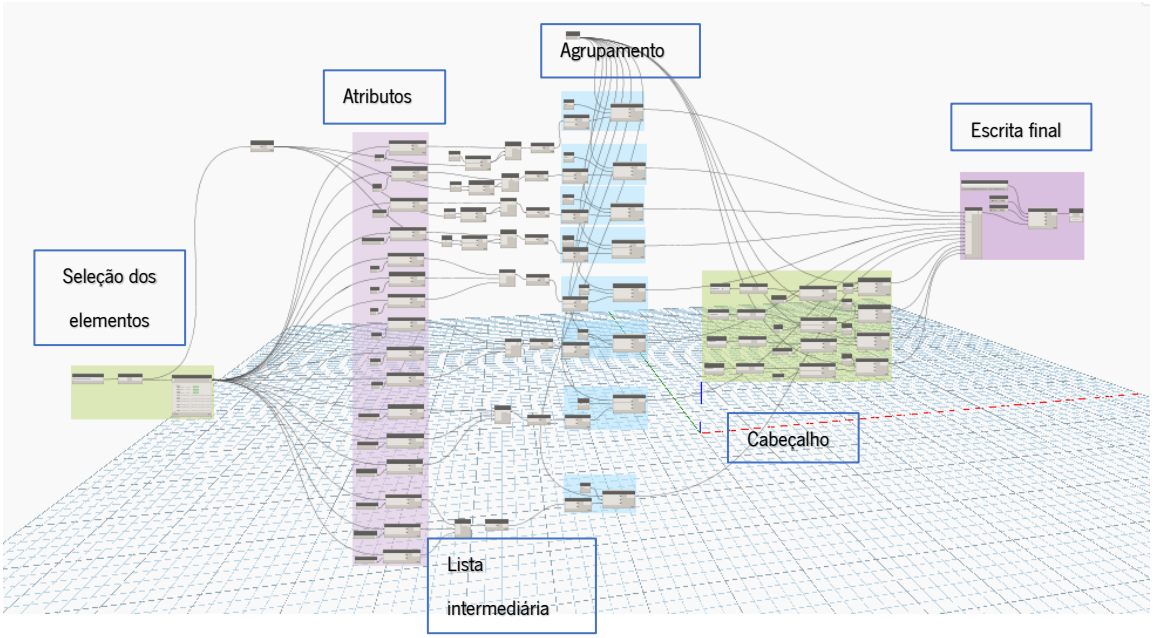


Figura 37 - Concepção geral da rotina *Dynamo* (Revit-Excel)

- **Importação (Excel – Revit)**

No sentido de usufruir de todas as capacidades funcionais da interoperabilidade, foi idealizada uma segunda rotina de transferência de dados, nesse caso do *Microsoft Excel* para o *Autodesk Revit*. Assim sendo, é possível adequar as características técnicas de cada entidade de modo a permitir tanto a transferência dos dados armazenados no modelo para uma planilha bem como da planilha para o modelo.

Com essa funcionalidade, é possível que as informações do plano de manutenção estejam sempre atualizadas e disponíveis a todos os intervenientes.

De maneira geral, a rotina de importação para o modelo seguiu a mesma lógica da rotina de exportação todavia de modo inverso, na qual se iniciou com a identificação do arquivo Excel e leitura dos respectivos dados (Figura 38), mediante o uso dos comandos *Filepath* e *FileFrompath*.

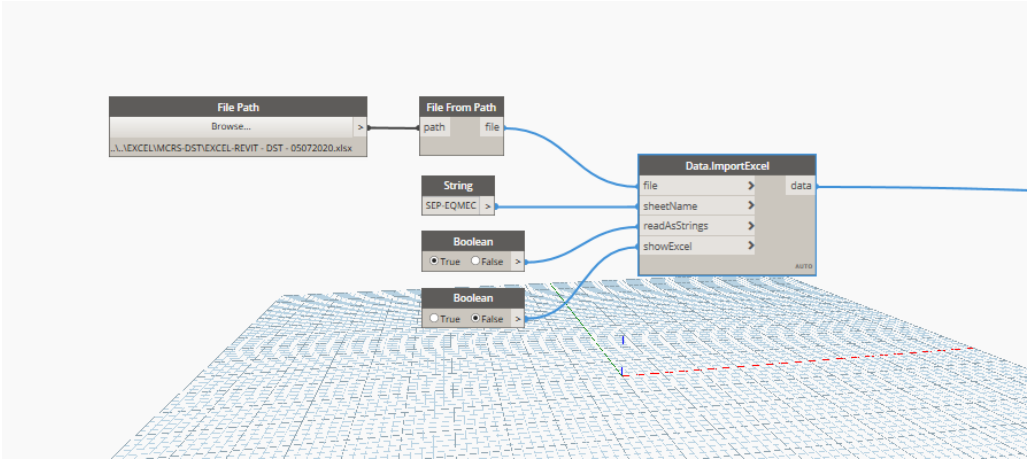


Figura 38 - Leitura dos dados da planilha

A seguir se procedeu a leitura dos dados do cabeçalho do arquivo (Figura 39) e para tanto utilizou-se inicialmente o comando *ReadExcel* para a leitura de todos os dados da planilha. Posteriormente, por meio dos comandos *ListSlice* foi possível segmentar a informação de cada parâmetro do cabeçalho por linha, para em seguida ser associada ao modelo por meio do comando *Element.SetParameterByname.*

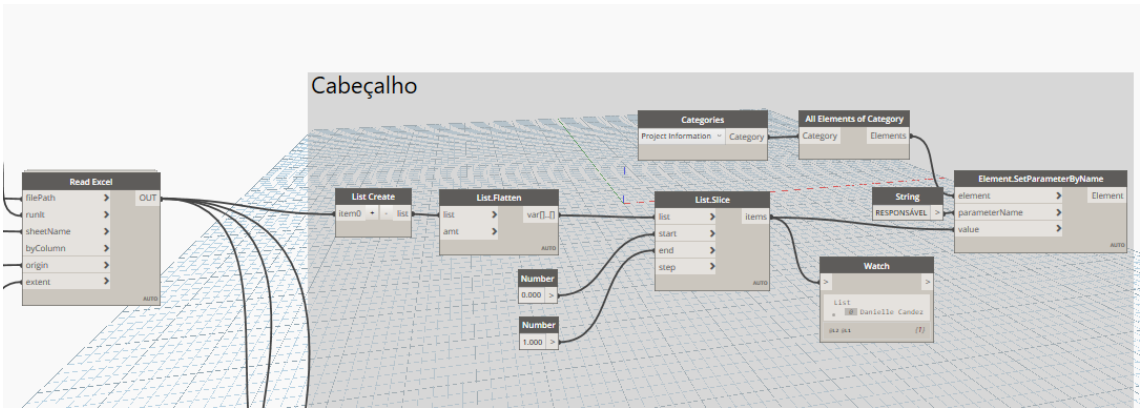


Figura 39 - Importação dos dados do cabeçalho

Como já abordado outrora, tendo em vista que o *Dynamo* efetua a leitura dos dados por linha, recorreu-se ao comando *List.DroppedItems* iniciando a leitura a partir da linha seis levando em conta que as linhas anteriores são ocupadas pelos dados do cabeçalho, para em seguida ser modificado de linha para coluna com o uso do mando *List.Transpose* (Figura 40).

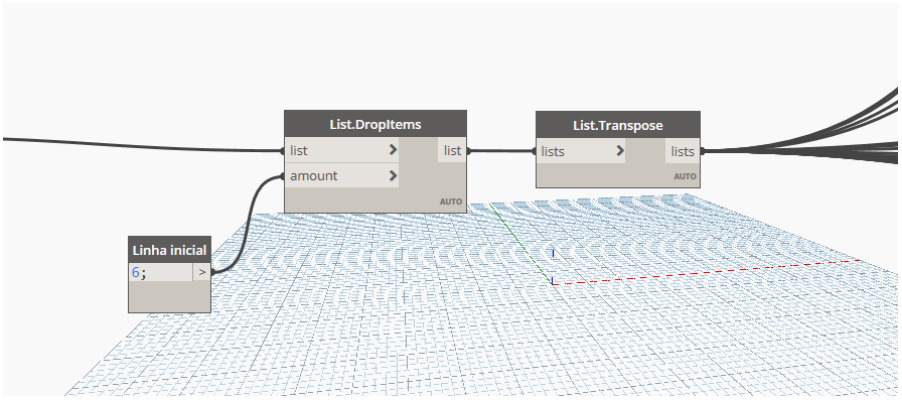


Figura 40 - Mudança de linhas para colunas

A partir daí, procedeu-se a inserção dos dados do plano de manutenção contidos na planilha, já devidamente capturados pelos comandos anteriormente apresentadas. Com a finalidade da inserção dos dados no elemento (Figura 41) mediante o comando *Element.SetParameterByname*, inicialmente utilizou-se o comando *List.GetItemAtIndex*, cuja entrada é o número da coluna a ser lida.

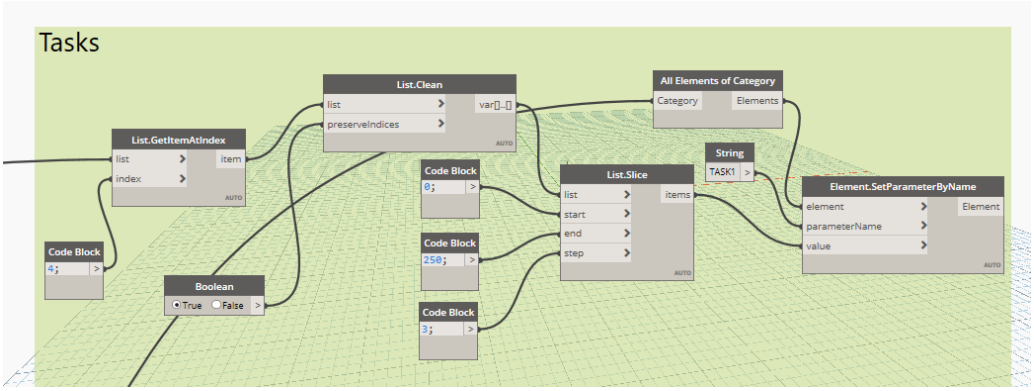


Figura 41 - *Script* para inserção dos dados no modelo

Para o grupo de comandos utilizados para a inserção dos dados específicos do plano de manutenção que foram segmentados (tasks, periodicidade, data da última ação e data da próxima ação) a Figura 41 demonstrou todos os passos, tendo apenas o parâmetro Status das tarefas sofreu uma ligeira modificação (Figura 42), no sentido de permitir a inserção da informação sob o formato número, que originalmente era reconhecido no Excel sob o formato texto, e para isso foi utilizado o comando *StringToNumber*.

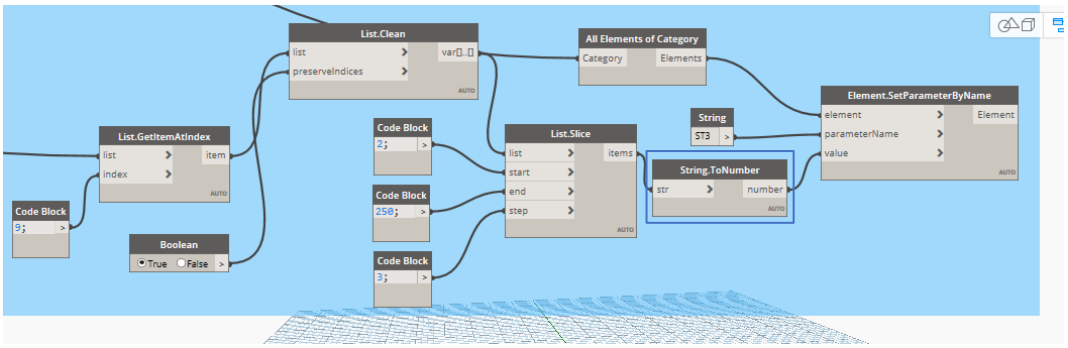


Figura 42 - Detalhe do parâmetro STATUS DAS TAREFAS

Em um contexto geral a rotina de importação dos dados do plano de manutenção utilizou comandos não-complexos acessíveis a qualquer utilizador. Segue mais adiante (Figura 43), uma perspectiva global da rotina de inserção de dados do Excel para o Revit.

As rotinas anteriormente apresentadas foram idealizadas para as famílias de equipamentos mecânicos, todavia a sua aplicabilidade pode ser estendida a qualquer elemento ou sistema construtivo que disponha de atividades de manutenção e períodos específicos para a sua execução.

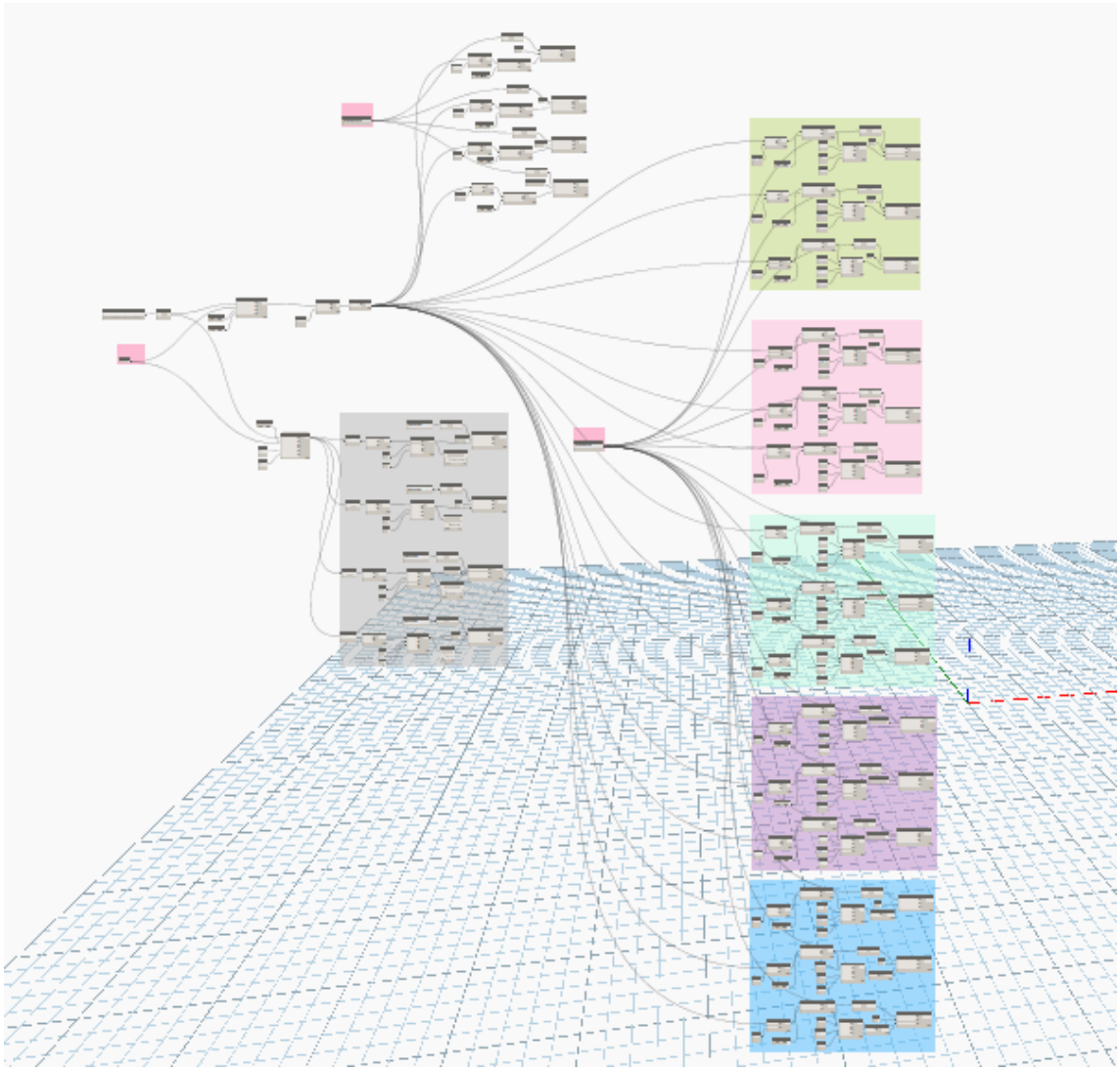


Figura 43 - Perspectiva geral da rotina de inserção dos dados

- **Interação Revit – Dynamo - Excel**

Para o ensaio da interação do Revit para o Excel via *Dynamo*, inicialmente a planilha do Excel foi preparada com os respectivos campos em branco (Figura 44) a serem preenchidos pelos dados dos objetos dos equipamentos mecânicos.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	**Responsável**			**Dia de hoje**	02/08/2020	**Dias p.alerta**	30			
2	**Data**			**Bom**	EM DIA	**Meses p.alerta**	1			
3	**Nome da Edificação**			**Médio**	EM PREPARAÇÃO					
4	**Revisão**			**Manutenção necessária**	EM ATRASO					
5	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	**Nome**	**Local**	**Fabricante**	**Data Instalação**	**Tarefas**	**Periodicidade**	**Data última ação(DUA)**	**Data próxima ação(DPA)**	**Situação**	**Status tarefa**
7									EM ATRASO	0
8									EM ATRASO	0
9									EM ATRASO	0
10									EM ATRASO	0
11									EM ATRASO	0
12									EM ATRASO	0
13									EM ATRASO	0
14									EM ATRASO	0
15									EM ATRASO	0
16									EM ATRASO	0
17									EM ATRASO	0
18									EM ATRASO	0
19									EM ATRASO	0
20									EM ATRASO	0
21									EM ATRASO	0
22									EM ATRASO	0
23									EM ATRASO	0
24									EM ATRASO	0
25									EM ATRASO	0
26									EM ATRASO	0
27									EM ATRASO	0
28									EM ATRASO	0
29									EM ATRASO	0
30									EM ATRASO	0
31									EM ATRASO	0
32									EM ATRASO	0
33									EM ATRASO	0
34									EM ATRASO	0
35									EM ATRASO	0
36									EM ATRASO	0

Figura 44 - Plano de manutenção - vazio

Com finalidade de teste da rotina de exportação do Revit para o Excel, nas 3 UTA´s existentes no prédio da Sede da DST, os dados da UTA1 – LE estavam completos, os da UTA2 – LC estavam desprovidos do parâmetro DATA DA PRÓXIMA AÇÃO e a UTA3 – LD estavam desprovidos do parâmetro DATA DA ÚLTIMA AÇÃO (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

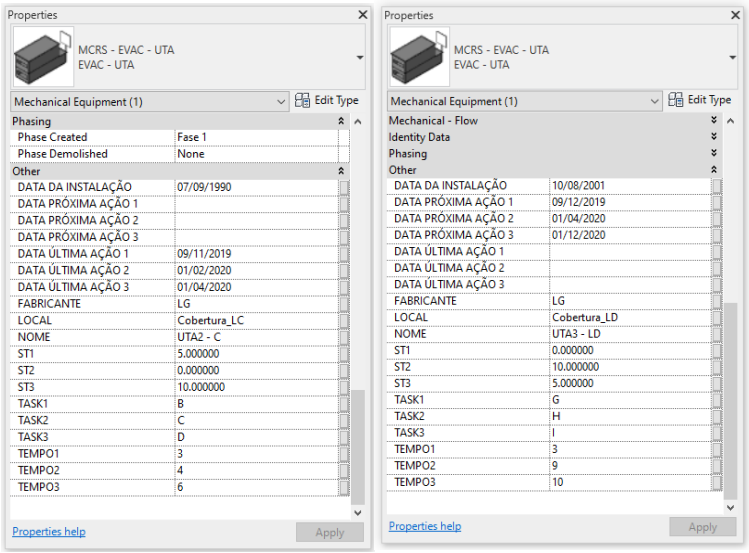


Figura 45 - Dados das UTA´s

Depois de executada a rotina de exportação no *Dynamo*, a planilha do Excel ficou completamente preenchida com os dados dos objetos do sistema AVAC (Figura 46). Para fins de teste apenas os dados do nome e local dos ventiladores mecânicos foram preenchidos.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	**Responsável**	Marcio A. Mortoni		**Dia de hoje**	23/09/2020	**Dias p.alerta**	30				
2	**Data**	08/07/2020		**Bom**	EM DIA	**Meses p.alerta**	1				
3	**Nome da Edificação**	Bloco 2 da Uminho		**Médio**	EM PREPARAÇÃO						
4	**Revisão**	Rev. 37		**Manutenção necessária**	EM ATRASO						
5	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
6	**Nome**	**Local**	**Fabricante**	**Data Instalação**	**Tarefas**	**Periodicidade**	**Data última ação(DUA)**	**Data próxima ação(DPA)**	**Situação**	**Status tarefa**	
7					A	1	09/11/2019	09/12/2019	EM ATRASO	0	
8	UTA1 - LE	Cobertura_LE	LG	25/04/1980	B	2	01/02/2020	01/04/2020	EM ATRASO	0	
9					C	8	01/04/2020	01/12/2020	EM DIA	10	
10					B	3	09/11/2019		EM ATRASO	0	
11	UTA2 - C	Cobertura_LC	LG	07/09/1990	C	4	01/02/2020		EM ATRASO	0	
12					D	6	01/04/2020		EM PREPARAÇÃO	5	
13					G	3		09/12/2019			
14	UTA3 - LD	Cobertura_LD	LG	10/08/2001	H	9		01/04/2020			
15					I	10		01/12/2020			
16											
17	V34Kw_01	Cobertura_LE									
18											
19											
20	V34Kw_02	Cobertura_LC									
21											
22											
23	V34Kw_03	Cobertura_LD									
24											
25											
26	Ventilador73_A	Cobertura_LE									
27											
28											
29	Ventilador73_B	Cobertura_LC									
30											
31											
32	Ventilador73_C	Cobertura_LD									
33											

Figura 46 - Planilha do Excel preenchida após exportação

Conforme dito anteriormente, o parâmetro “data da última ação” da UTA3-LD não foi preenchido de maneira intencional, para verificar a fiabilidade da rotina. A ausência desse parâmetro implicou na ausência da informação **situação**, tendo em vista a vinculação das células.

- **Interação Excel – Dynamo - Revit**

Para a importação dos dados do Excel para o Revit, foi necessário preencher os dados que não haviam sido preenchidos quando da exportação, conforme a (Figura 47). Vale salientar que os dados inseridos têm caráter didático de modo apenas a verificar se as funcionalidades de importação estão a correr bem. Outro ponto importante a ser destacado é que a planilha que contém os dados do plano de manutenção dispõe de uma coluna indicativa da situação do equipamento, com três gradações de cores para caracterizar os três estados do equipamento (EM DIA, EM PREPARAÇÃO e EM ATRASO).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	**Responsável**	Alexandre Resque		**Dia de hoje**	02/08/2020	**Dias p.alerta**	30			
2	**Data**	09/11/2019		**Bom**	EM DIA	**Meses p.alerta**	1			
3	**Nome da Edificação**	SEDE DA PF - GM		**Médio**	EM PREPARAÇÃO					
4	**Revisão**	Rv. 12		**Manutenção necessária**	EM ATRASO					
5	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	**Nome**	**Local**	**Fabricante**	**Data Instalação**	**Tarefas**	**Periodicidade**	**Data última ação(DUA)**	**Data próxima ação(DPA)**	**Situação**	**Status tarefa**
7	UTA1 - LE	Cobertura_LE	LG	01/05/2018	Limpeza de filtros	1	01/07/2020	01/08/2020	EM ATRASO	0
8					Remoção do gás dos equipamentos	2	01/07/2020	01/09/2020	EM PREPARAÇÃO	5
9					Limpeza de condutas e grelhas de ventilação	6	01/07/2020	01/01/2021	EM DIA	10
10	UTA2 - C	Cobertura_LC	LG	01/05/2018	Limpeza de filtros	1	01/07/2020	01/08/2020	EM ATRASO	0
11					Remoção do gás dos equipamentos	2	01/07/2020	01/09/2020	EM PREPARAÇÃO	5
12					Limpeza de condutas e grelhas de ventilação	6	01/07/2020	01/01/2021	EM DIA	10
13	UTA3 - LD	Cobertura_LD	LG	01/05/2018	Limpeza de filtros	1	01/07/2020	01/08/2020	EM ATRASO	0
14					Remoção do gás dos equipamentos	2	01/07/2020	01/09/2020	EM PREPARAÇÃO	5
15					Limpeza de condutas e grelhas de ventilação	6	01/07/2020	01/01/2021	EM DIA	10
16	V34Kw_01	Cobertura_LE	LG Electronics	15/06/2019	Limpeza geal	1	01/07/2020	01/08/2020	EM ATRASO	0
17					Verificação das conexões elétricas	1	01/07/2020	01/08/2020	EM ATRASO	0
18					Lubrificação dos rolamentos	4	01/07/2020	01/11/2020	EM DIA	10
19	V34Kw_02	Cobertura_LC	LG Electronics	15/06/2019	Limpeza geal	1	01/07/2020	01/08/2020	EM ATRASO	0
20					Verificação das conexões elétricas	1	01/07/2020	01/08/2020	EM ATRASO	0
21					Lubrificação dos rolamentos	4	01/07/2020	01/11/2020	EM DIA	10
22	V34Kw_03	Cobertura_LD	LG Electronics	15/06/2019	Limpeza geal	1	01/07/2020	01/08/2020	EM ATRASO	0
23					Verificação das conexões elétricas	1	01/07/2020	01/08/2020	EM ATRASO	0
24					Lubrificação dos rolamentos	4	01/07/2020	01/11/2020	EM DIA	10
25	Ventilador73_A	Cobertura_LE	LG Electronics	10/08/2019	Limpeza geal	1	01/07/2020	01/08/2020	EM ATRASO	0
26					Verificação das conexões elétricas	1	01/07/2020	01/08/2020	EM ATRASO	0
27					Lubrificação dos rolamentos	4	01/07/2020	01/11/2020	EM DIA	10
28	Ventilador73_B	Cobertura_LC	LG Electronics	10/08/2019	Limpeza geal	1	01/07/2020	01/08/2020	EM ATRASO	0
29					Verificação das conexões elétricas	1	01/07/2020	01/08/2020	EM ATRASO	0
30					Lubrificação dos rolamentos	4	01/07/2020	01/11/2020	EM DIA	10
31	Ventilador73_C	Cobertura_LD	LG Electronics	10/08/2019	Limpeza geal	1	01/07/2020	01/08/2020	EM ATRASO	0
32					Verificação das conexões elétricas	1	01/07/2020	01/08/2020	EM ATRASO	0
33					Lubrificação dos rolamentos	4	01/07/2020	01/11/2020	EM DIA	10
34										

Figura 47 - Dados para importação

Depois de executada a rotina de importação dos dados do Excel para o Revit, os objetos do modelo (Figura 48) passaram a conter os dados do plano de manutenção, constantes da planilha do Excel.

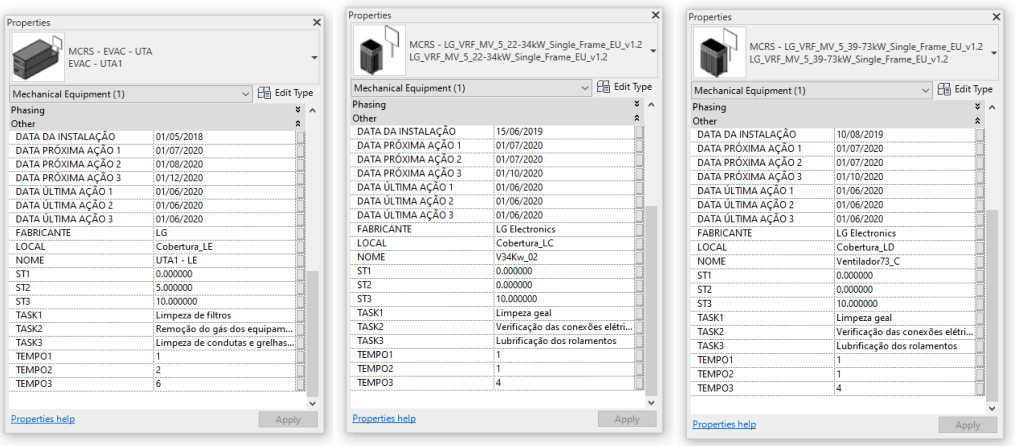


Figura 48 - Dados inseridos nos objetos

É de se notar que houve a completa correspondência entre os dados constantes do plano de manutenção e as informações inseridas nos parâmetros adicionados aos objetos do modelo, depois de executado o comando de transferência de dados no *Dynamo*. A título de exemplo, conforme o indicativo do plano de manutenção descrito no Excel, todas as três UTA´s continham as tarefas de limpeza dos filtros na situação EM ATRASO, e consequentemente na cor vermelha, já as atividades de remoção do gás dos equipamentos estavam na situação EM PREPARAÇÃO, na cor amarela e por fim as atividades de limpeza de condutas e grelhas de ventilação estavam na situação EM DIA, na cor verde (Figura 49).

O mesmo ocorre com os demais equipamentos AVAC da cobertura, que tiveram a total correspondência dos dados do Excel para o Revit, o que demonstrou o total conceito de interoperabilidade.

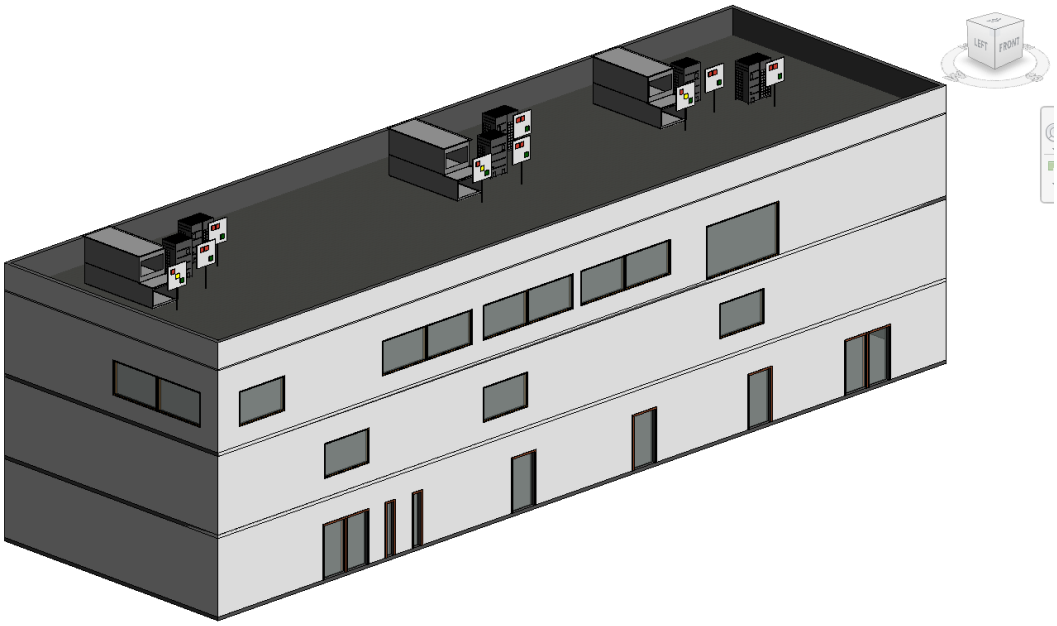


Figura 49 - Visão geral do edifício pós-importação de dados

Além da opção escolhida para efetuar a transferência de dados diretamente do modelo e para o modelo mediante a execução do script dentro do *Dynamo*, ainda seria possível uma distinta alternativa. Existe no Revit uma funcionalidade denominada *Dynamo Player* (Figura 50), na qual é possível cadastrar um ou vários scripts a serem executados pelo *Dynamo*, sem a necessidade de que o programa estivesse aberto. Essa opção pode ser interessante no caso de haver imposição de grande esforço computacional.

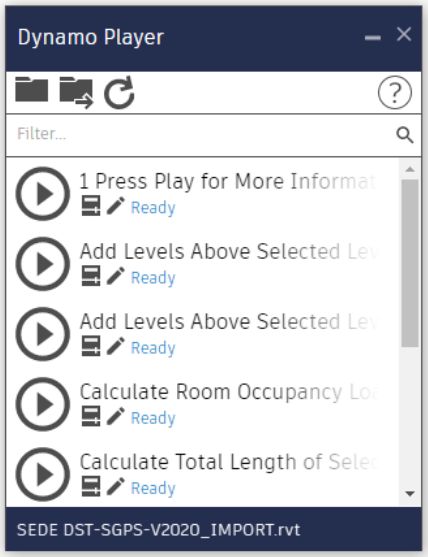


Figura 50 - Interface do Dynamo Player

Para a consecução dos objetivos deste capítulo, incialmente foi definido o objeto do estudo de caso, que foi a avaliação da operação e manutenção da sede da DST. Em seguida definiu-se o nível de desenvolvimento do modelo (LOD) para fins da aplicação da metodologia.

Decorrida essa fase, a modelagem da edificação foi concluída, tendo em vista os propósitos antes definidos. Para o presente estudo a modelagem consistiu apenas na envolvente da edificação, contendo as paredes externas, portas e janelas. Na cobertura foram posicionados os equipamentos AVAC constantes da edificação: Para estudos futuros outros EFM´s devem ser considerados.

O indicativo do plano de manutenção, consoante sua elaboração no Excel, foi idealizado com uma série de parâmetros a serem inseridos nos objetos do modelo, para serem posteriormente monitorados e atualizados.

Para a perfeita interoperabilidade entre os *softwares* Revit e Excel, mediante o uso do *Dynamo*, duas rotinas de transferência de dados foram produzidas tendo em consideração os dados constantes da planilha do Excel.

De posse das rotinas, foram efetuados testes de exportação e importação de dados de e para o modelo BIM e dessa forma compreende-se que os objetivos traçados para a experimentação da metodologia BIM-FM no caso de estudo foram atingidos com sucesso.

As tabelas do plano de manutenção, foram idealizadas para os equipamentos AVAC e com segmentação das ações e demais parâmetros em três níveis, todavia esse número foi apenas de

cariz exemplificativo, porquanto as rotinas podem ser adaptadas a qualquer quantidade, seja essa maior ou menor.

Outro aspecto a ser mencionado, é a gradação das cores para o parâmetro situação, na qual para datas que se encontram ultrapassadas, utilizou-se a cor vermelha, com situação EM ATRASO, as que se encontram dentro de um mês, em amarelo na situação EM PREPARAÇÃO e por fim, aquelas que estão além de um mês, na cor verde e na situação EM DIA. Esse parâmetro de um mês para a caracterização EM PREPARAÇÃO também é ajustável a realidade de cada empresa.

Posto isso, foi possível verificar de modo claro e objetivo a fiabilidade da transferência de dados do modelo e para o modelo de modo rápido e preciso.

5. CONCLUSÃO

Neste capítulo apresentam-se as principais conclusões da dissertação e algumas propostas para trabalhos futuros.

5.1 Resultados obtidos

O principal propósito dessa pesquisa assentou na exploração da metodologia BIM associada ao FM, especialmente nos aspectos de operação e manutenção de edificações. Essa necessidade se dá em função da fase de uso concentrar a maior parcela de custos e de tempo consumidos pela edificação ao longo de todo o ciclo de vida.

As várias dimensões do BIM constituem uma mais valia para o setor AEC, e para o caso específico da fase de uso das edificações o BIM- FM permite que a gestão seja feita de forma eficaz e eficiente, culminando numa redução das perdas de informação e numa redução de custos.

Para uma maior efetividade das ações necessárias durante a fase de uso, a participação de todos os intervenientes durante as fases mais iniciais da concepção do projeto tendem a produzir melhores resultados.

Para edifícios existentes, existem várias abordagens do modo de obtenção do modelo BIM. A presente pesquisa optou por efetuar a reconstrução digital da edificação por meio da criação do modelo tal e qual se efetua para edificações novas, possuindo a especificidade de possuir um LOD ajustado às finalidades da modelagem.

De posse de um modelo BIM, ele deve servir como uma base de dados do edifício, contendo as mais variadas referências, de forma organizada e assertiva. Em vista disso, é possível efetuar a sua gestão tendo em conta todos os processos aos quais o edifício foi submetido ao longo dos anos, se toda a informação do edificado estiver registada e acessível.

A escolha dos EFM relacionados ao sistema AVAC tem por finalidade um monitoramento futuro dos equipamentos por parte da empresa, aquando da instalação de sensores que permitirão efetuar a coleta e tratamento dos dados da qualidade do ar interior (temperatura, humidade, CO2 e COV – compostos orgânicos voláteis)

O desenho do indicativo do plano de manutenção com o auxílio do *Microsoft Excel* se deu em virtude de este ser um *software* de ampla aceitação e de manuseio facilitado. Possui um cabeçalho

com informações gerais da edificação avaliada, em seguida os parâmetros, sob a organização de colunas.

Decorrida a fase da modelagem, tendo em conta os parâmetros inseridos no modelo e descritos no plano de manutenção, foi necessário efetuar a edição das famílias dos objetos analisados (Equipamentos Mecânicos do sistema AVAC). Durante a edição das famílias, criou-se um painel indicativo da situação do objeto com a gradação verde, amarelo e vermelho para caracterizar as situações EM DIA, EM PREPARAÇÃO e EM ATRASO, mediante a associação das datas do dia em análise e a data das próximas ações.

Esse painel servirá de elemento visual caracterizador do status dos EFM e de modo fácil e expedito é possível avaliar as ações a serem tomadas pelos responsáveis pela manutenção.

Com os objetos já editados, procedeu-se a criação e experimentação das rotinas de exportação e importação de dados do Revit-Excel e Excel-Revit. Para em seguida serem efetuados os testes, de modo a verificar se os dados constantes dos objetos foram transpostos para o Excel, bem como da importação do Excel para os objetos do modelo.

Uma vantagem no desenho desta metodologia é que a informação pode ser incorporada ao modelo no *Revit* ou inicialmente no *Excel*, ou seja, basta que o responsável pela manutenção atualize a tabela de *Excel*, com os dados referentes à última intervenção que, ao executar o script de importação, o modelo fica automaticamente atualizado, com a informação introduzida a cada um dos objetos individualmente, sem perdas de informação ou incoerências. A forma como a atualização da informação se dará, depende da capacidade organizacional e técnica de cada entidade.

O caso de estudo concentrou-se numa edificação comercial e de porte mediano, todavia tendo em consideração do desenho da metodologia, ela pode sem maiores esforços tecnológicos ou mesmo intelectuais ser adaptada a outras tipologias.

Uma outra constatação é que a metodologia desenvolvida na presente dissertação e as vantagens que a mesma pode oferecer, pode ser empregada de forma independente (open FM) minimizando assim os custos com aquisição e treinamento de um *software* proprietário de FM.

Além dos resultados obtidos nessa pesquisa, vale ressaltar que o mestrando em conjunto com o respetivo tutor, tem já duas publicações aceitas em Congressos Nacionais que versam sobre domínios relacionados com o tema. O primeiro trabalho de título BIM-FM na operação e manutenção de

edificações – Estado da Arte e perspetivas futuras apresentado ao Congresso PTBIM 2020 foi submetido e aceite. Já o segundo de título BIM aplicado às edificações existentes – desafios e oportunidades na gestão de informação, também se encontra no status submetido e aceite. Tais trabalhos ainda não foram publicados devido ao adiamento das datas dos respetivos eventos em virtude da Pandemia COVID-19, como é de conhecimento público.

5.2 Desenvolvimentos futuros

Consistindo esta dissertação o resultado de um tema de pesquisa, é notória a necessidade do desenvolvimento de trabalhos futuros, seja em virtude do aperfeiçoamento das lacunas que poderiam ser preenchidas nessa pesquisa, do maior detalhamento de certos itens ou mesmo por ampliar o universo pesquisado. Esses trabalhos futuros visam a otimização e ampliação da metodologia desenvolvida.

- Métodos de reconstrução digital do patrimônio edificado: O método utilizado nessa pesquisa para a obtenção do modelo BIM, foi o de levantamento manual das dimensões do Edifício Sede da DST e consequente modelagem, no entanto a bibliografia aponta para outras alternativas que podem se apresentar válidas e fiáveis. Uma pesquisa voltada à identificação dos mais variados métodos de reconstrução digital do patrimônio edificado seria de relevante contribuição para o meio acadêmico.
- Plano de manutenção: Embora o trabalho empreendido nessa pesquisa, tenha alcançado os objetivos planejados, entende-se que para um completo monitoramento dos ativos da entidade, a identificação de todos os EFM´s e consequente desenvolvimento do plano de manutenção que contemple a integralidade dos elementos constituintes da edificação poderá ser uma mais valia para os *Facility managers.* A posse de uma base de dados rica, fidedigna, organizada e detalhada para a entidade pode ser útil no que se refere ao conhecimento da eficiência construtiva e operacional dos sistemas de uma edificação.
- Avaliação da metodologia BIM-FM: Um dos componentes do ciclo PDCA (planejar, executar, checar e agir) consiste na conferência das ações empreendidas. O devido acompanhamento dos procedimentos tem a capacidade de verificar se o planeado foi executado integralmente, se as datas foram obedecidas e até mesmo se a aplicação da metodologia está sendo útil para a entidade. A avaliação continuada permite avaliar se as metas são exequíveis e se existem os meios necessários para alcançá-las.

- Sensorização: A instalação de sensores em locais estratégicos das edificações pode contribuir para uma otimização predial. Estudos relacionados com a temática dos sensores associados com a metodologia BIM-FM tem muito a colaborar com a Operação e Manutenção Predial.
- Custos: Uma área gerencial existente em todo tipo de atividade profissional consiste nos custos. A avaliação financeira quanto aos recursos manterias e humanos necessários à aplicação da metodologia bem como a inserção dos parâmetros de custos nos objetos do modelo também enriqueceria as informações disponíveis aos stakeholders.
- Relatórios Gerenciais: o desenvolvimento de um sistema informático próprio que pudesse coletar, armazenar, tratar os dados do plano de manutenção para em seguida apresentar relatórios gerenciais também seria de grande utilidade para a entidade.

BIBLIOGRAFIA

ACCA. (2017). *IFC what's it for? What's its connection with BIM?* http://biblus.accasoftware.com/en/ifc-whats-it-for-whats-its-connection-with-bim/

Ahn, D., & Cha, H. (2014). Integration of Building Maintenance Data in Application of Building Information Modeling (BIM). *Journal of Building Construction and Planning Research*, *02*(02), 166–172. https://doi.org/10.4236/jbcpr.2014.22015

AIA. (2017). *BIM, Standards, and Interoperability*. https://network.aia.org/blogs/brian-mclaren/2017/12/31/bim-standards-and-interoperability

Aliabadi, M. (2013). Evolution of BIM and Integrated Sustainable Design Process (From Hand-drafting to ID technology). *International Conference on Civil Engineering Architecture & Urban Sustainable Development*. https://www.researchgate.net/publication/286620414_Evolution_of_BIM_and_Integrated_Sustainable_Design_Process_From_Hand-drafting_to_ID_technology

Almeida, B. B. de. (2018). *Aplicação do BIM-FM em um edifício retrofit* [Universidade do Porto]. http://hdl.handle.net/10400.22/14291

Antunes, A. R., Santos, R., & Costa, A. A. (2016). Interface para a gestão das instalações. *1º Congresso Português de Building Information Modelling*, 547–557. https://doi.org/10.5281/zenodo.166758

Becerik-Gerber, B., Jazizadeh, F., Li, N., & Calis, G. (2012). Application areas and data requirements for BIM-enabled facilities management. *Journal of Construction Engineering and Management*, *138*(3), 431–442. https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000433

Bedrick, J., & Davis, D. (2012). Aligning LOD, LoD and OEM into a project collaboration framework. *Journal of Building Information Modeling*, *Fall 2012*, 25–26. www.nibs.org

Berg, B. L. (2001). *Qualitative research methods for the social sciences.* (A. & Bacon (ed.)).

BIMForum. (2019). *2019 Level of Development (LOD) Specification*. https://bimforum.org/LOD/

Bosch, A., Volker, L., Koutamanis, A., & Kumaraswamy, M. (2015). BIM in the operations stage: bottlenecks and implications for owners. *Built Environment Project and Asset Management*, *5*(3), 331–343. https://doi.org/10.1108/BEPAM-03-2014-0017

British Standards Institution. (2014). BS 1192-4 : 2014 Collaborative production of information Part 4 : Fulfilling employer' s information exchange requirements using COBie - Code of practice. *British Standards Institution (BSI)*, 58. http://shop.bsigroup.com/forms/BS-1192-4/

BuildingSMART. (2012). *Common BIM Requirements - COBIM*. https://buildingsmart.fi/en/common-bim-requirements-2012/

BuildingSMART. (2018a). *BIM Collaboration Format (BCF) – An Introduction*.

BuildingSMART. (2018b). *What is an MVD?* https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/mvd/

BuildingSMART. (2019a). *BIM Maturity Assessment*. https://www.buildingsmart.org/users/services/bim-maturity-assessment/

BuildingSMART. (2019b). *Technical Resources*. Scope of BuildingSMART Standards. https://technical.buildingsmart.org/

BuildingSMART. (2020a). *Industry Foundation Classes (IFC) - An Introduction*. https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/

BuildingSMART. (2020b). *What is IFC?* Industry Foundation Classes (IFC) - An Introduction. https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc

CBIC. (2016). *VOLUME 01 - Fundamentos BIM : Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras/ Câmara Brasileira da Indústria da Construção.- Brasília: 1*, 124. https://doi.org/10.1021/acs.jpcb.7b01429

Coates, P., Arayici, Y., Koskela, L., Kagioglou, M., Usher, C., & O'Reilly, K. (2010). The key performance indicators of the BIM implementation process. *EG-ICE 2010 - 17th International Workshop on Intelligence Computing in Engineering*, *July*.

Couto, J. P., Dias, W., & Lino, J. C. (2016). Contributo do BIM como suporte das fases de manutenção e operação de edifícios. *1º Congresso Português de Building Information Modelling*, *1*, 589–600. https://doi.org/10.5281/zenodo.166758

Dawood, N., & Kassem, M. (2013). BIM for facility management : a review and a case study investigating the value and challenges. *13th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality*.

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). BIM Handbook: A guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors. In *Construction Economics and Building* (2nd ed.). https://doi.org/10.5130/ajceb.v12i3.2749

ENERTIV. (2020). *What Are Building Operations?* https://www.enertiv.com/resources/faq/what-are-building-operations

Fadahunsi, J. O., Utom, J. A., Ochim, M. R., Ayedun, C. A., & Oloke, O. C. (2019). Benefits of the Adoption of Facilities Management Practices in Tertiary Institutions: A Case Study of Covenant University. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *640*(1). https://doi.org/10.1088/1757-899X/640/1/012032

Gaspar, J. A. da M., & Ruschel, R. C. (2017). *A evolução do significado atribuído ao acrônimo BIM: Uma perspectiva no tempo*. *December*, 423–430. https://doi.org/10.5151/sigradi2017-067

Gomes, A. B. de A. V. (2017). *O Facility Management Aplicado à Gestão de Edifícios* [Instituto Superior de Engenharia de Lisboa]. https://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/8327/1/Dissertação.pdf

GSA. (2017). *Building Operations*. Federal High-Performance Buildings. https://www.gsa.gov/governmentwide-initiatives/federal-highperformance-buildings/resource-library/building-operations

Gu, N., Singh, V., London, K., Brankovic, L., & Taylor, C. (2008). Adopting Building Information Modeling (BIM) as Collaboration Platform in the Design Industry. *CAADRIA 2008*, 53–60. https://www.researchgate.net/publication/30870455_Adopting_Building_Information_Modeling_BIM_as_Collaboration_Platform_in_the_Design_Industry

Guimarães, G. B. (2018). *Desenvolvimento de sistema de indicadores para a gestão da manutenção de edifício público*. 111. https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/8688/5/Dissertação - Gedson Barros Guimarães - 2018.pdf

Henderson, R. M., & Clark, K. B. (1990). Architectural Innovation: The Reconfiguration of Existing Product Technologies and the Failure of Established Firms. *Administrative Science Quarterly*, *35*(1), 9. https://doi.org/10.2307/2393549

Ibrahim, K. F. (2016). BIM for FM : Input versus Output data. *33rd CIB W78 Conference*, *November*.

Ikediashi, D. I., & Odesola, I. A. (2016). Facilities management outsourcing: theoretical trends and evidence from practice in Nigeria and United Kingdom. *International Journal of Strategic Property Management*, *20*(2), 207–219. https://doi.org/10.3846/1648715X.2015.1132789

IPQ. (2007). *NP EN 13306 - Terminologia da manutenção*.

Kale, N. N., Joshi, D., & Menon, R. (2016). Life cycle cost analysis of commercial buildings with energy efficient approach. *Perspectives in Science*, *8*, 452–454. https://doi.org/10.1016/j.pisc.2016.04.102

Kiviniemi, A., & Codinhoto, R. (2014). Challenges in the implementation of BIM for FM - Case manchester town hall complex. *Computing in Civil and Building Engineering - Proceedings of the 2014 International Conference on Computing in Civil and Building Engineering*, *June 2014*, 665–672. https://doi.org/10.1061/9780784413616.083

Klipfolio. (2018). *Key Performance Indicator (KPI) Definition*. Measure Your Performance against Key Business Objectives. https://www.klipfolio.com/resources/articles/what-is-a-key-performance-indicator

Lavy, S., Garcia, J. A., & Dixit, M. K. (2014). KPIs for facility's performance assessment, Part I: Identification and categorization of core indicators. *Facilities*, *32*(5), 256–274. https://doi.org/10.1108/F-09-2012-0066

Lee, A., Wu, S., Marshall-Ponting, A., Aouad, G., Cooper, R. F. D., Abbott, C., & Tah, J. H. M. (2005). Developing a Vision of nD-Enabled Construction. In *Construct IT Centre of Excellence, University of Salford.* (Issue January). https://www.researchgate.net/publication/262910963_Developing_a_vision_of_nD-enabled_construction

Leite, C. L. A. (2009). *Estrutura de um plano de manutenção de edifícios habitacionais* [Universidade do Porto]. https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/58244/1/000141241.pdf

Linda, T., & Ooi, J. T. L. (2001). Facilities management: a "Jack of all trades"? [MCB UP Ltd]. In O. J. T.L. (Ed.), *Facilities* (Vol. 19, Issue 10). https://doi.org/10.1108/EUM0000000005534

Lok, K. L., Opoku, A., & Baldry, D. (2018). Design of sustainable outsourcing services for facilities management: Critical success factors. *Sustainability (Switzerland)*, *10*(7), 1–15. https://doi.org/10.3390/su10072292

Marinho, A. J. C. (2014). *Aplicação do Building Information Modeling na gestão de projetos de construção*. Universidade do Minho.

Marmo, R., Nicolella, M., Polverino, F., & Tibaut, A. (2019). A methodology for a performance information model to support facility management. *Sustainability (Switzerland)*, *11*(24), 1–25. https://doi.org/10.3390/su11247007

Martins, J. P. da S. P. (2009). Modelação do Fluxo de Informação no Processo de Construção. In *Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto para a*

obtenção do grau de Doutor em Engenharia Civil. Universidade do Porto.

McArthur, J. J. (2015). A Building Information Management (BIM) Framework and Supporting Case Study for Existing Building Operations, Maintenance and Sustainability. *Procedia Engineering*, *118*, 1104–1111. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.450

McPhee, A. (2013). *What is this thing called LOD*. Practical Tips on Making BIM Work. http://practicalbim.blogspot.com/2013/03/what-is-this-thing-called-lod.html

Mohammed, A. H., Nor, N. A. M., & Baung Alias. (2014). Facility Management History and Evolution. *International Journal of Facility Management (IJFM)*, *5*(1). https://www.academia.edu/9962414/Facility_Management_History_and_Evolution

Moreira, J. P. B. F. (2010). *Manutenção preventiva de edifícios - Proposta de um modelo empresarial* [Universidade do Porto]. https://hdl.handle.net/10216/58244

Moreira, P. M. B. (2018). *Integração do BIM na Gestão de Projetos de Edifícios* [Universidade de Aveiro]. http://hdl.handle.net/10773/25377

Mota, J. L. F. dos S. (2016). *Metodologia BIM-FM : Caso de Estudo Aplicado À Piscina Municipal de Vila Meã* [Instituto Superior de Engenharia do Porto]. http://hdl.handle.net/10400.22/9956

Neto, R. da S. N. (2014). *O projeto da produção de formas para estrutura de concreto armado incorporando bim* [Universidade Estadual de Campinas]. http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/257953

Oliveira, F. S. M. de. (2019). *Plano de Corte Otimizado para Cofragens em Contraplacado*. Universidade do Minho.

Oliveira, M. M. F. de, Tavares, A. F., & Mortoni Silva, M. A. (2019). Análise do ciclo de vida (LCA) aplicada à estrutura sustentável em projeto residencial. *61º Congresso Brasileiro Do Concreto - CBC2019*, 1–16.

Pärn, E. A., Edwards, D. J., & Sing, M. C. P. (2017). The building information modelling trajectory in facilities management: A review. *Automation in Construction*, *75*(March), 45–55. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.12.003

Parsanezhad, P., & Dimyadi, J. (2014). Effective facility management and operations via a BIM-based integrated information system. *CIB Facilities Management*, 1–22. https://doi.org/10.13140/2.1.2298.9764

Pina, H., Mota, P., Rodrigues, H., & Rodrigues, F. (2016). Rentabilização da gestão de ativos de infraestruturas através do BIM. *1º Congresso Português de Bulding Information Modelling*, *1*, 579–588. https://doi.org/10.5281/zenodo.166758

Pinho, F. A. A. (2015). *Norma BIM Portuguesa* [Universidade de Coimbra]. http://hdl.handle.net/10316/38575

Raposo, S. (2011). *A gestão da manutenção em edifícios públicos, modelo e definição de estratégias para uma intervenção sustentável*. Instituto Superior Técnico.

Raposo, S. (2012). *A Gestão da manutenção de edifícios - Uma introdução ao tema. Apresentação em Sessões técnicas do departamento de edifícios.*

Ribeiro, I. Q. T. (2016). *Plano de Manutenção de Edifícios - Análise de Guia Orientador* [Universidade do Porto]. https://doi.org/https://hdl.handle.net/10216/98961

Rodas, I. A. R. de F. (2015). *Aplicação da metodologia BIM na gestão de edifícios* [Universidade

do Porto]. https://hdl.handle.net/10216/79657

Rodrigues, R. C. (1989). *Manutenção de Edifícios - Análise e exploração de um banco de dados sobre um parque habitacional* [Universidade do Porto]. https://hdl.handle.net/10216/12105

Rodrigues, R. C. (2001). *Gestão de edifícios - Modelo de simulação técnico económica* [Universidade do Porto]. https://hdl.handle.net/10216/11055

Sá, J. P. V. P. D. de. (2016). *Facility Management: a componente da Manutenção de Edifícios* [Universidade do Porto]. https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/89101/2/138959.pdf

Sacks, R., Eastman, C., Lee, G., & Teicholz, P. (2018). *A Guide to Building Information Modeling for owners, designers, engineers, contractors, and facility managers*.

Sacks, R., Koskela, L., Dave, B. A., & Owen, R. (2010). Interaction of Lean and Building Information Modeling in Construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, *136*(9), 968–980. https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0000203

Saunders, M., Lewis, P., & AdrianTornhill. (2016). *Research methods for business students* (seventh).

Silva, D. B., Pinto-Faria, J., & Lino, J. C. (2016). Implementação da metodologia BIM-FM a uma unidade desportiva - piscina olímpica. *1º Congresso Português de Building Information Modelling*, *1*, 559–566. https://doi.org/10.5281/zenodo.166758

Silva, D. M. B. (2017). *Implementação da metodologia BIM-FM a uma unidade desportiva - Complexo de piscinas de Campanhã* [Instituto Superior de Engenharia do Porto]. https://doi.org/10.5281/zenodo.166758

Silva, V. C. e, & Soares, I. (2003). A Revisão dos projectos como forma de reduzir os custos da construção e os encargos da manutenção de edifícios. *3º ENCORE - Encontro Sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios - LNEC*, 1347–1354.

Soares, J. D. R. T. (2013). *A metodologia BIM-FM aplicada a um caso prático. Relatório de Estágio para obtenção de Grau de Mestre em Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia do Porto*.

Sousa, A. L. R. (2016). *Aplicação da Metodologia BIM-FM a um caso prático* [Instituto Superior de Engenharia do Porto]. http://hdl.handle.net/10400.22/10827

Sousa, L. H. C. H. (2015). *#BIM*. https://hashtagbim.wordpress.com/2015/10/12/bim-do-3d-ao-7d/

Succar, B. (2009). Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. In *Automation in Construction* (Vol. 18, Issue 3). Elsevier B.V. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003

Tavares, A. da C. (2009). Gestão de Edifícios - Informação Comportamental [Faculdade de Engenharia - Universidade do Porto]. In *Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto*. https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/60137/1/000135490.pdf

Tavares, E. B. (2019). *Gestão do património edificado com recurso ao BIM*. Universidade do Aveiro.

Taylor, J. E., & Levitt, R. E. (2005). Inter-organizational knowledge flow and innovation diffusion in project-based industries. *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on*

System Sciences, *00*(C), 247. https://doi.org/10.1109/hicss.2005.334

Terreno, S., Asadi, S., & Anumba, C. (2019). An Exploration of Synergies between Lean Concepts and BIM in FM : A Review and Directions for future research. *Buildings*, *9*, 28. https://doi.org/10.3390/buildings9060147

Thein, V. (2011). *Industry Foundation Classes (IFC) - BIM Interoperability Through a Vendor-Independent File Format*. A Bentley White Paper. http://consultaec.com.au/consultaec/wp-content/uploads/2014/07/WP_IFC.pdf

Venâncio, M. J. L. (2015). *Avaliação da Implementação de BIM em Portugal* [Universidade do Porto]. https://hdl.handle.net/10216/79329

Vetrakova, M., Potkáni, M., & Hitka, M. (2013). Outsourcing of facility management. *Ekonomika a Management*, *16*(1), 80–92. https://www.researchgate.net/publication/286204140_Outsourcing_of_facility_management/citation/download

Volk, R., Stengel, J., & Schultmann, F. (2014). Building Information Modeling (BIM) for existing buildings - Literature review and future needs. *Automation in Construction*, *38*, 109–127. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.10.023

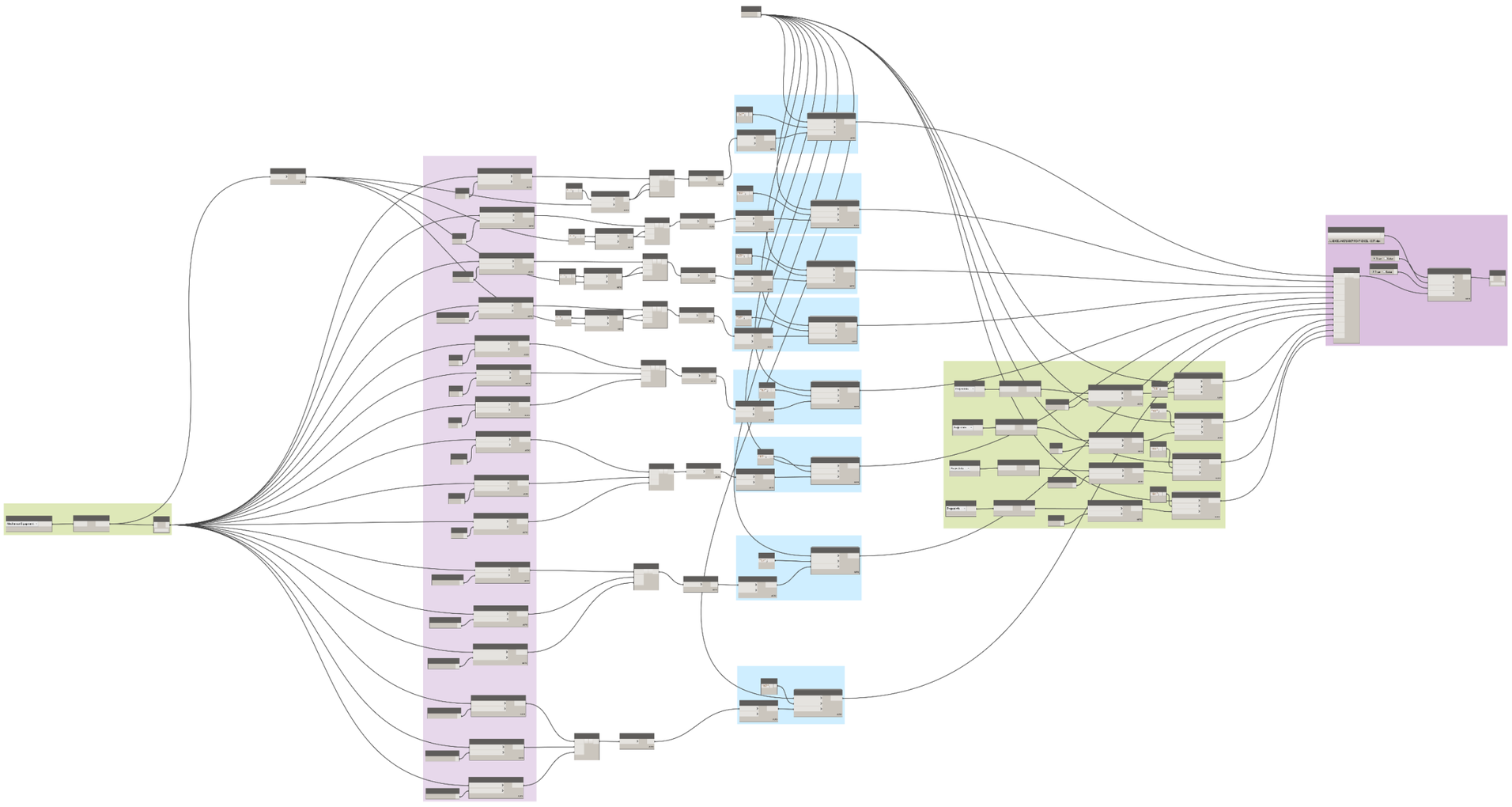
Weise, A. D., Schultz, C. A., & da Rocha, R. A. (2011). Facility Management: contextualização e desenvolvimento. *11ª Conferência Internacional - LARES*. https://doi.org/10.15396/lares-2011-543-738-1-rv

Weise, A. D., Schultz, C. A., Trierweiller, A. C., Rocha, R. A. da, & Peixe, B. C. S. (2014). The combined use of business management with facility management as an option for intelligent building. *Independent Journal of Management & Production*, *5*(1), 65–82. https://doi.org/10.14807/ijmp.v5i1.120

Zawawi, Z. A., Khalid, M. K. A., Ahmad, N. A., Zahari, N. F., & Salim, N. A. A. (2016). Operation and Maintenance in Facilities Management Practices: A Gap Analysis in Malaysia. *MATEC Web of Conferences*, *66*. https://doi.org/10.1051/matecconf/20166600116

ANEXOS

Anexo 1 - Rotina *Dynamo* (Revit – Excel)



Anexo 2 - Rotina *Dynamo* (Excel – Revit)

