RAFAEL RAMALHO DE SOUZA SILVA

Contribuição do *Building Information Modeling* ao *Facilities Management* em Instituições de Ensino Superior

SÃO PAULO
(2020)

RAFAEL RAMALHO DE SOUZA SILVA

Contribuição do *Building Information Modeling* ao *Facilities Management* em Instituições de Ensino Superior

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Mestre em
Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Leal Ferreira

SÃO PAULO
(2020)

RAFAEL RAMALHO DE SOUZA SILVA

Contribuição do *Building Information Modeling* ao *Facilities Management* em Instituições de Ensino Superior

Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Área de Concentração: BIM (*Building Information Modeling*)

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Leal Ferreira

SÃO PAULO

(2020)

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Este exemplar foi revisado e corrigido em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, _____ de _____ de _____

Assinatura do autor: _____

Assinatura do orientador: _____

Catálogo-na-publicação

SILVA, RAFAEL

Contribuição do Building Information Modeling ao Facilities Management em Instituições de Ensino Superior / R. SILVA -- versão corr. -- São Paulo, 2020.

106 p.

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

1.Building Information Modeling 2.Facilities Management 3.Instituições de Ensino Superior I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil II.t.

À minha esposa, à minha filha
e aos meus pais. Nada disso
seria possível sem vocês.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus por permitir que sua vontade seja também a minha e me dar forças para ser motivo de orgulho às pessoas mais importantes da minha vida.

À minha esposa Cristiane, pela paciência e compreensão durante todo o desenvolvimento deste trabalho. Sem você por perto, eu não conseguiria. E, além disso, por me dar o melhor presente da minha vida: nossa filha.

Aos meus pais, Dimas e Lucineide, que sempre me apoiaram e acreditaram e mim, dedicando suas vidas para que eu pudesse realizar esse e tantos outros sonhos. Vocês são o maior exemplo que tenho na vida.

Aos meus sogros, José e Socorro, pelo imenso amor e carinho que sempre recebi.

Aos meus cunhados, Djefle e Taís, e primos, Erica, Izaias, Bruno e Jaqueline. A vida não me permitiu ter irmãos biológicos, mas Deus me presenteou com vocês.

Aos colegas do Núcleo Interdisciplinar de Professores, muito obrigado pelo incentivo quando havia desânimo, pela ajuda quando não havia forças e pelo apoio em todos os momentos.

Ao meu orientador Prof.^o Dr. Sérgio Leal Ferreira, meu muito obrigado por todos os momentos de aprendizado, motivação e conselhos. Não tenho palavras para agradecê-lo por tudo que aprendi nesses três anos do programa.

Ao Fabio Camanho, em nome de toda equipe de *Facilities* da FAAP, por ter colaborado com a construção desse trabalho, fornecendo informações cruciais para a pesquisa.

“Se, a princípio, a ideia não é absurda,
então não há esperança para ela”
(Albert Einstein)

RESUMO

A Modelagem da Informação da Construção (do inglês *Building Information Modeling*, BIM) é um paradigma que vem se estabelecendo dentro do cenário da indústria da construção civil brasileira. Práticas de *Facilities Management* (FM) são importantes para garantirem condições de operação e permitirem controle de manutenção, gerando informações úteis para gestores de edificações embasarem suas decisões. Neste contexto, a associação dos processos BIM com práticas de *Facilities Management* oferece a possibilidade de novos e melhores fluxos de trabalho.

A aplicação de processos BIM junto às práticas de *Facilities Management* pode também auxiliar as Instituições de Ensino Superior no gerenciamento de suas instalações, promovendo o gerenciamento de seus ativos em função dos requisitos de uso dentro de seus ambientes, como salas de aulas, laboratórios, auditórios e áreas de uso comum a professores, alunos e funcionários.

Como forma de contribuir para alcançar este auxílio, foi realizada uma pesquisa baseada no *Design Science Research* (DSR). A opção pelo método de pesquisa foi devida ao seu direcionamento à solução de problemas, com o objetivo de compreender as necessidades do mundo real e propor meios para alcançar resultados. Desse modo, o conhecimento da área cresce, atingindo um nível de satisfação compatível com os recursos disponíveis para a pesquisa.

Como resultado, obteve-se um Projeto de Solução que consistiu em uma proposição de integração entre um modelo BIM com práticas de FM de uma IES. O processo de validação foi realizado em duas etapas: primeiro, a partir de uma intervenção em serviços que já estavam em andamento na instituição; e, segundo, a partir da simulação de processos relativos aos itens e serviços estudados. A avaliação assegurou a aderência dos processos e a aplicabilidade do Projeto de Solução desenvolvido, tornando as tarefas mais fáceis de serem executadas e com maior precisão dos dados levantados, o que favoreceu bastante o trabalho dos departamentos envolvidos em processos de compra e manutenção predial.

Palavras-chave: Building Information Modeling (BIM). Facilities Management (FM). Instituições de Ensino Superior (IES).

ABSTRACT

Construction Information Modeling (BIM) is a paradigm that has been established within the Brazilian construction industry scenario. Facilities Management (FM) practices are important to ensure operating conditions and allow maintenance control, generating useful information for building managers to support their decisions. In this context, the association of BIM processes with Facilities Management practices offers the possibility of new and better workflows.

The application of BIM processes along with Facilities Management practices can also assist Higher Education Institutions in managing their facilities, promoting the management of their assets according to the requirements of use within their environments, such as classrooms, laboratories, auditoriums and areas of common use to teachers, students and staff. To achieve this goal, we chose to do a research based on Design Science Research (DSR). This is a research method aimed at solving problems, with the aim of understanding the needs of the real world and proposing ways to achieve results so that the knowledge of the area grows, reaching a level of satisfaction compatible with the resources available for research. .

As a result of the application of this research methodology, a Solution Project was obtained that consisted of proposing a way to subsidize the integration between a BIM model with FM practices from an HEI. The validation process was carried out in two stages: first, based on an intervention in services that were already underway at the institution; and, second, from the simulation of processes related to the studied items and services. The evaluation ensured the adherence of the processes and the applicability of the developed Solution Project, making the tasks easier to be performed and with better accuracy of the data collected for the departments involved in building purchase and maintenance processes.

Key-words: Building Information Modeling (BIM). Facilities Management (FM). Higher Education Institutions (HEI).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Universidades que aplicam práticas de FM	18
Figura 2. Visão geral do processo COBie.....	27
Figura 3. Ciclo para resolução de problemas	42
Figura 4. Exemplo de rotina de programação criada no Dynamo.....	46
Figura 5. Campus FAAP São Paulo	48
Figura 6. Imagem da planta baixa do térreo e do primeiro pavimento do Prédio 3.....	52
Figura 7. Processo de manutenção dos projetores	56
Figura 8. Processo de manutenção para pintura	59
Figura 9. Processos do Plano de Ação.....	60
Figura 10. Processo de manutenção para luminárias.....	63
Figura 11. Modelo BIM do Prédio 3 do campus FAAP	65
Figura 12. Modelo BIM de uma sala de aula da FAAP	66
Figura 13. Vista em planta e 3D do primeiro andar do Prédio 3	67
Figura 14. Janela de edição de Paredes (Revit).....	70
Figura 15. Estrutura da rotina de programação para extração quantidades de paredes por ambiente no Autodesk Revit	72
Figura 16. Rotinas Dynamo para seleção das salas e das paredes de cada sala.....	73
Figura 17. Nó Room.Boundaries	74
Figura 18. Nó List.FilterByBoolMask.....	75
Figura 19. Inserção do número da sala nos elementos Paredes.....	76
Figura 20. Sólido volumoso criado no Dynamo a partir das informações geométricas dos elementos no Revit	76
Figura 21. Nó Element.SetParameterByName	77
Figura 22. Seleção dos parâmetros gerais das paredes	78
Figura 23. Nó Element.GetParameterValueByName.....	79
Figura 24. Levantamento da quantidade dos materiais em uma parede	79
Figura 25. Parâmetros do objeto projetor no Autodesk Revit	80
Figura 26. Estrutura da rotina Dynamo para extração das informações de projetores	82

Figura 27. Informações da sala	83
Figura 28. Informações relacionadas aos projetores	84
Figura 29. Nó Element.GetParameterValueByName.....	85
Figura 30. Nós de cálculo do tempo útil restante para um projetor	85
Figura 31. Nós TimeSpan.ByDateDifference e TimeSpan.TotalDays.....	86
Figura 32. Nós de compilação e exportação das informações dos projetores	87
Figura 33. Modelo BIM destacando (em amarelo) os espaços antes ocupados pelas coordenações dos cursos de economia e engenharia	89
Figura 34. Informações dos projetores extraídas do modelo BIM	92

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AECO	Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação
AIA	American Institute of Architects
API	Application Programming Interface (Interface de Programação de Aplicações)
BIM	Building Information Modeling (Modelagem da Informação da Construção)
BKM	Building Knowledge Modeling
CBR	Case-based reasoning
CENIN	Centro de Informática
CICRP	Computer Integrated Construction Research
CMMS	Computerized Maintenance Management Systems
COBie	Construction – Operations Building Information Exchange
COTS	Comercial Off-the-Shelf
CSV	Comma-separated values
DSR	Design Science Research
FAAP	Fundação Armando Álvares Penteado
FIC	Facility Information Council
FM	Facilities Management
FMVAS	Facilities Management Visual Analytics System
GSA	General Services Administration
IES	Instituição de Ensino Superior
IFC	Industry Foundation Classes
LOD	Level of Development
MAB	Museu de Arte Brasileira
NBIMS	National BIM Standard United States
NIBS	National Institute of Building Sciences
NIST	National Institute of Standards and Technology
NSAI	The National Standards Authority of Ireland
USC	University of Southern California

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Universidades e as principais aplicações de BIM com Facilities Management	35
Quadro 2. Informações das paredes extraídas do modelo BIM.....	91

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
1.1	Justificativa	16
1.2	Objetivos.....	19
1.3	Objeto	20
2	REFERÊNCIAL TEÓRICO	21
2.1	Building Information Modeling.....	21
2.1.1	Nível de Desenvolvimento	23
2.1.2	Base de dados COBie	25
2.2	Facilities Management.....	28
2.2.1	Conceitos e Definições	28
2.2.2	Indicadores de Facilities Management	29
2.3	Métodos de Gestão da Manutenção com auxílio do BIM	31
2.3.1	Método proposto por Motamedi, Hammad e Asen	31
2.3.2	Método proposto por Thabet, Lucas e Johnston.....	32
2.3.3	Outros métodos propostos para FM-BIM.....	33
2.4	Abordagens de processos BIM e Facilities Management em Instituições de Ensino Superior.....	34
3	MÉTODO DE PESQUISA.....	38
3.1	Aplicação da Design Science Research	38
3.2	Método de Condução.....	41
3.3	Softwares utilizados	44
3.3.1	Autodesk Revit.....	44
3.3.2	Dynamo	45
4	IMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODO.....	47

4.1	Caracterização do Objeto	47
4.2	Descrição do Campus da IES	48
4.3	Definição do Problema.....	49
4.3.1	Manutenção de projetores	54
4.3.2	Manutenção de pinturas	58
4.3.3	Manutenção de luminárias.....	62
4.4	Análises e Diagnósticos.....	65
4.5	Projeto de Solução	69
4.5.1	Rotina Dynamo para extração de informações das paredes	70
4.5.1.1	Seleção das salas e das paredes de cada sala.....	72
4.5.1.2	Inserção do número da sala nos elementos Paredes.....	75
4.5.1.3	Seleção dos parâmetros gerais das paredes	78
4.5.1.4	Levantamento da quantidade dos materiais em uma parede	79
4.5.2	Rotinas Dynamo para manutenção de projetores.....	80
4.5.2.1	Informações da sala	82
4.5.2.2	Informações relacionadas aos projetores	83
4.5.2.3	Compilação e exportação	86
4.6	Intervenção	87
4.7	Aprendizagem e Avaliação	93
5	CONCLUSÃO.....	96
	REFERÊNCIAS.....	99

1 INTRODUÇÃO

O projeto e a construção de uma edificação representam duas fases principais de seu ciclo de vida. O êxito no avanço destas fases está vinculado à capacidade de compatibilizar diferentes tipos de informações inerentes aos elementos envolvidos no processo.

Neste sentido, o progresso de uma obra envolve diversas variáveis, como informações sobre especificações técnicas dos materiais, sobre custos de mão de obra, sobre o tempo de execução, sobre a compatibilização de instalações, sobre a gestão de canteiro, etc. Elas precisam ser gerenciadas, por vezes, simultaneamente. A quantidade de informações concebidas ao longo das fases do projeto e da construção da edificação é consideravelmente volumosa e apresenta possibilidades de utilização nas fases subsequentes.

Após o comissionamento¹ de uma edificação, inicia-se a fase de operação e manutenção. Nesta fase, diversas informações geradas anteriormente podem ser utilizadas para auxiliar as tomadas de decisão com relação ao uso eficiente da edificação. Quando a troca de informações ao longo de todo o processo é efetuada de maneira otimizada, eliminando duplicidade de dados durante a fase de projeto e incongruências entre os elementos projetados e os construídos, prepara-se o caminho para uma efetiva utilização na fase de operação.

Os padrões atuais para representações de projetos ainda são usualmente bidimensionais — distantes de uma ambientação tridimensional — que não

¹ Comissionamento é aqui definido como o processo de garantir que os sistemas e os componentes de uma edificação (ou unidade industrial) estejam projetados, instalados, testados e mantidos em conformidade com as necessidades e requisitos operacionais do proprietário (MILHEIRO; SANTOS; PACHECO, 2013).

estabelecem correlações com parâmetros de valores qualitativos e quantitativos, não permitindo tomadas de decisões efetivas para a edificação (ATTAR et al., 2010). Apesar disso, em função do surgimento de ferramentas 3D elaboradas e enriquecidas com dados utilizados ao longo de todas as fases de desenvolvimento de um empreendimento, torna-se atrativa a possibilidade de utilização destes dados em sistemas de monitoramento de uma edificação (ISIKDAG, 2015).

Eastman et al. (2014) entendem o *Building Information Modeling* (BIM) ou a Modelagem da Informação da Construção como uma nova abordagem para todas as fases do ciclo de vida de um empreendimento, de modo que a representação digital do processo de construção é utilizada como mecanismo para facilitar a troca de informações em formato digital. Assim, um modelo BIM apresenta a capacidade de agregar objetos e seus parâmetros (incluindo valores qualitativos e quantitativos), permitindo a utilização destas informações ao longo do desenvolvimento do projeto, construção, operação e manutenção de uma edificação.

De acordo com a *International Facility Management Association* (2018), *Facilities Management* (FM) ou Gestão de Facilidades é uma atividade que abrange várias disciplinas e que tem como objetivo garantir a funcionalidade, o conforto, a segurança e a eficiência do ambiente construído, integrando pessoas, local, processos e tecnologia.

Neste contexto, percebe-se um crescente interesse na aplicação de BIM em *Facilities Management* para o gerenciamento de informações da construção, que sejam consistentes e computáveis, desde a concepção, passando pela construção, até a fase de manutenção e operação de uma edificação. Além das informações possíveis de serem obtidas através da utilização de um modelo BIM por meio de avançados recursos de visualização e análise, é possível aplicar práticas de *Facilities Management* voltadas para o gerenciamento de espaços, energia e ativos, por exemplo (LEE; AN; YU, 2012).

Instituições de Ensino Superior (IES) possuem edificações com um alto nível de operação e, conseqüentemente, manutenção. A interação de alunos e

professores com o meio também é significativa, principalmente quando se consideram as movimentações e atuações destes indivíduos ao longo do semestre. Neste cenário, os responsáveis por questões relacionadas à segurança, limpeza e manutenção dos espaços precisam estar amparados por ferramentas que auxiliem no gerenciamento da edificação, provendo dados relevantes para as atividades que deverão ser desempenhadas.

A Modelagem da Informação da Construção e o *Facilities Management* podem ser também entendidos como abordagens metodológicas a serem exploradas como alternativas para auxiliar na solução de questões relacionadas à melhor utilização dos espaços institucionais, controle da limpeza, segurança e gestão patrimonial. Assim, a delimitação de um escopo de aplicação, a partir de práticas relacionadas à *Facilities Management*, associado com a utilização de um modelo BIM voltado para questões relativas à operação e manutenção de uma edificação em uma IES é o eixo de estudo que este trabalho aborda.

1.1 JUSTIFICATIVA

A possibilidade de ganhos e benefícios diretamente vinculados à fase de operação, quando práticas de *Facilities Management* são utilizadas em conjunto com modelos BIM, impulsionam as partes responsáveis pelo gerenciamento de uma edificação ao decidirem pela utilização destes novos processos (LEE; AN; YU, 2012).

Becerik-Gerber et al. (2012), apresentam as seguintes áreas de aplicação para implementação de *Facilities Management* com BIM: localização de componentes da edificação, facilitação do acesso à dados em tempo real, visualização e *marketing*, verificação de manutenção, criação e atualização digital de ativos, gerenciamento de espaços, estudos de planejamento e viabilidade de recursos, gerenciamento de emergências, controle e monitoramento de energia e treinamento e desenvolvimento pessoal. Esta compilação foi resultado da aplicação de uma pesquisa *on-line*, distribuída à profissionais de *Facilities Management* da indústria da construção para determinar o nível de interesse e experiência do setor

da construção e do círculo acadêmico em relação ao uso de BIM em FM. Os objetivos específicos desta pesquisa se concentraram na exploração do status de implementação BIM em FM, na configuração de exemplos e usos dentro do escopo de *Facilities Management* e na promoção de dados e um conjunto de processos para planejamento de recursos (BECERIK-GERBER et al., 2012).

Edificações em um campus de uma Instituição de Ensino Superior apresentam características similares às edificações verticais convencionais, porém a operação de seus espaços é, em geral, mais intensa. Rotinas acadêmicas, serviços de limpeza, segurança dos espaços e eventos educacionais requerem uma dinâmica gerencial focada, em muitos casos, em setores particulares. As abordagens direcionadas às especificidades de uma IES serão detalhadas no espectro do objeto de estudo no Capítulo 4.1 – Caracterização do Objeto.

A utilização de um modelo BIM como meio de centralizar as informações dos objetos pertencentes à uma edificação, que possibilita novas formas de visualização e mecanismos de análise, oferece um novo paradigma tanto para construções a serem realizadas como também para edificações existentes.

A Figura 1 apresenta um quadro com informações sobre universidades que aplicam práticas de *Facilities Management* associadas a um modelo BIM. Dentre os benefícios observados na integração BIM-FM, segundo as condições e necessidades de cada uma das instituições apontadas, a redução de custos operacionais, a gestão patrimonial, o inventário detalhado e a gestão da manutenção são pontos que sobressaem.

Figura 1. Universidades que aplicam práticas de FM

Universidade	Localização
Centro Universitário FEVALE	Novo Hamburgo, RS – BR
Xavier University	Ohio – EUA
Indiana University	Indiana – EUA
Georgia Institute of Technology	Georgia – EUA
University of Chicago	Illinois – EUA
Health Science Center	Texas – EUA
USC School of Cinematic Arts	California - EUA

Fonte: elaborado pelo autor, com base em Teles (2016), em sites das universidades e de fornecedores de software.

Se comparado às áreas de aplicação para implementação de *Facilities Management* em conjunto com BIM, levantadas por Becerik-Gerber et al. (2012), questões como: localização de componentes da edificação, facilitação do acesso à dados em tempo real, visualização e *marketing*, verificação de manutenção, e criação e atualização digital de ativos destacam-se das demais.

O modelo BIM pode então ser de grande valor, em função das suas características de acesso à informação eficaz, permitindo que os dados possam ser mapeados e catalogados para serem utilizados de forma imediata nas mais diversas atividades relacionadas à gestão da edificação. Além disso, facilita as tarefas do gestor da edificação devido à maior confiabilidade das informações contidas em sua base de dados e visualizações integradas à diversos sistemas, de modo que, como já citado, é possível atingir a informação de forma mais rápida e precisa (ANDRADE, 2014; TELES, 2016).

A aplicação de práticas de *Facilities Management* ao BIM, requer a existência de uma troca eficiente de informações entre as ferramentas utilizadas durante o processo. Entre a lista dos requisitos para o BIM em processos que envolvam FM estabelecidos pela *Genral Services Administration* (GSA) (2011) estão arquivos compatíveis COBie. De acordo com East e Mangual (2019), em 2007 o

NBIMS² (*National BIM Standard United States*) deu início a uma pesquisa cujo objetivo foi identificar os atributos de materiais, produtos e equipamentos: o *Construction – Operations Building Information Exchange* (COBie) ou formato para troca de informações entre os agentes da construção e operação da edificação. Com o uso desse formato de arquivo, propõe-se uma nova maneira para que projetistas e empreiteiros forneçam diretamente dados sobre as operações dos sistemas prediais e sobre a manutenção e o gerenciamento de ativos, de modo que sejam inseridas ao modelo assim que os elementos sejam criados. Além dos dados serem capturados durante o processo de projeto e construção, é possível salvar dados de projetos de renovação de uma edificação (BECERIK-GERBER et al., 2012; TELES, 2016).

A troca de informações passa a ter um padrão, que estabelece diretrizes e funcionalidades básicas para visualização, desempenho e operação de objetos em modelos BIM, de modo que atendam às exigências primárias dos responsáveis pelo gerenciamento da edificação.

A partir de padrões de troca de informações estabelecidos, de um modelo BIM e do mapeamento das áreas de aplicação para *Facilities Management*, procedeu-se, segundo a ótica de uma IES, o estudo de como essas relações podem ser empregadas para solucionar questões relativas à operação e manutenção de uma edificação em um campus universitário.

1.2 OBJETIVOS

O presente trabalho tem por objeto geral analisar os problemas relacionados à operação e manutenção da edificação de uma Instituição de Ensino Superior e, a partir de práticas de *Facilities Management* associado a um modelo BIM, propor um processo capaz de auxiliar de forma viável e satisfatória o gerenciamento dos ativos e a manutenção das edificações do campus.

² NBIMS é uma comissão do *National Institute of Building Science* (NIBS) e *Facility Information Council* (FIC).

Para se alcançar tal proposição, os seguintes objetivos específicos foram formulados:

- Estabelecer critérios que ajudem a criar um cenário focado em uma edificação do campus suficientemente representativa, de modo que, posteriormente, seja possível generalizar para empreender a aplicação em outras unidades;
- Mapear atividades críticas relativas à operação e manutenção de uma IES, principalmente aquelas que se relacionam com tarefas de rotina na edificação;
- Desenvolver e descrever as particularidades de um modelo BIM da edificação da IES preparado para viabilizar o desenvolvimento posterior dos processos FM a partir dele;
- Identificar aplicações de FM que estejam em conformidade com as necessidades estabelecidas pela IES e a viabilidade de implementação;

1.3 OBJETO

O presente trabalho tem por objeto de estudo a Faculdade Armando Álvares Penteado (FAAP), mais especificamente, as aplicações relacionadas ao BIM com práticas de *Facilities Management* que, em função das necessidades operacionais de uma das edificações do campus, sejam evidenciadas através da observação local, levantamento documental e relatadas pelos responsáveis pela gestão do campus.

O campus São Paulo da FAAP é constituído por cinco edificações que, além de comportar as aulas dos cursos de graduação, suportam os cursos de extensão, os cursos livres, de pós-graduação *lato sensu*, o Colégio FAAP, o Museu de Arte Brasileira (MAB), dentre outras funções. O presente trabalho ocupa-se em estudar a modo de protótipo o Prédio 3 que abriga uma das maiores utilizações do campus ao longo do semestre e que apresenta complexidade representativa para uma futura generalização do processo.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, iniciaremos apresentando os conceitos e definições que envolvem os principais temas abordados ao longo deste trabalho, como *Building Information Modeling* (BIM) e *Facilities Management* (FM). Em seguida, serão expostos indicadores de FM e métodos utilizados para a gestão da manutenção. Por fim, será apresentada uma abordagem para processos BIM com FM em Instituições de Ensino Superior.

2.1 BUILDING INFORMATION MODELING

Por muito tempo, no Brasil, a indústria AECO (arquitetura, engenharia, construção e operação) trabalhou de maneira segmentada, onde cada disciplina e, por consequência, cada membro de uma equipe dedicava atenção apenas aos seus próprios interesses dentro de um projeto. Além disso, o método de entrega de projetos adotado por grande parcela das empresas colaborava para o aumento desse isolamento entre os participantes no desenvolvimento de uma edificação (HARDIN e MCCOOL, 2015).

No entanto, mesmo com a utilização de processos BIM por grande parte da indústria, muitos processos tradicionais seguem imutáveis diante das necessidades individuais de cada organização. O uso de processos BIM precisa estar em harmonia com os anseios de um escritório ou de uma construtora, por exemplo, proporcionando ganhos reais, para que então seja possível estabelecer uma métrica concreta de avanço ou ganho substancial de tempo e recursos.

Para Volk, Stengel e Schultmann (2014), processos BIM podem ser analisados a partir de uma abordagem mais restrita ou ampla. Restrita significa a correspondência direta para o modelo virtual da edificação, suas características e informações associadas. Do ponto de vista da abordagem ampla, o BIM compreende aspectos funcionais, documentais, técnicos, organizacionais e legais.

Nesse sentido, apresenta-se muito mais do que um simples repositório de informações ou uma representação tridimensional da edificação.

A aplicação de processos BIM proporciona a construção de um modelo virtual antes do físico, de modo que os participantes de um projeto possam analisar, sequenciar e explorar a edificação ainda nas fases iniciais de seu desenvolvimento. Em função disso, atualmente é possível utilizar *softwares* capazes de mitigar os riscos de uma construção e elevar os resultados de um projeto (HARDIN e MCCOOL, 2015).

Para Eastman et al. (2014), o BIM é definido como uma tecnologia de modelagem e um conjunto associado de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção. Estes modelos, por sua vez, são caracterizados por componentes da construção (representação digital de elementos da construção associados com atributos), que incluem dados que descrevem como se comportam, ou seja, dados consistentes – e não redundantes – e coordenados, de forma que todas as visualizações de um modelo sejam representadas de maneira coordenada.

Diante das atuais mudanças que a indústria AECO vem enfrentando, que demandam tanto transformações dos processos como uma mudança de paradigmas – da documentação baseada em documentos 2D e entregas periodizadas para um protótipo digital e um fluxo de trabalho colaborativo, por exemplo – Eastman et al. (2014) argumentam que o fundamento do BIM é um modelo coordenado e rico em informações que, por sua vez, permite prototipagem virtual, análises e a construção virtual de um projeto.

Segundo Succar (2008), o *Building Information Modeling* é uma mudança tecnológica e de procedimentos emergentes no setor AECO. Para o autor, existem três campos de atividades BIM que são interligados em entre si: tecnologia, processo e política. De fato, estes três campos de atividades representam o impacto que a implementação do BIM pode vir a oferecer à uma empresa.

A decisão pela adoção de processos BIM em um projeto e como ele será aplicado está relacionada com o tipo de uso (residencial, comercial, infraestrutura), com a fase (nova, existente) e com o tipo de proprietário (privado, público, associações, universidades) de uma edificação. Essas diferentes condições estão influenciando a forma de aplicação de processos BIM, o nível de detalhe dos elementos do modelo e o suporte às funcionalidades de projeto, construção, manutenção e demolição (VOLK; STENGEL; SCHULTMANN, 2014).

2.1.1 Nível de Desenvolvimento

O conceito de Nível de Desenvolvimento (do inglês *Level of Development*, LOD) é aplicado em uma diretriz de padronização que permite profissionais da indústria AECO especificarem com alto nível de clareza o conteúdo e a confiabilidade de modelos BIM em várias fases do ciclo de vida de uma edificação. A especificação LOD utiliza as definições básicas desenvolvidas pela AIA (*American Institute of Architects*) para o AIA G202-2013 *Building Information Modeling Protocol Form* e é organizado pela CSI *Uniformat 2010* (BIMFORUM, 2019).

A especificação do LOD está relacionada estritamente aos elementos que constituem um modelo, apresentando informações gráficas tridimensionais de objetos (como portas, vigas, pilares, etc.) e parâmetros de informações não geométricas. O padrão de especificação LOD foi desenvolvido com o objetivo de fornecer uma maneira mais sistemática de transmitir a confiança que pode ser atribuída a um elemento dentro de um modelo BIM (BIMFORUM, 2019).

Por se tratar de uma especificação restrita aos elementos de um modelo, não há ligação direta entre uma fase de projeto e o nível de LOD, já que, diferentes disciplinas (arquitetura, engenharia e instalações, por exemplo) dentro de um projeto podem apresentar diferentes especificações. Algumas destas disciplinas, sequer apresentarão LODs em níveis elevados. Consequentemente, não é possível atribuir um Nível de Desenvolvimento a um modelo, pois este pode conter elementos em diferentes níveis LOD.

Geralmente, durante a fase de operação e manutenção de uma edificação, utiliza-se o Nível de Desenvolvimento 500 ou *as built*, de modo que o modelo esteja alimentado com informações conferidas em campo. Porém, o ideal é que os responsáveis pelo gerenciamento das instalações da edificação participem das definições de projeto ou relativas a definição do modelo (para o caso de construções existentes) que influenciarão durante gestão (TELES, 2016).

A determinação de quais informações são necessárias ao modelo e qual o *template* — padrão de arquivo para o modelo que, geralmente, é separado por disciplina — deve ser utilizado é de responsabilidade da equipe encarregada pela gestão de *facilities* da edificação, juntamente com os responsáveis pelo desenvolvimento do modelo BIM.

Para que sejam estabelecidas quais informações são necessárias ao modelo é preciso identificar (COMPUTER INTEGRATED CONSTRUCTION RESEARCH PROGRAM (CICRP), 2013):

- Quais elementos ou informações de espaços e zonas serão trabalhadas com FM;
- Quais informações serão úteis para serem exibidas graficamente;
- Qual o nível de detalhamento necessário para cada elemento do modelo que fará parte da fase de FM;
- Quais as propriedades ou dados de *facility* dos elementos da construção que precisam ser documentados.
- Qual sistema de classificação da informação será utilizado para a troca de dados entre as interfaces dos aplicativos, dando preferência os mais adaptados ao FM como: *OminiClass*, *Unifomat*, *MasterFormat*, *Unified Classification for the construction Industry (Uniclass)* ou *Electronic Product Information Cooperation (EPIC)*.

O *OminiClass* é um sistema de classificação utilizado para gerenciamento das informações de elementos dentro do contexto AECO, definindo uma base de dados unificada que abrange todo o ciclo de vida da edificação (TELES, 2016).

O *Uniformat* é um sistema de classificação cujo o objetivo é organizar as informações de construção com foco nos sistemas funcionais da edificação, organizando em uma ordem e sequência padronizada (TELES, 2016).

O *Masterformat* é um sistema de classificação de informações que constitui a base de dados da tabela 22 da *OminiClass*. Por fim, o *Uniclass* é um sistema inglês equivalente a *OminiClass* desenvolvido com base nas normas ISO 12006 2 (2001) e ISO 12006 3 (2007) (TELES, 2016).

2.1.2 Base de dados COBie

A entrega de uma edificação nova ou reformada é uma finalização comemorada por projetistas, usuários e proprietários do empreendimento. Por outro lado, para os responsáveis pelo gerenciamento da operação e manutenção, o trabalho está apenas começando. A primeira iniciativa então costuma ser a abertura das pilhas de caixas com documentação relacionada aos ativos e informações sobre a manutenção, que resultam em uma enorme quantidade de dados que precisam ser inseridos em Sistemas Informatizados de Gestão de Manutenção (do inglês *Computerized Maintenance Management Systems, CMMS*) (EAST, 2016).

O esforço para garantir a criação, revisão e transcrição dos dados relacionados aos ativos de uma edificação para sistemas informatizados pode demorar anos e, em muitos casos, não se concluem, criando uma lacuna que dificulta sobremaneira o gerenciamento por parte dos responsáveis pelos processos de FM na instituição.

Ainda que um Sistema Informatizado de Gestão de Manutenção (CMMS) seja utilizado, muitas vezes é preciso que as informações a serem inseridas neste sistema sejam procuradas manualmente em papel, de modo a que posteriormente estes dados possam ser inseridos dentro do sistema. Com o tempo, esses documentos são movidos ou perdidos, aumentando o custo para conclusão das atividades de operação e manutenção e o tempo de inatividade relacionado à gestão de ativos (TELES, 2016).

Em 2007, o NBIMS aplicou-se em uma pesquisa que resultou em um relatório de análise dos requisitos *Construction-Operations Building information exchange* (COBie) propondo uma nova maneira para que os projetistas e contratados fornecessem diretamente dados sobre a operação, manutenção e gerenciamento de ativos à medida em essas informações fossem criadas. Porém, simplesmente entender, documentar e propor as necessidades de informações relacionadas a operação e manutenção não é suficiente para que o COBie seja utilizado na prática. Deste modo, paralelamente a isso, o *Engineer Research and Development Center* (Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Engenheiros) através da aliança com a buildingSMART, trabalhou para estabelecer o COBie como um padrão internacional aberto, reconhecido e implementando em mais de 30 sistemas de *softwares* de produtos comerciais prontos para a venda (da sigla em inglês, COTS - *Comercial Off-the-Shelf*). (EAST e MANGUAL, 2012).

COBie é uma especificação baseada em desempenho para entrega de informações de ativos da edificação. Dois tipos de ativos estão incluídos no COBie: equipamentos e espaços. Embora os dados de fabricantes para produtos e equipamentos instalados possam estar diretamente disponíveis (por meio do projeto SPie³), o COBie ajuda a equipe de projeto a organizar as representações digitais aprovadas durante o projeto e a construção, entregando um manual consolidado de operação e manutenção com pouco ou nenhum esforço adicional (EAST, 2016; EAST, 2007).

A utilização da especificação COBie (Figura 2) propõe a introdução de dados conforme estes são definidos durante o projeto e a construção de uma edificação. Com processos COBie, os projetistas devem fornecer os layouts do pavimento (espaço) e equipamentos, a gestão da obra, por sua vez, deve solicitar e registrar as

³ O objetivo do projeto SPie é criar um conjunto de *templates* (modelos) de produtos que possam ser usados por fabricantes para exportação de dados de produtos para um formato padrão aberto consumido por projetistas, especificadores, construtores, operadores e proprietários. Este projeto amplia os esforços dos fabricantes em processos BIM, entregando valor em toda a cadeia de suprimentos (EAST; KALIN, 2012).

informações dos materiais e equipamentos fornecidos durante a execução do trabalho, tais como: marcas, modelos e números de série. Grande parte dos dados fornecidos por contratantes são disponibilizados por fabricantes de produtos e equipamentos, que deveriam participar do processo de comissionamento da edificação (TELES, 2016).

Figura 2. Visão geral do processo COBie

Fonte: adaptado de (EAST, 2016; TELES, 2016)

Em um artigo desenvolvido pela *University of Southern California* (USC), Kensek (2015) relata que:

Foram elaboradas diretrizes BIM internas para contratos de projetos do campus universitário, sendo uma das exigências junto às empreiteiras a inserção de informações no modelo, através do COBie, para extração de planilhas com informações não geométricas. O documento *BIM Guidelines*, contém um plano detalhado com normas, orientação de como nomear os arquivos, listas de parâmetros e outros requisitos de dados de BIM especificamente concebidos para serem utilizados na gestão de *Facilities*.

Facilities Management tradicionalmente trabalha de maneira separada as fases de projeto e construção, de modo que a quantidade e o tipo de informações recebidas são realizados de forma pouco integrada dentro do ciclo de vida do empreendimento. Segundo Kensek (2015), no caso da USC foi possível existir uma maior integração dentro da plataforma BIM, alcançando os objetivos esperados, como redução de custos e gestão integrada, sem que houvesse a necessidade de recriar dados, já que o modelo BIM e os requisitos COBie disponibilizaram

informações geométricas e não geométricas integradas em um único elemento utilizado na fase de FM.

Entretanto, a complexidade da construção e da manutenção realizada em um campus resultou na elaboração de uma lista com padrões de dados necessários para todos os projetos e a inclusão de especialistas que não estavam envolvidos durante o processo de modelagem. A reavaliação do método utilizado acentua a importância da inserção de informações do empreendimento durante a etapa de projeto e construção, subsidiando a operação e manutenção da edificação (KENSEK, 2015; TELES, 2016).

2.2 FACILITIES MANAGEMENT

2.2.1 Conceitos e Definições

Conforme Lord, Price e Stephenson (2002), o termo *Facilities Management* originou-se na década de 60 nos Estados Unidos para descrever o crescimento das práticas de terceirização dos serviços bancários, responsáveis pelo processamento de cartões de créditos e outras transações. Ainda de acordo com os mesmos autores, a definição do termo é controversa tanto na Inglaterra quanto nos Estados Unidos, pois poderia abranger uma série de atividades, a depender da complexidade do negócio envolvido.

Segundo Quinello e Nicoletti (2006), é possível dizer que a Gestão de Facilidades é uma combinação de esforços com o objetivo de facilitar as atividades de todas as áreas de uma edificação. Esta ainda pode ser considerada como a área responsável por atividades de suporte e de infraestrutura, tornando-se mais um elo da dinâmica organizacional em busca de vantagem competitiva e sobrevivência das organizações.

No ano de 2002, uma organização europeia formada por um grupo de países que estuda FM e reúne educadores, pesquisadores e profissionais da área, decidiram que seria importante uma definição oficial para o conceito de *Facilities*

Management. Assim, em quatro anos, chegaram à conclusão que *Facilities Management* é a integração de processos e serviços que, dentro de uma organização procuram manter e desenvolver os serviços que apoiam e melhoram a eficácia de suas atividades primárias⁴ (THE NATIONAL STANDARDS AUTHORITY OF IRELAND (NSAI), 2006).

Deste modo, percebe-se que *Facilities Management* está diretamente vinculada às pessoas, processos e locais que procuram relacionar serviços, atividade e tecnologias, de modo que as ações relativas a essas questões sejam executadas da melhor maneira possível.

2.2.2 Indicadores de Facilities Management

Alguns parâmetros servem como indicadores para que práticas de FM possam ser mensuradas e, por eles, seja possível realizar uma avaliação de seu desempenho. Para Quinello e Nicoletti (2006), alguns destes indicadores são:

- Tamanho, formato e local do espaço de trabalho;
- Densidade de pessoas;
- Qualidade de iluminação e do ar condicionado;
- Nível de ruído;
- Ambiente em geral;

Além de indicadores voltados ao desempenho de uma edificação, há também os relacionados aos custos. Estes, por sua vez, podem ser custos ligados à contabilidade financeira, sendo regidos pelos princípios contábeis e disciplinados por normas legais e técnicas, além dos interesses societários dos investidores. O outro tipo se refere ao custo gerencial, que indica o gasto com estudos e análises voltados

⁴ Integration of processes within an organization to maintain and develop the agreed services which support and improve the effectiveness of its primary activities (THE NATIONAL STANDARDS AUTHORITY OF IRELAND (NSAI), 2006).

para a mudança dos processos, objetivando uma gestão financeira adequada, com o propósito de reduzir gastos (QUINELLO e NICOLETTI, 2006).

Ainda, para Quinello e Nicoletti (2006), em *Facilities Management*, consideram-se os custos gerenciais. São alguns deles:

- Horas de operação;
- Horas-homem para execução e análise;
- Estoque de almoxarifado;
- Energia;
- Falhas crônicas;
- Quantidades de Ordens de Serviço;
- Quantidade de equipamentos e pessoal.

Nota-se, pelos indicadores de custos, que é possível estruturar o orçamento a partir de uma identificação dos gastos e de uma orientação direcionada para a redução de despesas. Dentro do ambiente de uma IES, todos estes indicadores têm uma significativa importância, pois interferem diretamente em sua operação e nas práticas administrativas.

Indicadores de desempenho e de custo não podem ser utilizados de maneira isolada, percebidos como pontos individuais dentro de todo o processo de *Facilities Management*, pois ambos representam um papel importante com informações que auxiliam os gestores de um empreendimento.

Além disso, a Gestão de Facilidades refere-se a uma etapa do ciclo de vida da edificação em que a aplicação de ferramentas computacionais para auxiliar no processo de gerenciamento de um empreendimento é muito importante. De modo que a análise dos indicadores de desempenho e custos, suas relações e implicações nas atividades recorrentes dentro das instalações de uma edificação, é significativa dentro deste processo. Assim, a troca de informações entre pessoas e *softwares* ao longo das fases de desenvolvimento do empreendimento, precisa garantir o melhor fluxo de dados relativos às atividades e elementos da edificação.

Um estudo realizado pelo *US National Institute of Standards and Technology* (NIST) demonstrou que os custos anuais associados a uma troca de informações inadequada entre os sistemas de *softwares* envolvidos na Gestão de Facilidades foram de US\$ 15,8 bilhões (GALLAHER et al., 2004). O problema ocorre porque as informações relativas ao empreendimento são coletadas repetidamente em diferentes fases do ciclo de vida da edificação. Assim, com a abordagem de processos BIM vinculadas às práticas de *Facilities Management* é possível preencher essas lacunas de informações necessárias para sustentar o gerenciamento da edificação nas fases de manutenção e operação de maneira otimizada (ISSA e LIU, 2013).

2.3 MÉTODOS DE GESTÃO DA MANUTENÇÃO COM AUXÍLIO DO BIM

Ao longo dos anos, diversos métodos que apoiam o auxílio do BIM em processos de Gestão da Manutenção foram desenvolvidos. Tais métodos permitem uma abordagem sistemática de todo o processo relacionado a manutenção e operação predial evoluindo de modo que a aplicação de um modelo tridimensional inteligente se tornasse uma parte importante nesta fase do ciclo de vida da edificação. Na sequência, serão apresentados alguns métodos dirigidos para o estudo da aplicação do BIM como processo auxiliador para a gestão da manutenção em edificações.

2.3.1 Método proposto por Motamedi, Hammad e Asen

Motamedi, Hammad e Asen (2014) construíram um método denominado de Sistema Analítico Visual de Gestão de Instalações (FMVAS — *FM Visual Analytics System*), no qual um dos principais objetivos era o suporte aos técnicos na identificação de problemas nas instalações de uma edificação. O método se baseia na capacidade do modelo BIM em ser utilizado para avaliação técnica, entendimento dos espaços e condições de equipamentos, raciocínio e tomada de decisões a partir de uma ampla base de dados.

Neste método, cada elemento possui um parâmetro de identificação que permite sua localização numa base de dados e informa aspectos relacionados ao

seu ciclo de vida. Além disso, há dados de informações técnicas, relação entre sistemas prediais e procedimentos de operação e manutenção (MOTAMEDI; HAMMAD; ASSEN, 2014).

Ainda para Motamedi, Hammad e Asen (2014), o método também se baseia na visualização dos elementos por cores padronizadas com o objetivo de identificar diferentes condições de serviços de cada elemento. É possível identificar possíveis causas de um problema a partir do conhecimento da vida útil restante e das relações entre os elementos do modelo.

O processo de análise para identificação de causas das falhas está fundamentado em cinco tarefa principais: identificação do problema, identificação de sistemas relacionados, identificação de elementos relacionados para visualização, definição dos atributos de perguntas e visualização. Ao seguir por esta sequência, o gerente de manutenção tem capacidade de mapear as condições dos elementos/sistemas envolvidos e visualizar sua localização (MOTAMEDI; HAMMAD; ASSEN, 2014). Este método, porém, utiliza-se de ferramentas de modelagem BIM (Revit *Architecture* e Revit MEP) e de um *software* para gestão da manutenção (FM *Interact*).

2.3.2 Método proposto por Thabet, Lucas e Johnston

Thabet, Lucas e Johnston (2016) propuseram uma metodologia com abordagem ampla para gerenciamento de ativos de uma edificação. A proposta é uma estrutura de intervenção no processo de gestão de operação das instalações em uma universidade norte americana que tem como base quatro passos:

- Utilizando o Autodesk Revit para modelagem da edificação, o primeiro passo consiste na aplicação de opções de parâmetros compartilhados relacionadas às propriedades e atributos dos ativos (objetos no modelo) institucionais.
- Os diferentes modelos, segmentados em função dos projetistas e das disciplinas de projeto, foram exportados em formato IFC para o Autodesk Navisworks onde todas as informações de parâmetros dos objetos foram compiladas.

- Com a utilização de um *plug-in*, foi possível exportar um arquivo .CSV (*Comma-separated values*)⁵ do Autodesk Navisworks que permitisse a gestão das informações dos parâmetros do modelo.
- Ao ser exportado, o arquivo .CSV é reconfigurado — por meio de programação no *Visual Basic* — e preparado para ser importado para o *software* de gestão utilizado, AiM Operations & Maintenance.

O processo estabelece um fluxo de trabalho para o gerenciamento dos ativos de uma edificação, porém apresenta a necessidade de uma configuração mais sofisticada no *software* dedicado a visualização e compilação dos dados através de programação. Além disso, os autores não demonstraram uma aplicação direta para os processos de manutenção da edificação.

2.3.3 Outros métodos propostos para FM-BIM

Proposto por Shen, Hao e Xue (2012), o método apresenta um Sistema de Gestão da Manutenção e de Instalações (do inglês *Facility Operations and Maintenance Management System*, FMM) que opera a partir da análise das condições, da localização e da disponibilidade de suprimentos (eletricidade, água quente e fria, gás) e equipamentos. Para integração das informações, o método utiliza-se da aplicação desenvolvida pelos autores (FMM), do AeroScout (*software* comercial para rastreamento de ativos) e um servidor BIM para armazenamento das informações no modelo em formato IFC (Industry Foundation Classes).

Soares (2013) apresenta uma metodologia de Gestão da Manutenção com BIM focada nas instalações de uma edificação. A base do método está na modelagem das disciplinas (arquitetura, hidráulica, elétrica e ar condicionado) no Autodesk Revit e posterior exportação das informações inseridas no modelo para o *software* de Gestão das Instalações, o IBM Máximo. A partir disso, o autor estabeleceu onze indicadores divididos em quatro categorias de modo que fosse

⁵ CSV (*Comma-separated values*) são arquivos em formato de texto, ordenando as informações por separação em vírgulas. São utilizados para trocar dados entre diferentes aplicativos (CREATIVYST INC, 2010).

possível realizar a medição do desempenho e da eficiência de equipamentos existentes na edificação. A transferência de informações entre o *software* BIM e o de gestão da manutenção foi realizada através do agrupamento de parâmetros compartilháveis e exportação para planilhas no padrão COBie.

Sampaio e Simões (2014) propõem um sistema interativo para gestão da manutenção e operação de um edifício baseado em Realidade Virtual. O sistema foca na identificação de manifestações patológicas, na análise de causas, soluções de recuperação e reparo. Para isso, possui um banco de dados com material de pesquisa de diferentes tipos de manifestações patológicas em elementos da construção. Para o desenvolvimento deste sistema, utilizou-se o Autodesk Revit (como modelador tridimensional), o Autodesk Navisworks (como *software* de visualização e que possibilita a integração de diferentes modelos, além de anotações), O Microsoft Visual Basic (para desenvolvimento de uma aplicação) e Microsoft Access para organização do banco de dados. Apesar do processo ter sido estabelecido, houve dificuldade na inserção dos formulários dentro do elemento selecionado no visualizador BIM.

Motawa e Almarshd (2015) apresentam um método com uma abordagem mais ampla, na qual eles denominam de Modelagem do Conhecimento da Edificação (do inglês *Building Knowledge Modeling*, BKM). Basicamente, o processo é fundamentado a partir da aplicação do raciocínio baseado em casos (do inglês *case-based reasoning*, CBR), permitindo que os modelos BIM utilizados na manutenção predial tenham o seu desempenho aprimorado. Assim, “esta metodologia permite uma aprendizagem de procedimentos já executados e métodos a serem adotados em casos de manutenção semelhantes” (SANTOS, 2017).

2.4 ABORDAGENS DE PROCESSOS BIM E FACILITIES MANAGEMENT EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR

A fim de obter uma melhor compreensão das relações e implicações da Modelagem da Informação da Construção (BIM) com as práticas de *Facilities Management*, foram levantados casos práticos da sua utilização e aplicação especificamente voltados para instituições de ensino superior.

As instituições destacadas nesse trabalho são: o Centro Universitário FEEVALE do Rio Grande do Sul (FURTADO et al., 2005), a *Xavier University* de Ohio (EUA) (BURG, MEALY, 2012; AFEDIZIE et al., 2013), a *Indiana University* de Indiana (EUA) (PHILLIPS, THOMAS, THOMPSON, 2011; INDIANA UNIVERSITY, 2018), o *Georgia Institute of Technology* da Georgia (EUA) (GEORGIA INSTITUTE OF TECHNOLOGY, 2019), a *University of Chicago* de Illinois (EUA) (LEWIS, 2013), a *Texas A&M Health Science Center* do Texas (EUA) (BEATTY et al., 2013) e a *USC School of Cinematic Arts* da California (EUA) (ASPUREZ e LEWIS, 2013). No Quadro 1 resumem-se as principais aplicações de FM com apoio de BIM:

Quadro 1. Universidades e as principais aplicações de BIM com Facilities Management

Instituição	Principais aplicações
Centro Universitário FEEVALE	Redução de custos operacionais, facilitação do desenvolvimento de projetos, melhoria na alocação das turmas nos espaços de salas de aula e laboratórios e controle patrimonial dos equipamentos nos espaços físicos.
Xavier University	Auxílio na manutenção predial das instalações existentes no campus e planejamento para ampliação das edificações.
Indiana University	Mapa do campus e plantas das edificações, base de dados com informações relativas aos espaços e inventário detalhado com aspectos construtivos e de manutenção.
Georgia Institute of Technology	Auxílio na manutenção predial, planejamento de recursos financeiros, programa de futuras instalações, gestão patrimonial e questões relativas à sustentabilidade (energia renovável e eficiência energética).
University of Chicago	Controle e gestão de ativos, gestão da manutenção, gerenciamento de ordens de serviço, controle de espaços, gerenciamento de projetos e contratos.
Texas A&M Health Science Center	Gerenciamento e controle de ativos a partir do modelo.
USC School of Cinematic Arts da California	Gestão de ativos, controle de acesso, sistema de proteção, gerenciamento de energia, sistemas de sinalização e controle de fumaça.

Fonte: elaborado pelo autor

Dentre as aplicações apresentadas no Quadro 1, a gestão de ativos e a manutenção predial destacam-se das demais. Praticamente em todas as instituições

levantadas ambos os pontos são abordados como algo importante e que pode apresentar benefícios a partir da integração BIM com *Facilities Management*.

Um dos desafios para que a gestão de ativos ocorra é a criação e associação dos ativos de uma instituição a objetos (relativos ao modelo BIM), dados e documentos que estejam corretos em vários bancos de dados, geralmente executados de maneira manual, acarretando um processo demorado e propenso a erros. A implementação de um modelo BIM, não somente vinculado às fases de projeto e construção, com os requisitos do proprietário em mente, pode oferecer aos responsáveis pela manutenção e operação do empreendimento uma nova estrutura para a captura, digitalização e transferência das informações destes ativos (BECERIK-GERBER *et al.*, 2012).

Conforme abordado no Capítulo 3.2.2 – Indicadores de *Facilities Management*, além de auxiliar na estruturação do orçamento, o gerenciamento de indicadores de custos (como horas de operação, estoque de almoxarifado e quantidade de equipamentos) beneficia a condução de atividades operacionais relacionadas aos ambientes em que determinados ativos estão inseridos.

De acordo com Mota e Ruschel (2017), os ativos de uma edificação estão relacionados às máquinas, equipamentos e acessórios que a constituem, sendo gerenciados através de registros. Dentro da terminologia do BIM, entende-se por máquinas, equipamentos e acessórios, componentes pertencentes ao modelo BIM que são relativos a um sistema (por exemplo, iluminação, ar condicionado, instalações hidráulicas, elétricas). Já os registros, equivalem às propriedades desses objetos. Segundo a norma britânica BS 8210:2012 – *Guide to facilities maintenance management* (THE BRITISH STANDARDS INTITUTION, 2012), os principais registros dos ativos — ou propriedades dos objetos — são: número de identificação, localização, expectativa de vida útil, discriminação, identificação de riscos, modelo, fabricante, data da fabricação, distribuidor, data da aquisição, data de instalação, custo inicial, peças sobressalentes, consumo de energia, ciclo de substituição, necessidade de acesso, depreciação acumulada, valor após depreciação, manutenção requisitada, custo de manutenção e capacitação de trabalho. Estes

registros auxiliam no acompanhamento da gestão de ativos a partir de questões estratégicas, como decisão de compra ou locação, além de considerações de segurança e *layout* do local (BEST; LANGSTON; VALENCE, 2003).

Para Best, Langston e Valence (2003) as ferramentas BIM são soluções integradas com um único banco de dados de informações que apresentam um comportamento mais confiável à gestão de ativos. O modo como as informações estão vinculadas aos objetos do modelo BIM permite que elas sejam acessadas facilmente, e isso proporciona, por exemplo, a coordenação de toda a edificação através de uma única interface.

Considerando a fase de Operação, Becerik-Gerber et al. (2012) descrevem um conjunto de propriedades que devem ser inseridas em um modelo BIM, relacionadas à fase do ciclo de vida, aos agentes responsáveis pela inserção e à descrição das informações necessárias. Para estes autores, os Proprietários assumem um papel relevante durante a fase de Operação e Manutenção, sendo responsáveis por alimentarem os objetos do modelo BIM com informações relativas à *status* de atividades e manutenção, histórico de manutenção, especificações, atualização de parâmetros dos objetos e especificações de dados de fornecedores e peças de reposição.

Assim, a aplicação de processos BIM para as fases de operação e manutenção de uma edificação apresentam grande potencial, pois proporcionam melhor visualização e precisão na identificação de locais e relações entre sistemas construtivos e equipamentos, além de acesso às informações de registros com condições existentes precisas (SANTOS, 2017).

3 MÉTODO DE PESQUISA

De acordo com Marconi e Lakatos (2003), método científico é um conjunto de atividades organizadas sistemática e racionalmente, permitindo, com segurança e economia, alcançar o objetivo, definindo o caminho, de modo que erros possam ser detectados ao mesmo tempo que auxilia nas decisões do pesquisador.

O método científico é uma perspectiva ou premissa sobre como o conhecimento é construído. A definição da abordagem ou da metodologia científica utilizada em uma pesquisa deve levar em consideração qual é o ponto de partida, ou seja, o problema a que se pretende observar e qual o objetivo para a realização da pesquisa, isto é, se o que se pretende é explicar, descrever, explorar ou predizer (DRESCH; LACERDA; JÚNIOR, 2015).

Nesse contexto, percebe-se que os atuais métodos de pesquisa, quando empregados para o estudo de projetos, podem não satisfazer as necessidades da pesquisa. Assim:

As pesquisas realizadas sob o paradigma das ciências tradicionais, como as naturais e as sociais, resultam em estudos que se concentram em explicar, descrever, explorar ou predizer fenômenos e suas relações. Entretanto, quando se deseja estudar o projeto, a construção ou criação de um novo artefato, ou realizar pesquisas orientadas à solução de problemas, as ciências tradicionais podem apresentar limitações (DRESCH; LACERDA; JÚNIOR, 2015).

As limitações dos processos de pesquisas tradicionais, abrem caminho para a abordagem de um novo padrão epistemológico para condução de pesquisas chamado *Design Science*.

3.1 APLICAÇÃO DA DESIGN SCIENCE RESEARCH

Para Simon (1996), existe uma diferença entre a ciência natural (ou tradicional), aquela que se dedica ao estudo dos conjuntos de conhecimentos sobre

uma classe de objetos ou fenômenos naturais (biologia, química, física) e sociais (economia, sociologia). Esta ciência, por sua vez, dedica-se a pesquisar e ensinar sobre como as coisas são e como elas funcionam. Por outro lado, existe uma ciência do artificial, ou seja, uma possibilidade de estudar a concepção de artefatos que contribuam para que se realizem os objetivos. Isto é, as ciências do artificial referem-se a como as coisas devem ser para um processo funcionar e alcançar determinados objetivos.

As ciências tradicionais apresentam lacunas quando empregadas na condução de determinadas investigações. Deste modo:

Pesquisas com o objetivo de estudar o projeto, a concepção ou mesmo a resolução de problemas, não conseguem se sustentar exclusivamente com o paradigma das ciências naturais e sociais, principalmente porque as ciências tradicionais têm como objetivos centrais explorar, descrever, explicar e, quando possível, prever (DRESCH; LACERDA; JÚNIOR, 2015).

Em função das limitações que as ciências tradicionais possuem, há necessidade de uma ciência que se dedique a propor formas de criar (construir e avaliar) artefatos que tenham certas propriedades desejadas, isto é, como projetá-los. Trata-se da ciência do projeto – *Design Science* (SIMON, 1996)

A *Design Science* é, fundamentalmente, a busca de um paradigma para solução de problemas. Um padrão que procura desenvolver de maneira eficiente e efetiva, inovações capazes de definir ideias, práticas, capacitações técnicas e produtos por meio de análises, projetos, implementações, gerenciamentos e/ou utilização de informações em um sistema (DENNING, 1997). É neste sentido que a *Design Science* se estabelece como um paradigma epistemológico que pode orientar pesquisas a solução de problemas e construção de artefatos. É, portanto, uma ciência que tem por objetivo prescrever uma solução, reduzindo, assim, a distância entre conceitos teóricos e aplicações práticas. Como uma ciência que resulta em prescrições, a *Design Science* tem sua aplicação mais adequada (VAN AKEN, 2011).

Essa nova ciência incorpora a possibilidade de se construir o conhecimento a partir da interação entre o observador e o objeto de estudo, considerando que tal conhecimento é mais um projeto construído do que um objeto isolado. A finalidade da *Design Science* é conceber o conhecimento sobre como projetar, e não somente aplicá-lo, ou seja, é uma ciência que se ocupa do projeto, logo não tem por objetivo descobrir leis naturais ou universais que expliquem certo comportamento dos objetos que estão em estudo, mas compreender o processo intelectual pelo qual foi elaborado o projeto que os define (DRESCH; LACERDA; JÚNIOR, 2015).

Tanto na ciência tradicional como na *Design Science* (ou ciência do artificial), a pesquisa deve possuir fundamentação em um método científico. Em pesquisas que utilizam as ciências tradicionais é comum que seja empregado o método indutivo (que afirma a partir do que é), o dedutivo (que afirma o que deve ser) ou o hipotético-dedutivo, que combina os anteriores. Porém, na *Design Science* um quarto método científico se apresenta: a abdução (DRESCH; LACERDA; JÚNIOR, 2015).

A abdução é considerada um processo criativo, por isso é o mais indicado quando o objetivo é compreender uma situação ou problema, pois é um método que consiste em estudar fatos e propor uma teoria para explicá-los. Além disso, é o único método científico que permite a introdução de uma nova ideia (FISCHER e GREGOR, 2011; DRESCH, LACERDA, JÚNIOR, 2015).

Assim, à medida em que a *Design Science* atua como o fundamento epistemológico para uma pesquisa, a *Design Science Research* pode ser percebida como o método que permite a operacionalização da construção do conhecimento. Tal método tem por objetivo estudar, analisar e investigar o artificial e o seu comportamento, levando em consideração tanto os aspectos acadêmicos quanto organizacionais. Sendo, portanto, um processo rigoroso de projetar artefatos focados na resolução de problemas, avaliar o que foi projetado — ou está funcionando — e comunicar os resultados obtidos (CHAKRABARTI, 2010; LACERDA et al., 2013).

De acordo com Simon (1996), uma decisão ótima em um modelo simplificado só raramente será ótima no mundo real. Por sua vez, um tomador de decisão pode escolher entre decisões ótimas em um mundo simplificado ou decisões – suficientemente boas –, que o satisfazem num mundo mais próximo da realidade. Assim, a *Design Science Research* (DSR) busca por soluções suficientemente boas para problemas em que a solução ótima seja inacessível ou a implantação inviável. Isto posto, definir claramente o que seriam resultados satisfatórios é de fundamental importância para que o processo de pesquisa tenha êxito.

Como um método de pesquisa direcionado à solução de problemas, a *Design Science Research* tem por objetivo identificar e compreender os problemas do mundo real e propor soluções satisfatórias, de modo que o conhecimento teórico da área cresça. Não é o objetivo alcançar verdades últimas, grandes teorias ou leis gerais. Além do mais, a validade pragmática – ou seja, a garantia de que uma determinada solução para um problema de fato funcione – deve contemplar respostas às relações de custo-benefício, ao atendimento às particularidades do ambiente e/ou contexto em que será aplicada e às necessidades dos interessados pela solução proposta (HEVNER et al., 2004; DRESCH, LACERDA, JÚNIOR, 2015).

3.2 MÉTODO DE CONDUÇÃO

Para o desenvolvimento deste trabalho, optou-se por utilizar o método para condução da pesquisa em *Design Science Research* proposto por Van Arken, Berends e Van der Bij (2012) (Figura 3). A pesquisa defende que a contribuição da *Design Science Research* seja aplicada com o propósito de diminuição da distância entre a academia e as organizações, de modo que, essencialmente, a pesquisa seja direcionada para a solução de problemas nas empresas.

O ciclo de resolução de problemas apresentado por Van Arken, Berends e Van der Bij (2012) resulta em soluções que acarretam prescrições que, por sua vez, precisam ser generalizadas para uma classe de problemas específica. Essa generalização permitirá que o conhecimento gerado em situações particulares possa

ser aplicado às situações enfrentadas pelas mais diversas organizações (DRESCH; LACERDA; JÚNIOR, 2015).

Figura 3. Ciclo para resolução de problemas

Fonte: Van Arken, Berends e Van der Bij (2012)

Van Arken, Berends e Van der Bij (2012), apresentam uma abordagem para a solução de problemas organizacionais que consiste em análise e projeto, mudanças organizacionais e aprendizado, de modo que a organização aprenda a obter um melhor desempenho com base em uma solução projetada. No ciclo de resolução de problemas (Figura 3), o objetivo é melhorar o desempenho de um processo, departamento ou empresa em um ou mais critérios. Por fim, isso deve impactar o lucro de uma empresa, já que os objetivos são, em maior parte, relacionados à eficácia ou eficiência dos processos operacionais de uma organização.

A primeira etapa, Definição do Problema, caracteriza a natureza do que se pretende estudar. É natural que à partir da análise do problema inicialmente proposto, perceba-se que este seja um problema de percepção — relacionado com a maneira com que se observa um problema — ou um problema que é sintoma de outro subjacente, ou seja, é uma consequência e não uma causa direta, de modo que só possa ser resolvido caso o problema que o originou seja solucionado. A descrição do problema deve ser estabelecida por um processo completo de definição, sendo grande o suficiente para que a solução contribua significativamente à pesquisa e pequeno o suficiente para ser resolvido dentro das restrições predominantes de tempo e esforço (VAN ARKEN; BERENDS; VAN DER BIJ, 2012).

Ainda para Van Arken, Berends e Van der Bij (2012), as fases subsequentes de Análises e Diagnósticos e de Projeto da Solução, dedicam-se ao conhecimento do objeto com relação ao tipo de problema abordado e quais os métodos ou teorias que devem ser usados para interpretar os resultados da análise do problema inicial, apoiando o diagnóstico de suas causas. É na etapa de Análises e Diagnósticos que se produz o conhecimento necessário sobre o contexto e a natureza do problema caracterizado. O Projeto de Solução, por sua vez, dedica-se a projetar uma solução inicial para o problema e associá-lo a um plano de mudança, usando o conhecimento adquirido em uma pesquisa descritiva (através de um levantamento de dados referente ao objeto de estudo que permita descrever a realidade dos problemas a ele relacionado) ou aplicações tecnológicas (aprimorando os processos associados com os problemas antes identificados).

A *Design Science Research* aplica-se no desenvolvimento de artefatos ou prescrições. Deste modo, é possível alinhar estes conceitos ao de Projeto de Solução, já que artefatos podem ser compreendidos como algo que é desenvolvido pelo homem, objetos artificiais que podem ser caracterizados em termos de objetos, funções e adaptações (SIMON, 1996). Para Hevner et al. (2004), artefatos podem ser construtos (entidades e relações), modelos (abstrações e representações), métodos (algoritmos e práticas) e instanciações (implementação de sistemas e protótipos), comprovando March e Smith (1995). Assim, artefatos podem ser construídos como um software ou aplicativo, uma teoria ou até descrições informais em linguagem natural.

Por fim, ainda de acordo com Van Arken, Berends e Van der Bij (2012), é durante a fase de Intervenção que os processos de trabalho são alterados em função da solução projetada e do plano de mudança estabelecido como abordagem ao problema. Esta etapa acarreta a última, Aprendizagem e Avaliação, e indica o processo de aprender a trabalhar dentro de um novo cenário, algo que requer tempo, esforço e atenção dos gestores envolvidos.

3.3 SOFTWARES UTILIZADOS

A metodologia representada na Figura 3 implica na construção de um artefato para o Projeto de Solução. Neste trabalho, a criação de um modelo BIM possibilitou o desenvolvimento de um método que permite analisar a contribuição que os processos BIM podem oferecer às práticas de FM em uma IES.

Diante disso, o uso de um *software* de modelagem — Autodesk Revit — que permite a customização dos dados de entrada por meio de parâmetros inseridos nos elementos do modelo, além de uma extração precisa das informações destes e de outros parâmetros relativos às informações geométricas, cadastrais e gerenciais com o uso de programação — Dynamo —, constituiu a base tecnológica para a proposição de novas práticas relacionadas ao gerenciamento da manutenção predial.

3.3.1 Autodesk Revit

O Autodesk Revit é um *software* de modelagem BIM que auxilia o projeto e produção da sua documentação. Inclui características para projetos de arquitetura, estrutura e instalações (hidráulica, elétrica e HVAC - *Heating, Ventilating and Air Conditioning*) (AUTODESK, 2019).

Em um modelo desenvolvido com o Autodesk Revit, todas as folhas de desenhos, vistas 2D, 3D (perspectiva) e tabelas possuem associação bidirecional, fazendo parte do mesmo modelo virtual. As informações presentes em um modelo são trabalhadas e gerenciadas simultaneamente a partir de cada uma das formas de representação. O mecanismo de alteração paramétrica coordena automaticamente todas as alterações realizadas nos objetos de um modelo e comunica para as demais partes: vistas de modelo, folhas de desenho, tabelas, cortes e plantas (AUTODESK, 2019).

3.3.2 Dynamo

O Dynamo é uma ferramenta de programação visual, no sentido computacional, que tem o objetivo de ser acessível tanto para usuários que tenham domínio de programação, como para aqueles que não possuem conhecimentos nesta área. O *software* oferece aos usuários a capacidade de criar *scripts* de comportamento e definições de lógica personalizadas (DYNAMO, 2019). Sendo uma ferramenta instalada junto com o Autodesk Revit, o Dynamo permite a automatização de tarefas repetitivas e a exploração de soluções de projeto para modelagens complexas.

Uma vez instalado, o Dynamo permite que o usuário trabalhe dentro de um processo de programação visual, conectando e criando relacionamentos entre elementos (também chamados de **Nós**⁶) (Figura 4). Estas conexões determinam as sequências de ações que compõem os algoritmos.

O Dynamo também é considerado uma ferramenta que permite integração com bibliotecas externas ou qualquer outro produto Autodesk que possua uma Interface de Programação de Aplicações (do inglês *Application Programming Interface*, API). Porém, com o Dynamo Studio é possível desenvolver programas em um aplicativo no estilo *Sandbox* ou ambiente de desenvolvimento simplificado. Este ambiente existe há algum tempo e funciona como uma estrutura base do *software*, permitindo que o usuário utilize a ferramenta de maneira independente (DYNAMO, 2019).

Por ser um *software* integrado ao Autodesk Revit, o Dynamo foi uma opção natural de escolha para desenvolvimento da programação que sustenta as possibilidades de aplicação, interação e extração de dados do modelo BIM. Além disso, o principal objetivo com a utilização desta ferramenta foi demonstrar as

⁶ Dentro do Dynamo, Nós (*Nodes*) são elementos a serem conectados a fim de se construir uma estrutura em programação visual. Podem ser elementos muito simples (armazenar um número, realizar uma operação matemática fundamental), como complexos (criar uma geometria orgânica, consultar os dados da superfície de um elemento em um modelo BIM) (DYNAMO, 2019).

possibilidades de intervenções nos processos da IES e os benefícios que podem acarretar na aplicação junto à gestão da manutenção.

Figura 4. Exemplo de rotina de programação criada no Dynamo

Fonte: (DYNAMO, 2019)

Assim, a aplicação do Dynamo se apresenta como uma solução prática do ponto de vista técnico e da facilidade de utilização (compatibilidade e integração direta com as informações de parâmetros dos elementos do *software* de modelagem e fácil aprendizagem em função do método de programação — no caso, visual).

4 IMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODO

Neste capítulo, discorreremos obre o processo de implementação do método de pesquisa proposto, apresentando o objeto de estudo deste trabalho, e em seguida serão detalhadas as etapas que compõe o processo da *Design Science Research* (DSR) para cada fase estudada, trabalhando individualmente cada avanço e detalhe que diz respeito à pesquisa.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO

A Fundação Armando Alvares Penteado (FAAP), fundada em 1947 a partir da herança do Conde Armando Alvares Peteando, nasceu com o objetivo de ser construída uma “Eschola de Bellas Artes, compreendendo Pintura, Esculptura, Decoração e Architetura, com uma Pinacoteca”, promovendo a arte e a cultura da sociedade paulistana. Posteriormente, essa primícia se estabeleceu a partir da criação do Museu de Arte Brasileira e do Teatro FAAP, que continuam atuantes até os dias de hoje (FAAP - FUNDAÇÃO ARMANDO ALVARES PENTEADO, 2019).

O início na área educacional aconteceu a partir da criação da Faculdade de Artes Plásticas e do curso de Licenciatura em Desenho e Artes Plásticas reconhecidos pelo Conselho Federal de Educação em 1963. Entre o final da década de 60 e início da década 70, foram criadas as Faculdades de Comunicação, Engenharia, Administração e Economia. Na década de 90, além da criação de novos cursos de graduação, foi também concebida a Faculdade de Direito. Essa configuração de faculdades permaneceu até o ano de 2018, quando todas foram unificadas sob a Faculdade Armando Alvares Penteado (FAAP - FUNDAÇÃO ARMANDO ALVARES PENTEADO, 2019).

4.2 DESCRIÇÃO DO CAMPUS DA IES

A Faculdade Armando Álvares Penteado está localizada na Rua Alagoas, 903, Higienópolis, em São Paulo/SP. Atualmente o campus é composto por cinco edificações que acomodam as principais Áreas de Conhecimento⁷ da instituição: Administração, Artes Plásticas, Comunicação e Marketing, Direito, Economia e Engenharia (Figura 5).

Majoritariamente, cada edificação do campus recebe os cursos de uma ou duas áreas de conhecimento. Porém, há alguns casos, em função da necessidade de uma disciplina, que salas de aula em outras edificações são requeridas e disponibilizadas para melhor acomodar uma turma.

Figura 5. Campus FAAP São Paulo

Fonte: Google Earth, 2019

Além das salas de aulas convencionais, nos subsolos dos Prédios 4 e 5 funcionam os laboratórios que atendem aos cursos de Arquitetura, Engenharia Civil,

⁷ Áreas de Conhecimento é a maneira como a instituição divide o gerenciamento e condução dos cursos existentes atualmente em seu portfólio.

Engenharia Mecânica, Engenharia de Produção e Colégio FAAP (algumas salas de aula do Prédio 5 também atendem demandas do colégio). No Prédio 1 há mais laboratórios que atendem aos cursos de Arquitetura, Artes Visuais, Cinema, Design, Engenharia Civil, Engenharia Mecânica, Moda e Rádio e TV.

Nos últimos andares do Prédio 4 concentram-se os Laboratórios de Informática e o Núcleo de Ensino à Distância. Os cursos da área de conhecimento em Comunicação e Marketing utilizam laboratórios específicos no Prédio 5 para o desenvolvimento de atividades e aulas durante o período letivo.

O presente trabalho concentra-se no estudo do Prédio 3 do campus. Nessa unidade predominam as aulas relacionadas aos cursos das áreas de conhecimento de Economia e Engenharia. São três andares de salas de aula e o térreo que contém bancos, o CENIN (Centro de Informática), o Auditório 2 e o Apoio Operacional Central.

4.3 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Conforme apresentado no Capítulo 1.3 – Objeto, o presente trabalho utiliza os dados relacionados ao Prédio 3 a fim de realizar um protótipo. Uma avaliação das condições iniciais das características da edificação e que estabelece a abordagem com relação aos seus elementos específicos, demonstra uma necessidade relacionada aos processos de manutenção predial adotados pela equipe de manutenção.

A manutenção predial é, em muitos casos, um processo que exige várias frentes de trabalho. É uma atividade complexa, estando relacionada com diversas disciplinas (arquitetura, engenharia, instalações, limpeza, segurança) e serviços executados para uma edificação. Em um campus universitário essa complexidade torna-se acentuada em função da dinâmica de uso dos espaços, já que a utilização das salas de aula, laboratórios, banheiros, departamentos institucionais (como Recursos Humanos, Apoio Operacional Central, Centro de Informática) e áreas

comuns, possuem picos de operação que variam durante os períodos do dia e os meses do ano, por exemplo.

Atualmente, a manutenção do Prédio 3 é concentrada em um único departamento que gerencia as necessidades e estabelece as estratégias de ação para a execução de serviços e gestão dos ativos institucionais. Além da gestão das edificações do campus São Paulo (que inclui o objeto de estudo deste trabalho), o departamento de manutenção também é responsável por outras duas unidades educacionais localizadas dentro do estado de São Paulo, bem como por outras edificações pertencentes à instituição.

A dificuldade em conduzir a manutenção dessas edificações, tanto de serviços como de ativos, torna-se crítica quando não há um processo bem estabelecido para sustentá-lo. Para o objeto de estudo deste trabalho (Prédio 3), todo o gerenciamento é realizado levando em consideração tão somente a experiência profissional do gestor de *Facilities*. Entretanto, há uma pequena informatização do processo, aplicada especificamente para procedimentos de compra de ativos e materiais.

Um adequado processo de gerenciamento da edificação é parte fundamental para garantir o bom desempenho das atividades do departamento de *Facilities Management*. A ausência deste processo acarreta um gerenciamento debilitado, ou seja, não haverá acesso facilitado aos dados que subsidiem decisões para que a manutenção da edificação seja realizada de modo eficiente. Além disso, os recursos necessários e o tempo para execução de uma atividade de manutenção dependem diretamente do bom planejamento.

Em um campus acadêmico, tanto o tempo para executar tarefas de manutenção quanto o conhecimento do planejamento de suas ocorrências são cruciais para a satisfação do usuário (professores, alunos e funcionários), pois afetam diretamente em sua rotina. Por isso, são necessários processos bem estudados para troca de equipamentos, pintura de espaços e mudanças de *layouts*.

A compreensão espacial da edificação também se apresenta importante para garantir a eficiência destes procedimentos.

Atualmente, o departamento de manutenção possui informações escassas e imprecisas em nível de projeto. Plantas, que já são muito antigas, não foram atualizadas com as condições atuais da edificação (Figura 6). Em casos de manutenções, é preciso realizar uma medição local onde se pretende realizar a atividade. O cenário é mais custoso quando a necessidade é de realizar uma reforma, pois a falta de informações mais recentes ocasiona em custo considerável de levantamento e desenvolvimento de projetos.

Figura 6. Imagem da planta baixa do térreo e do primeiro pavimento do Prédio 3

Fonte: acervo de documentos da IES

Além das questões destacadas, outro ponto pertinente à pesquisa, é a ausência de uma base de informações referente aos ativos institucionais. Objetos como mesas, carteiras, projetores, computadores e luminárias, não possuem uma base de dados comum, de onde se possam buscar informações de compra, fabricante, validade, tempo de uso etc. Tais informações são muito úteis para a determinação de períodos de atualização dos equipamentos, comparação qualitativa entre fornecedores, previsão de consumo e análise de uso, entre outros fatores.

A falta de uma base de dados que organize as informações dos ativos da instituição e que permita uma rápida consulta a dados específicos de objetos é um cenário que dificulta uma análise real dos ganhos e/ou perdas decorrentes de decisões tomadas na escolha de um equipamento ou na estimativa dos custos de uma reforma. Tais cenários poderiam ser mais bem avaliados se os dados dos ativos estivessem, não só disponíveis para o gestor de manutenção, mas integrados ao projeto das edificações.

Ademais, por mais importante que seja a informatização para o controle de compras e substituição de ativos, uma base de dados centralizada e que permita a consulta, visualização, avaliação e integração junto a elementos construtivos é um cenário propício para a instauração de melhores processos e práticas relacionadas à gestão das instalações do campus.

Assim, notam-se dois pontos relevantes: primeiro, a falta da formalização de um processo de gestão da manutenção das edificações institucionais e, segundo, a ausência de uma base de dados coesa e precisa que forneça informações de projeto e de objetos pertencentes à edificação. O *Facilities Management*, como um processo, procura correlacionar indicadores de desempenho e custos para que o gerenciamento de uma edificação se torne mais eficiente. Os processos em BIM, por sua vez, avançam no sentido de construir um modelo inteligente da edificação, de modo que seja possível aproveitar as informações inerentes aos elementos da construção para além da fase de projeto, ou seja, permitir a utilização de um modelo também durante a operação.

Deste modo, com uma abordagem direcionada ao Prédio 3, é possível analisar e prescrever condições atuais e desejáveis de manutenção e operação relacionadas a serviços e elementos pertencentes a esta edificação, mas que podem ser generalizadas para uma aplicação em outros prédios do mesmo campus ou outras unidades.

O Prédio 3 possui áreas com variados tipos de ocupação, sendo elas: salas de aula, laboratórios, auditórios e áreas comuns (departamento de Recursos Humanos, Apoio Operacional Central, bancos, Centro de Informática, banheiros e corredores). Cada uma destas áreas possui elementos capazes de quantificação e que podem ser genéricos (em função do espaço ocupado ou do tipo de dado fornecido) e/ou específicos (mais relacionados às quantidades e valores) que estabelecem uma relação com os objetos e suas propriedades em um modelo BIM. Além disso, há também serviços de manutenção que podem ser associados a estes objetos, aumentando as possibilidades de aplicação do modelo.

A partir disso, procurou-se mapear os processos institucionais relacionados a elementos como projetores multimídia, paredes (pintura) e luminárias. A definição destes elementos foi estabelecida com base em informações de reuniões com o gerente de manutenção da IES, sendo apresentados como alguns dos obstáculos atuais do departamento.

Foram realizadas um total de sete reuniões com o objetivo de mapear os processos relacionados a estes itens. Em cada uma delas, a construção dos cenários de manutenção foi sistematicamente realizada para que depois fossem identificadas as possibilidades de apoio através do uso de um modelo BIM. O resultado foi a construção dos fluxos de tarefas associadas a cada um dos elementos (projetores multimídia, pintura e luminárias).

4.3.1 Manutenção de projetores

Projetores multimídia foram os primeiros tipos de equipamentos avaliados. Estes itens possuem sua utilização estritamente vinculada ao tipo de função que um

ambiente possui. Ou seja, ambientes como salas de aula e auditórios demandam um acompanhamento rigoroso das condições de operação destes itens. Uma falha pode ocasionar a necessidade de reparo imediata, por vezes sendo necessário até uma improvisação. Além disso, o *layout* do mobiliário (cadeiras, mesas, computadores) de um ambiente também interfere na necessidade de acompanhamento das condições de uso destes equipamentos; em alguns casos, alterações de *layouts* podem não ser possíveis em função do local de fixação de um projetor ou demandarem um trabalho adicional de ajuste nas instalações do ambiente.

Atualmente, projetores multimídia são utilizados em 100% das salas de aula do Prédio 3 do campus. Dificilmente há professores que não utilizam tais dispositivos em suas aulas, de modo que a manutenção destes itens passa a ser pertinente como objeto de estudo. A Figura 7 apresenta o processo de manutenção de projetores.

Figura 7. Processo de manutenção dos projetores

Fonte: elaborado pelo autor com Bizagi Modeler

O processo apresenta uma divisão das tarefas (retângulos destacados em azul) em função das áreas relacionadas ao elemento. Neste caso, a manutenção de projetores passa por, pelo menos, três áreas distintas: Usuário, Administração e Áudio visual.

Usuário diz respeito aos atores diretamente vinculados à operação do equipamento e que ocupam uma posição de quem, no final do processo, é o beneficiado pelo seu uso; aquele que é impactado diretamente pelo funcionamento do item. **Administração** representa o departamento responsável pelo gerenciamento da manutenção da edificação e de seus ativos; são o elo entre o usuário e o departamento de áudio visual. Este departamento (**Áudio Visual**), por sua vez, é o responsável técnico pela operação do equipamento, garantindo o seu funcionamento adequado.

Alguns pontos relevantes do processo de manutenção de projetores foram levantados a partir do fluxo e das reuniões com o departamento de gerenciamento de manutenção da instituição:

- A manutenção é cíclica e acontece, em média, a cada três ou quatro anos;
- Não há um controle do tempo de vida útil dos equipamentos, apesar dos períodos de manutenção;
- Há um controle dos fornecedores, porém isso não está diretamente relacionado com o desempenho dos equipamentos;
- Há um estoque de equipamentos que atende a emergências;
- Todo o controle dos equipamentos instalados é realizado de maneira manual. Isso significa que não há um sistema que gerencie datas de instalação, locais, utilização e estoque.

Os pontos destacados acima revelam uma operação eminentemente manual do processo de manutenção de projetores. Apesar de atender às necessidades, o tempo de execução, o controle das informações operacionais dos equipamentos e o

fluxo descontinuado de informações — que passam por vários departamentos — demonstra uma possibilidade de grande melhoria e aplicação de processos BIM.

4.3.2 Manutenção de pinturas

A pintura é um serviço que está diretamente associado com os elementos construtivos paredes. Por consequência, estes elementos interagem de forma extremamente significativa com os ambientes de uma edificação. Em um modelo BIM essa condição é ainda mais perceptível, pois estes elementos atuam diretamente como itens delimitadores de locais, permitindo o cálculo de áreas, perímetros e volumes.

Além das dimensões do elemento em que será aplicada uma pintura, este é um serviço que sofre impacto direto em função do local de sua aplicação. Ao analisar os elementos paredes, por exemplo, é necessário identificar se a face do elemento que receberá a pintura é interna, externa e se há mais de uma camada de pintura. Tais definições impactam na quantidade de um material e no tipo de material a ser utilizado, nos processos de limpeza (caso exista uma necessidade especial em função do material aplicado) e na manutenção do serviço de pintura.

Há também a verificação dos elementos que estão adjacentes (ou vinculados entre si — por exemplo a porta que está associada a uma parede e que ao receber pintura também precisa ser considerada), pois são itens que, quando levados em consideração, tornam a atividade de pintura consideravelmente mais complexa. A Figura 8 apresenta o processo de manutenção para pintura.

Figura 8. Processo de manutenção para pintura

Fonte: elaborado pelo autor com Bizagi Modeler.

Semelhante ao item de manutenção para projetores, as tarefas de manutenção para pintura também estão relacionadas com algumas áreas. Neste processo, porém, a área de **Administração** tem um papel mais atuante nas decisões que precisam ser tomadas e nas informações levantadas. A pintura da edificação, seja como um todo ou em partes específicas, requer um rigoroso controle e planejamento, já que, tais serviços impactam diretamente no uso, acesso e mobilidade próximo aos locais da manutenção. Há também a presença do departamento de **Serviços**, que atua como um braço executor das tarefas planejadas pela **Administração**.

Um dos problemas percebidos ao construir o diagrama da manutenção para pintura, é com relação a tarefa de levantamento interno de problemas similares. O entendimento dos locais que precisam de manutenção, por vezes não contempla eventuais serviços adicionais, como os relacionados à segurança dos usuários, que precisam ser destacados, ou somente serão percebidos mais profundamente no instante de execução da manutenção. O levantamento preciso dos objetos e serviços envolvidos em um processo como este é importante para uma correta definição dos custos e tempos dos serviços.

O processo de manutenção para pintura torna-se ainda mais complexo ao se analisar a tarefa Plano de Ação. Essa tarefa apresenta um fluxo específico para a sua conclusão (Figura 9). É neste ponto que as diretrizes para condução das atividades são estabelecidas e ganham forma para que seja possível dar continuidade ao processo.

Figura 9. Processos do Plano de Ação

Fonte: elaborado pelo autor com Bizagi Modeler

A partir da visualização do processo de manutenção — do fluxo como um todo e, especificamente, do detalhamento da tarefa Plano de Ação — e do cruzamento com as informações levantadas em reuniões com a equipe responsável pelo gerenciamento da manutenção institucional, chegou-se às seguintes conclusões:

- O mapeamento dos locais a serem pintados é realizado manualmente e visualmente. Isso significa que os profissionais precisam se locomover até o local e anotar os pontos que precisam de manutenção;
- Em consequência, são estes mesmos profissionais quem anotam eventuais serviços associados, quando cabíveis;
- O levantamento das quantidades (linear, área ou volume) é realizado com medição local dos elementos, podendo acarretar baixa precisão ou numa aproximação fora de padrão;
- A previsão de manutenção é cíclica, porém não há uma regra rigidamente seguida, já que em função de eventuais imprevistos ao longo do semestre, a pintura pode acontecer fora das datas previstas;
- Atualmente, há poucos profissionais da instituição que trabalham exclusivamente com pintura. Isso acaba por acarretar um estudo de dimensionamento de equipe sempre que qualquer serviço desta natureza precise acontecer.

Os apontamentos destacados acima para as tarefas que englobam o processo de manutenção para pintura dificultam a definição dos locais prioritários para recebimento dos serviços. A precisão dos levantamentos quantitativos e a flexibilidade com que as demandas por pintura surgem ao longo de um semestre, são questões apontadas pela equipe de gerenciamento que reforçam os problemas explicitados.

Deste modo, apesar de não demonstrar uma grande complexidade, tarefas relacionadas à pintura possuem uma grande quantidade de informações que, se não consideradas e detalhadas durante o processo de manutenção, podem ocasionar problemas de natureza financeira, física e operacional, impactando, inclusive, em outros setores.

4.3.3 Manutenção de luminárias

O terceiro tipo de elemento de uma edificação escolhido para análise dos processos de manutenção foram as luminárias. Tradicionalmente, estes elementos construtivos são alvo de estudos e discussões, muito em função do histórico de problemas encontrados relacionados às suas instalações, não só durante a fase de projeto, mas também, na fase de operação da edificação. Geralmente, são questões relacionadas à disposição dos equipamentos em um ambiente, passagem do cabeamento em outros elementos (paredes, pisos e tetos) e/ou interferências com outras instalações (ar condicionado, hidráulica etc.).

Além disso, o estudo dos processos de manutenção que envolvem as luminárias é significativo, pois são elementos em que a substituição (em casos de constatação de falhas) não pode ser realizada sem que não exista impacto direto na utilização de um ambiente, como uma sala de aula. De certa forma, uma única luminária que apresente problema normalmente não vai causar transtornos significativos para a continuação de uma atividade, porém a falta de manutenção deste item — se não tratado com devida prioridade — pode demonstrar outros aspectos aos usuários que colocam em questionamento o gerenciamento da edificação, por exemplo. A Figura 10 apresenta o processo de manutenção para luminárias discutido junto ao departamento de *Facilities* da IES.

Figura 10. Processo de manutenção para luminárias

Fonte: elaborado pelo autor com Bizagi Modeler

A exemplo dos dois processos já apresentados neste trabalho, a manutenção de luminárias segue um padrão estabelecido pelo departamento de **Administração** — responsável pela gestão da operação e manutenção das edificações institucionais. O processo é muito semelhante ao apresentado para manutenção de projetores, exceto que neste caso não há um terceiro departamento envolvido (no caso, o **Audiovisual**, para o fluxo de trabalho direcionado aos projetores). Essa simplificação no processo, também é observável no fluxo de manutenção de pinturas, já que fica sob responsabilidade do mesmo departamento delegar os agentes executores dos serviços. Essa repartição funciona como um braço de apoio da administração predial.

Alguns pontos relevantes do processo de manutenção de luminárias foram levantados a partir do fluxo e das reuniões com o departamento de gerenciamento de manutenção da instituição:

- A manutenção é cíclica e acontece, em média, a cada dois ou três anos;
- Há um controle dos tipos de luminárias utilizadas nos últimos anos que leva em consideração mais questões relacionadas ao custo das luminárias;
- Há um padrão seguido para compra e instalação das luminárias em função do preço de custo, da utilização em outras unidades — que não somente a unidade contemplada neste trabalho — e das características das edificações em cada uma das unidades.
- Não há um controle do tempo de vida útil dos equipamentos, apesar dos períodos de manutenção;
- Há um controle dos fornecedores, porém isso não está diretamente relacionado com o desempenho dos equipamentos;
- Há um estoque de equipamentos que atende a emergências;
- Todo o controle dos equipamentos instalados é realizado de maneira manual. Isso significa que não há um sistema que gerencie datas de instalação, locais, utilização e estoque.

Os itens destacados acima para o processo de manutenção de luminárias apresentam condições que podem ser melhor abordadas a partir da utilização de um modelo BIM como visualizador e agregador de informações relativas às edificações do campus da IES. Apesar de um controle e dos processos estarem aderentes às necessidades atuais do departamento de *Facilities*, percebe-se que são tarefas predominantemente manuais e com baixo nível de controle.

4.4 ANÁLISES E DIAGNÓSTICOS

Como parte do desenvolvimento do artefato, foi necessário desenvolver um modelo BIM da edificação da IES em estudo, incluindo informações precisas das condições atuais dos componentes construtivos e dos objetos pertencentes aos espaços avaliados (Figura 11).

Procurou-se também, apresentar um modelo próximo das condições ideais de operação e manutenção com foco na modelagem de uma sala de aula. Para isso, foi adotado um padrão de modelagem e na quantidade de informações dos objetos do modelo que corresponderem ao nível de desenvolvimento relativo ao LOD 500. Neste nível, presume-se que o elemento é uma representação verificada em campo, no que diz respeito a tamanho, localização, quantidades e orientação. Este nível de desenvolvimento ainda destaca a possibilidade de informação não gráfica que pode ser anexada aos elementos (BIMFORUM, 2019).

Figura 11. Modelo BIM do Prédio 3 do campus FAAP

Fonte: elaborado pelo autor

A modelagem específica da sala 3110 (Figura 12), permite a visualização em uma escala menor de condições que posteriormente podem ser ampliadas para um contexto maior em função das necessidades e dos indicadores de levantamento a partir dos dados obtidos através de um modelo BIM.

Figura 12. Modelo BIM de uma sala de aula da FAAP

Fonte: elaborado pelo autor

Além da modelagem específica de uma sala de aula, procurou-se também desenvolver o modelo BIM de todo o primeiro andar do Prédio 3 (Figura 13). A inserção de dados referentes aos objetos em estudo de toda essa região da edificação complementa a ideia de estudo pontual, avançando para uma análise mais abrangente de uma situação particular e, por fim, a generalização.

Figura 13. Vista em planta e 3D do primeiro andar do Prédio 3

Fonte: elaborado pelo autor

Em um primeiro momento, o objetivo foi avaliar as condições relativas ao processo de manutenção para pintura. Assim, foi necessário precisar o local e a quantidade (em metros quadrados) da pintura para os elementos da edificação, bem como dos materiais existentes nos elementos Paredes. Essa especificação direcionou a forma como essas informações — área de pintura, nome dos materiais — deveriam estar no modelo.

Deste modo, para o modelo analisado, não foram consideradas as pinturas em elementos de portas, restringindo a análise somente às paredes. Além disso, o objetivo foi direcionado para verificação das condições em salas de aulas, mais especificamente às paredes de fechamento e divisão das salas — excluindo, assim, paredes de corredores e tetos.

Dos procedimentos destacados na Figura 8 do Capítulo 4.3 Definição do Problema, o levantamento da quantidade de pintura necessária durante o processo de manutenção é, na maioria das vezes, empírico e impacta diretamente no uso, acesso e mobilidade próximo aos locais onde serão executados os serviços. Além disso, ao perceber a necessidade de manutenção do serviço de pintura, o departamento de **Administração** se desloca até os locais onde serão pintados para realizar o entendimento da situação e realizar a medição.

O processo de medição é realizado manualmente pela equipe de manutenção, efetuando mensurações locais e somando os valores obtidos para que posteriormente o sistema interno de compras possa ser alimentado. Nota-se, então, um processo moroso até o pleno levantamento dos dados requeridos, inserção no sistema e início do processo de orçamentação.

Em seguida, ocupou-se em avaliar e estabelecer um fluxo de trabalho aprimorado para o processo de manutenção dos projetores da IES. Como apresentado na Figura 7 do Capítulo 4.3 Definição do Problema, todo o procedimento para a realização da troca de um projetor é burocrático e depende de uma necessidade sinalizada. Ou seja, algum usuário (professor, funcionário ou aluno) precisa alertar quando e onde um equipamento precisa de manutenção e/ou troca. Apesar do acompanhamento regular do estado dos equipamentos, não há um sistema ou processo capaz de indicar com precisão o momento mais propício à manutenção.

A partir da percepção de necessidade de manutenção de um projetor, o departamento de *Facilities* é acionado e então se desloca até o local sinalizado em que haveria a necessidade de manutenção do equipamento. O problema nesse tipo de processo é que a informação pode não ser entregue aos destinatários com precisão de local ou, em alguns casos, o mapeamento das condições do equipamento ser realizada de forma imprecisa. Além do mais, em um cenário ideal, o departamento de *FM* da IES deveria ser capaz de prever uma necessidade de manutenção a partir de relatórios cíclicos sobre as condições de seus ativos.

Neste sentido, o gerenciamento destes equipamentos requer a criação de parâmetros relacionados individualmente aos objetos, com dados que permitam não somente especificar sua localização, mas também avaliar a necessidade de troca ou manutenção, medindo o tempo médio de vida útil restante do projetor.

Os capítulos a seguir tratam de descrever os procedimentos de criação dos algoritmos de programação para os problemas. Os capítulos subdividem-se em

partes específicas para cada um dos grupos de rotina, de modo que seja possível observar e entender os detalhes de cada trecho do algoritmo.

4.5 PROJETO DE SOLUÇÃO

Nesta fase, o objetivo foi desenvolver um Projeto de Solução para os problemas anteriormente discutidos no Capítulo 4.3 – Definição do Problema. A análise dos processos de serviços de manutenção para projetores, luminárias e pintura de paredes da IES apresentaram obstáculos relativos ao controle de dados e informações dos elementos construtivos (tanto relacionado com a geometria, quanto com dados referentes à manutenção, como localização, custo, estado de funcionamento, etc.), estimativas de quantidades (que impactam no dimensionamento de uma equipe designada para uma atividade de manutenção, por exemplo) e verificação rápida do estado dos equipamentos.

O Projeto de Solução pode ser um método baseado em algoritmos e práticas, de modo que seja possível alcançar uma proposta para intervenção nos processos atuais e, posteriormente, associá-lo a um plano de mudança. No caso deste trabalho, o modelo BIM desenvolvido é fundamental para servir como meio agregador e visualizador das informações dos elementos construtivos. Ou seja, não somente a visualização tridimensional é importante, mas também toda informação presente nos objetos. Além disso, toda informação existente em um modelo BIM colabora para novas abordagens de uso dos dados do projeto. É a partir disso que a integração entre modelagem e programação (Autodesk Revit e Dynamo) se torna importante.

Considerando que toda informação requerida e necessária para que o gerenciamento da edificação seja realizado da melhor forma possível esteja dentro do modelo BIM, o Dynamo atua como ferramenta tecnológica capaz de trabalhar com essa informação, gerando relatórios de controle e organizando as informações em planilhas que permitam a integração com o sistema interno de gestão da IES.

Nos próximos capítulos, apresentaremos rotinas desenvolvidas com o Dynamo que contribuem para a extração de informações do modelo BIM que exemplificam como uma IES pode melhorar o gerenciamento de alguns de seus serviços.

4.5.1 Rotina Dynamo para extração de informações das paredes

Os objetos Parede no Autodesk Revit possuem parâmetros que permitem uma adequada capacidade de customização, representação e análise com base numa verificação em campo do que foi modelado. Entretanto, há particularidades quanto à modelagem que precisam ser analisadas.

Paredes precisam apresentar o lado (interno ou externo) e/ou o ambiente da qual fazem parte, permitindo uma melhor setorização dos elementos. Além disso, a modelagem dos elementos é penosa, já que depende de uma segmentação em camadas que é pouco intuitiva.

Figura 14. Janela de edição de Paredes (Revit)

Fonte: elaborado pelo autor

A Figura 14 apresenta o processo de modelagem e especificação das camadas que compõe uma parede. Cada camada de um novo material (por

exemplo, pintura) precisaria ser adicionada e ajustada manualmente pelas cotas indicadas na janela de edição de paredes do Autodesk Revit. Para modelos e projetos em que a quantidade de variações de paredes não seja grande, isso não seria um problema. Porém, se houver uma grande quantidade de tipos de paredes, isso pode gerar um trabalho fatigante de modelagem e atualização do modelo.

Mesmo com o uso de programação, a modelagem (ou alteração) dos materiais e camadas das paredes continua sendo um processo intrincado. Editar, adicionar ou remover materiais é uma tarefa de difícil automatização. O benefício no processo pode ser observado na extração destes dados. Ou seja, a edição do modelo com as características dos materiais que compõem as paredes é uma tarefa a ser realizada manualmente, mas a medição das quantidades pode ser automatizada.

Com o objetivo de diminuir o tempo de medição das quantidades de materiais necessárias em uma manutenção, utilizou-se um modelo BIM da edificação. Inserido neste processo, o modelo tridimensional inteligente permite que dados geométricos (neste caso a área de pintura da parede) e informações de localização (como a qual sala a parede pertence) possam ser obtidas de forma mais rápida e precisa.

Figura 15. Estrutura da rotina de programação para extração quantidades de paredes por ambiente no Autodesk Revit

Fonte: elaborado pelo autor

A Figura 15 demonstra, de maneira macro, a estrutura da rotina de programação desenvolvida no Dynamo que permite a extração de informações relativas às salas de aula. De modo geral, o algoritmo lista o ambiente — no caso, salas de aula — e identifica quais são as paredes pertencentes àquele espaço. Em seguida, organiza-os em uma tabela, elencando também os materiais de cada elemento e sua medida em metros quadrados. A rotina é dividida em cinco grupos: seleção das salas, seleção das paredes de cada sala, seleção dos parâmetros gerais das paredes, inserção do número da sala nos elementos paredes e levantamento da quantidade de materiais em uma parede.

4.5.1.1 Seleção das salas e das paredes de cada sala

As duas primeiras partes da rotina (Figura 16) apresentam os Nós iniciais, que determinam o ponto de partida da programação. O primeiro grupo, **Seleção das salas**, seleciona os Ambientes no modelo nos quais serão identificadas as paredes.

O Nó All Elements of Category ainda alimenta com dados o grupo **Inserção do Número da sala nos elementos Paredes** discutidos mais à frente.

Figura 16. Rotinas Dynamo para seleção das salas e das paredes de cada sala

Fonte: elaborado pelo autor

O segundo grupo, **Seleção das paredes de cada sala**, tem a função de mapear os contornos do ambiente e identificar os elementos existentes nessa região. Deste modo, todos os elementos que estejam na região limite de um ambiente são detectados e separados pelo Nó Room.Boundaries.

Figura 17. Nó Room.Boundaries

Fonte: elaborado pelo autor

Conforme demonstrado na Figura 17, o Nó `Room.Boundaries` selecionou Famílias Revit de paredes, pilares e mais abaixo é possível verificar a existência de linhas de modelo (3D) que são utilizadas para separação de ambientes. Após essa seleção, é possível aplicar um filtro (Nó `List.FilterByBoolMask`) que separa os elementos requeridos para análise, no caso paredes (Figura 18).

Figura 18. Nó List.FilterByBoolMask

Fonte: elaborado pelo autor

Ao separar os elementos paredes, eles são agrupados em função de seus ambientes. Estes dados também servem como base para alimentar outros Nós, praticamente em todos os outros grupos que compõem esta rotina, pois toda a base de dados requerida para este processo está relacionada com as paredes do modelo.

4.5.1.2 Inserção do número da sala nos elementos Paredes

O terceiro grupo de Nós, ***Inserção do número da sala nos elementos Paredes*** (Figura 19), realiza uma das tarefas mais importantes dentro das necessidades apontadas. O objetivo do algoritmo é relacionar a sala (utilizando o seu número como indicador) com as paredes que pertencem ao determinado ambiente. Esse processo é fundamental para a setorização dos elementos e identificação precisa de sua localização.

Figura 19. Inserção do número da sala nos elementos Paredes

Fonte: elaborado pelo autor

A estratégia adotada para a construção do algoritmo se deu em função das características do elemento analisado, nesse caso paredes. O algoritmo cria uma geometria com o `Nó Element.Geometry` das paredes e dos ambientes (um sólido volumoso) (Figura 20).

Figura 20. Sólido volumoso criado no Dynamo a partir das informações geométricas dos elementos no Revit

Fonte: elaborado pelo autor

Esses sólidos têm função visual, estão associados aos elementos especificados e não interferem no modelo (aparecendo em vistas de projeto). Sua

finalidade é permitir uma análise da intersecção entre os elementos. Deste modo, é possível relacionar o número dos ambientes com as paredes que os intersectam, inserindo a informação de Número (do ambiente) a um parâmetro de instância como *Marca* (da parede) (Figura 21).

Figura 21. Nó Element.SetParameterByName

Fonte: elaborado pelo autor

Todo esse procedimento de identificação da localização da parede (de qual ambiente ela pertence) é necessário, pois estes elementos são considerados Famílias de Sistema. Ou seja, o Revit predefine um conjunto de propriedades e a representação gráfica destas famílias, porém ainda permitindo a criação de diferentes tipos. Entretanto, a identificação da localização destes elementos é limitada pela intersecção dela com um outro elemento. Como as paredes são modeladas na linha de contorno dos ambientes, dificilmente há intersecção entre eles. Então, para precisar sua localização, é preciso construir um “volume analítico” em torno dos elementos (paredes e ambientes) para que seja possível detectar a intersecção entre ambos.

4.5.1.3 Seleção dos parâmetros gerais das paredes

O quarto grupo de Nós, **Seleção dos parâmetros gerais das paredes** (), tem a função de extrair informações de parâmetros específicos. A determinação destes parâmetros varia conforme às necessidades levantadas.

Figura 22. Seleção dos parâmetros gerais das paredes

Fonte: elaborado pelo autor

Os Nós `Element.Id` (que fornecem a validação da individualidade de cada elemento), e `Element.Name` (associado ao *Type Name* de cada elemento, por exemplo Parede Cinza) extraem dados específicos de um elemento. Por sua vez, o Nó `Element.GetParameterValueByName` (Figura 21) busca um parâmetro qualquer especificado por uma *String* (Nó dedicado a textos dentro do Dynamo).

Figura 23. Nó Element.GetParameterValueByName

Fonte: elaborado pelo autor

Como resultado deste conjunto de nós, obtêm-se todas as informações agrupadas em uma única lista e enviadas para alimentar uma planilha do Microsoft Excel.

4.5.1.4 Levantamento da quantidade dos materiais em uma parede

O último grupo de Nós, **Levantamento da quantidade dos materiais em uma parede** (Figura 24), finaliza a rotina para extração das informações destes elementos.

Figura 24. Levantamento da quantidade dos materiais em uma parede

Fonte: elaborado pelo autor

Essa rotina se divide em duas etapas: a primeira parte dos tipos de materiais associados a uma parede e estabelece quais serão os cabeçalhos da planilha de levantamento de quantidades; e a segunda extrai as quantidades de cada um dos elementos (em metros quadrados) e apresenta-os em forma de tabela.

4.5.2 Rotinas Dynamo para manutenção de projetores

Projetores são equipamentos com um grau de utilização elevado para uma IES. São raros os casos em que um docente não utiliza estes equipamentos como recurso para melhor apresentar conceitos em sala de aula. No Autodesk Revit, projetores podem ser objetos de modelo categorizados como Equipamento Especial. Essa categorização permite uma segmentação dos objetos para fins de gerenciamento, quantificação e análise. Baseado nessa categorização, que o algoritmo foi desenvolvido no Dynamo.

Como todo objeto do Autodesk Revit, os projetores possuem parâmetros de tipo (caixa tracejada azul) e de instância (caixa tracejada vermelha) em destaque na Figura 25. Para cada um destes grupos, é possível inserir um parâmetro que estabelece a função e as características da informação em relação ao objeto.

Figura 25. Parâmetros do objeto projetor no Autodesk Revit

Fonte: elaborado pelo autor

Os parâmetros de tipo estão relacionados a todos os elementos de um determinado grupo, por exemplo, Modelo e Fabricante. Estes parâmetros definem

um tipo específico de projetores que estão sendo utilizados em um ambiente dentro do modelo BIM. Alterar os dados destes parâmetros significa especificar um novo tipo de projetor, ainda que algumas informações (como *Descrição*, *Código de montagem*, *Comentários de tipo*) possam ser semelhantes.

Em contrapartida, parâmetros de instância referem-se a valores que podem variar entre elementos de um mesmo tipo como, por exemplo, *Data da instalação*, *Data da última manutenção* e *Utilização média diária*. Qualquer informação associada a um parâmetro de instância diz respeito àquele elemento de forma isolada. Ou seja, não se aplica para um conjunto de elementos dentro de um grupo, mas aos elementos individualmente. No exemplo citado, foram utilizados parâmetros criados em função da necessidade de gerenciamento da IES que não estão presentes nativamente no *software*.

Figura 26. Estrutura da rotina Dynamo para extração das informações de projetores

Fonte: elaborado pelo autor

A Figura 26 apresenta a estrutura da rotina de programação desenvolvida no Dynamo que permite a extração das informações relativas aos projetores. O algoritmo pode ser dividido em três grupos: **Informações da sala**, **Informações relacionadas aos projetores** e **Compilação e exportação**.

4.5.2.1 Informações da sala

O primeiro conjunto de Nós (Figura 27), **Informações da sala**, tem por objetivo extrair as informações relativas aos ambientes do modelo BIM.

Figura 27. Informações da sala

Fonte: elaborado pelo autor

A rotina seleciona os ambientes criados dentro do modelo — no caso as salas de aula onde existiam projetores — e, por meio do Nó `Elements in Room`, reconhece os elementos pertencentes a este ambiente. Além disso, extrai os dados de identificação *Nome* e *Número da sala*.

4.5.2.2 Informações relacionadas aos projetores

O segundo conjunto de Nós (Figura 28), **Informações relacionadas aos projetores**, é o eixo central para o processo de exportação das informações dos projetores do modelo BIM.

Figura 28. Informações relacionadas aos projetores

Fonte: elaborado pelo autor

Na maioria das vezes, ao se iniciar uma rotina no Dynamo, o primeiro passo é identificar todos os elementos de uma determinada categoria que existam dentro do modelo. Para o presente trabalho, este procedimento foi realizado com os Nós `Categories` e `All Elements of Category`. O objetivo é identificar a categoria da qual um elemento faz parte (Equipamento especial para os projetores) e quantos elementos desta categoria existem no modelo.

Em seguida, foi realizada a extração de toda informação associada a parâmetros existentes na Família Revit de projetores com o Nó `Element.GetParameterValueByName`. Neste Nó é preciso indicar o elemento ao qual se pretende extrair a informação e qual o parâmetro escolhido (Figura 29). Há Nós existentes no Dynamo que permitem a extração de informações específicas, como o Nó `Element.Id` que mostra o ID de cada elemento no modelo. Entretanto, como foram criados parâmetros específicos é preciso utilizar um Nó mais abrangente.

Figura 29. Nó Element.GetParameterValueByName

Fonte: elaborado pelo autor

O conjunto de Nós apresentado na Figura 30 é responsável por calcular quantas horas de vida útil um projetor ainda possui a partir da data atual.

Figura 30. Nós de cálculo do tempo útil restante para um projetor

Fonte: elaborado pelo autor

Em suma, a informação da data de quando os equipamentos foram instalados é recebida pelo Nó **DateTime.FromString**, calculada a diferença em dias pelo Nó **TimeSpan.ByDateDifference** e então convertida para um formato numérico pelo Nó **TimeSpan.TotalDays** (Figura 31).

Figura 31. Nós TimeSpan.ByDateDifference e TimeSpan.TotalDays

Fonte: elaborado pelo autor

O Nó seguinte, com um asterisco, é do tipo operador matemático e tem como função executar a multiplicação entre dois valores fornecidos. Neste caso, multiplicou-se o valor de saída do Nó `TimeSpan.TotalDays` com o informado no parâmetro do elemento no Autodesk Revit, *Utilização média diária*. O resultado desta operação (que demonstra o quanto de horas já foi consumida pelo projetor) é então subtraído de outra informação oriunda de parâmetros do elemento, *Tempo de vida útil*. No final, tem-se a informação que é inserida dentro do parâmetro *Tempo de vida útil restante* do elemento no modelo BIM.

4.5.2.3 Compilação e exportação

O último conjunto de Nós já foi apresentado em outras rotinas Dynamo desenvolvidas ao longo deste trabalho.

Figura 32. Nós de compilação e exportação das informações dos projetores

Fonte: elaborado pelo autor

Basicamente, a rotina organiza todas as informações levantadas, cria uma lista e exporta para uma planilha do Microsoft Excel (Figura 32).

4.6 INTERVENÇÃO

Atualmente a FAAP tem passado por grandes transformações na esfera administrativa. Tais mudanças impactam não somente nas atividades e estratégias relacionadas com a condução acadêmica, mas também em fatores diretamente relacionados ao gerenciamento físico das edificações. Reformas, alterações e adequações de espaços, novos ambientes de trabalho, melhorias de acesso e mobilidade, são algumas das atividades que têm feito parte do dia a dia operacional da instituição. Assim, a demanda ao departamento de *Facilities Management* tem aumentado significativamente.

A metodologia escolhida para a condução deste trabalho, a *Design Science Research*, estabelece que após as fases de entendimento, análise e proposição de uma solução, exista um processo de intervenção. Nesta fase, o artefato desenvolvido anteriormente deve ser submetido ao processo atual, de modo que sua inserção altere ou proponha mudanças no estado atual das atividades analisadas.

Valendo-se do atual cenário de adequação das instalações prediais, em que os espaços institucionais passam por mudanças, e dos processos para cada um dos tipos de serviços apresentados no Capítulo 4.3 — Definição do Problema, a intervenção foi aplicada levando em consideração o planejamento atual previsto para obras na edificação. Tais obras incluem a reforma de espaços para utilização exclusiva dos professores de tempo integral e a modificação no *layout* de salas de aula para que permitam a aplicação de metodologias ativas de ensino.

Além das intervenções observadas diretamente em atividades desenvolvidas pela IES, realizou-se a aplicação de um breve questionário com o gerente de *Facilities* a fim de mapear os benefícios observáveis e concretos em que a aplicação do BIM pode contribuir para o melhor gerenciamento das instalações da edificação. A percepção do responsável por esses serviços é importante, pois permite validar a utilização dos dados presentes no modelo junto às necessidades institucionais.

Reformas e adequações realizadas nos espaços antes ocupados pelas coordenações de cursos (**Figura 33**) — deslocadas para outros locais já existentes — caracterizam o primeiro tipo de obra em execução atualmente nas instalações da instituição. Este tipo de serviço permite avaliar como o modelo BIM pode ser capaz de intervir na quantificação e melhor visualização das informações dos elementos construtivos. Inicialmente, este serviço apresenta ligação direta somente com os processos de manutenção de pintura, já que, por decisão da IES, optou-se por não realizar nenhum tipo de remoção de paredes ou outros elementos existentes, apenas uma pintura e a proposição de um novo *layout* de mobiliário mais adequado às necessidades dos futuros usuários das salas.

Figura 33. Modelo BIM destacando (em amarelo) os espaços antes ocupados pelas coordenações dos cursos de economia e engenharia

Fonte: elaborado pelo autor

O processo de medição das paredes para estimativa das quantidades de insumos a serem comprados para a execução da pintura foi realizada da forma tradicional, seguindo os fluxos apresentados no Capítulo 4.3 — Definição do Problema, e paralelamente com a utilização do modelo BIM. Enquanto o processo tradicional apresentou a necessidade de ao menos três profissionais e a utilização de ferramentas de medição manual, além do tempo de aproximadamente uma hora e meia para a execução dos procedimentos, o modelo BIM permitiu especificar em oito minutos as quantidades de áreas das paredes, definir a localização de cada uma das paredes e direcionar o dimensionamento da equipe apenas para a execução dos serviços, reduzindo o custo de homem-hora a ser pago.

O valor do tempo para a realização dos procedimentos com o modelo BIM, diz respeito ao instante em que a rotina foi inicializada, com posterior extração das informações dos elementos e uma verificação prévia dos valores em planilha. Uma

vez de posse destes dados, a tarefa de orçamentação torna-se mais simples e menos propensa a erros de medição.

O Quadro 2 apresenta, resumidamente, as informações extraídas do modelo BIM e que podem ser utilizadas pela equipe de manutenção. O *Número da Sala* é um parâmetro oriundo do ambiente do qual um elemento, no caso Parede, pode vir a pertencer; pode ser tanto um número quanto a indicação de uma localização (como apresentado na figura). O *Id do Elemento* e *Elemento* são informações nativas da ferramenta e usadas para controle dos elementos em um modelo e sua tipificação, respectivamente. As últimas três colunas em diante (*Alvenaria*, *Pintura Cinza/Branco* e *Pintura Azul*) são preenchidas em função dos materiais existentes no modelo. As quantidades aqui apresentadas estão em metros quadrados.

Quadro 2. Informações das paredes extraídas do modelo BIM

Número da Sala	Id do Elemento	Elemento	Alvenaria	Pintura Cinza/Branco	Pintura Azul
ENG - Coordenação	347624	Parede Cinza	20,54	41,08	
ENG - Coordenação	347624	Parede Cinza	20,54	41,08	
ENG - Coordenação	348239	Parede Cinza	15,84	31,68	
ENG - Coordenação	197872	Parede Cinza	0,905802	1,811604	
ENG - Coordenação	197870	Parede Cinza	1,3862088	2,7724176	
ENG - Coordenação	197870	Parede Cinza	1,3862088	2,7724176	
ENG - Coordenação	198009	Parede Alternativa	15,38244	23,91581356	6,849066438
ENG - Coordenação	348063	Parede Cinza	5,23	10,46	
ENG - Coordenação	347624	Parede Cinza	20,54	41,08	
ECO - Coordenação	348397	Parede Cinza	24,03	48,06	
ECO - Coordenação	348397	Parede Cinza	24,03	48,06	
ENG - Coordenação	198007	Parede Alternativa	14,77683	22,97424279	6,579417206
ENG - Coordenação	198009	Parede Alternativa	15,38244	23,91581356	6,849066438
ENG - Coordenação	347923	Parede Cinza	5,23	10,46	
ENG - Coordenação	347624	Parede Cinza	20,54	41,08	
ENG - Coordenação	347624	Parede Cinza	20,54	41,08	
ENG - Coordenação	348063	Parede Cinza	5,23	10,46	
ENG - Coordenação	197846	Parede Cinza	8,177808	16,148352	
ENG - Coordenação	197876	Parede Cinza	0,4804068	0,9608136	

Fonte: elaborado pelo autor

A rotina de programação, quando associada com a utilização de um modelo BIM e aplicada aos processos atuais da IES, atestou a eficiente localização e quantificação dos elementos construtivos avaliados. Considerando somente o processo de manutenção de pintura, a aplicação do modelo BIM demonstra alta capacidade de impacto nos processos relacionados ao Plano de Ação (tarefa especificada no fluxo de tarefas para a manutenção de pinturas apresentada no Capítulo 4.3.2).

A intervenção para os elementos projetores e luminárias seguem padrões de aplicações semelhantes. Para ambos os itens, o tempo de vida útil, a localização, o controle de datas de instalação e manutenção, bem como informações relacionadas aos fornecedores são importantes para complementar o processo de manutenção institucional. As análises e avaliações quanto à aderência do modelo BIM para estes processos foi realizada em conjunto com os departamentos de *Facilities Management* (manutenção), suas subdivisões (almoxarifado e compras) e o Audiovisual.

A Figura 34 apresenta os dados levantados para os projetores do 1º andar do Prédio 3. Segundo dados do departamento de áudio visual da FAAP, o tempo de utilização média diária para os projetores é de 4,5 horas. O calendário institucional de dias letivos apresenta uma média de 225 dias de aula por ano.

Figura 34. Informações dos projetores extraídas do modelo BIM

Ambiente	Número da Sala	ID	Objeto	Modelo	Fabricante	Data da Instalação	Data da última manutenção	Responsável na última manutenção	Tempo de vida útil	Tempo de vida útil restante	Utilização média diária
Sala	3110	331357	Projetor	Info. Modelo	Info. Fabricante	14/01/2019	20/01/2020	Colaborador	3000	1821	4,5
Sala	3108	333828	Projetor	Info. Modelo	Info. Fabricante	14/01/2019	20/01/2020	Colaborador	3000	1821	4,5
Sala	3106	333858	Projetor	Info. Modelo	Info. Fabricante	14/01/2019	20/01/2020	Colaborador	3000	1821	4,5
Sala	3104	337441	Projetor	Info. Modelo	Info. Fabricante	14/01/2019	20/01/2020	Colaborador	3000	1821	4,5
Sala	3102	337442	Projetor	Info. Modelo	Info. Fabricante	14/01/2019	20/01/2020	Colaborador	3000	1821	4,5
Sala	3105	338111	Projetor	Info. Modelo	Info. Fabricante	14/01/2019	20/01/2020	Colaborador	3000	1821	4,5
Sala	3107	338112	Projetor	Info. Modelo	Info. Fabricante	14/01/2019	20/01/2020	Colaborador	3000	1821	4,5

Fonte: elaborado pelo autor

O valor apresentado na coluna *Tempo de vida útil restante* refere-se ao parâmetro de mesmo nome criado nos elementos do modelo BIM. Dentre os parâmetros criados, este é o único que é calculado em função do tempo de vida útil informado, da data de instalação dos equipamentos e da utilização média diária. Sua existência permite uma eficiente utilização do modelo de modo que seja possível acompanhar o desgaste da lâmpada do projetor e planejar sua manutenção.

Luminárias seguem o mesmo padrão que os projetores. Os parâmetros avaliados são essencialmente os mesmos, porém há uma diferença significativa quanto ao ciclo de manutenção, já que ambos são medidos em função da durabilidade em horas dos equipamentos. O 1º andar do Prédio 3 (que serve como objeto de estudo deste trabalho) possui luminárias com lâmpadas em LED. Segundo a Administração, o fornecedor garante uma durabilidade de até 25 mil horas. Outros locais no *campus* possuem lâmpadas fluorescentes, com durabilidade de até 8 mil horas.

Para ambos os tipos de elementos — projetores e luminárias — questões apontadas como problemas estão relacionadas ao controle da vida útil e a manutenções cíclicas, que em muitas das vezes são realizadas mais em função de uma demanda emergencial do que por meio de um controle de uso e operação dos itens, que poderiam ser melhor gerenciados a partir da inserção de um modelo BIM em seus processos. Tanto para o departamento de Audiovisual, como para a equipe de FM, a rápida identificação dos elementos e a precisão do tempo necessário para manutenção através de dados relacionados com a data de instalação e a utilização do equipamento são melhorias significativas para o processo.

Projetores e luminárias passaram por uma análise situacional e simulada sistematicamente com os responsáveis diretos pela manutenção e controle destes equipamentos. Ou seja, ao analisar os processos relativos a estes elementos, o objetivo concentrou-se em simular condições reais de uso e operação em que eles são submetidos, de modo a avaliar o impacto da aplicação de um modelo BIM para estes processos.

Entretanto, todos os serviços objeto de estudo deste trabalho foram discutidos em reuniões com o gerente de *Facilities Management* da FAAP e ponderados quanto às implicações que uma eventual alteração nos processos atuais poderia causar para o andamento das atividades das equipes.

4.7 APRENDIZAGEM E AVALIAÇÃO

Por fim, a última etapa da metodologia proposta: Aprendizagem e Avaliação. A partir do que foi possível observar e validar na fase de Intervenção, agora o objetivo é avaliar o projeto de solução de modo que seja possível aprender a trabalhar dentro de um novo cenário, o que requer tempo, esforço e atenção.

Uma vez apresentado um processo que permite a utilização das informações de elementos construtivos a partir de um modelo BIM, sabe-se que a correta manipulação destes dados a fim de alimentar sistemas de compras, controle,

operação e manutenção, pode solucionar problemas críticos de ineficiência da gestão de serviços prediais.

A avaliação e aprendizagem do processo proposto foi realizada junto ao responsável pelo departamento de *Facilities Management*. Atuando pela FAAP há 14 anos, é responsável por toda a controladoria administrativa dos *campi* São Paulo, São José dos Campos e Ribeirão Preto. Além disso, tem experiência em empresas como Fiat, Corretora de Valores BCO Lavra, Fundação Carlos Chagas, Fonte Petrópolis e Hospital São Luiz. Em todos estes locais, o trabalho desenvolvido estava relacionado com processos de manutenção das instalações prediais no que diz respeito à compra e controle de desempenho de equipamentos de uso comum (luminárias, projetores, equipamentos de audiovisual), conservação e manutenção de elementos prediais e reformas.

A primeira etapa do processo de avaliação levou em consideração os aspectos operacionais relacionados aos procedimentos de manutenção de projetores, pinturas e luminárias. Ou seja, o quão benéfico é a aplicação de um modelo BIM para a operação destas manutenções; sabendo que um modelo tridimensional inteligente permite a concentração das informações relativas a qualquer elemento construtivo de uma edificação.

Para o gerente de FM, a utilização de um modelo BIM dentro dos processos de gerenciamento da edificação da IES é altamente relevante, permitindo o aprimoramento de tarefas relacionadas com a manutenção dos equipamentos, novas abordagens para a equipe que pode identificar de maneira rápida condições únicas do estado de equipamentos e/ou dos elementos construtivos da edificação. Além disso, foi ressaltado o quão importante é para a equipe de manutenção a capacidade visual que um modelo BIM proporciona, permitindo visualizar elementos e informações que antes poderiam passar despercebidas, como interferências entre elementos da edificação.

Quando discutido sobre a importância da utilização do modelo BIM em relação aos processos de previsão de quantidade para manutenção, foi consonante

que ao ser incorporado aos processos atuais o modelo tem um papel muito importante. Além dos benefícios já mencionados, a precisão no levantamento das informações necessárias para a realização de compras e até mesmo para o dimensionamento de equipes de trabalho, é mais bem apurada.

Outro ponto abordado na avaliação do gerente de FM da FAAP foi com relação à gestão da manutenção predial a partir da criação de parâmetros específicos no modelo e que se relacionam com as necessidades institucionais, como o tempo de vida útil (durabilidade) dos equipamentos, controle das datas de instalação e manutenção e tempo médio de utilização diária. Para a Administração, todas essas propriedades permitem um melhor planejamento das atividades ao longo dos semestres, auxiliam na determinação dos custos de materiais e no acompanhamento dos usuários para estas variáveis.

Nesse contexto, o modelo BIM oferece condições extremamente favoráveis de planejamento (construtivo e econômico) para reformas ou adequações em função de atividades educacionais e exigências administrativas relacionadas com o MEC ou acessibilidade.

Por fim, as duas principais barreiras para implementação de um modelo BIM aos processos institucionais de manutenção predial seriam questões relacionadas a pessoas e *softwares*. A primeira barreira — pessoas — diz respeito não só as dificuldades de implantação do processo de modo geral, mas quanto à organização interna de um grupo de profissionais capacitados a utilizar um modelo a partir dessa nova abordagem. A segunda dificuldade apontada — *softwares* — restringe a adoção de uma proposta como essa a questões financeiras, mais especificamente ao alto valor de aplicações disponíveis no mercado focadas em *Facilities Management*.

5 CONCLUSÃO

A fase de operação e manutenção de uma edificação representa um importante momento do seu ciclo de vida. A grande quantidade de informações desenvolvidas durante as fases de projeto e construção apontam para diferentes oportunidades de utilização nas fases subsequentes. Este volume de dados pode ser utilizado para direcionar tomadas de decisão cujo objetivo seja o uso eficiente de uma edificação. A partir dos conceitos abordados no Referencial Teórico, foi possível compreender que a aplicação de práticas de *Facilities Management* tem por objetivo garantir o ideal funcionamento de uma edificação. Para isso, é importante que pessoas, locais, processos e tecnologias estejam integrados. Neste contexto, a Modelagem da Informação da Construção pode ser explorada como uma opção metodológica junto ao FM, apresentando alternativas de solução para questões relativas à operação e manutenção de uma edificação.

Para Instituições de Ensino Superior, em que a natureza de suas atividades é complexa e cíclica, pois dependem de rotinas acadêmicas, processos de serviços relacionados à limpeza e segurança e eventos educacionais, a contribuição do BIM ao FM possibilita um novo paradigma para visualização, análise e gerenciamento das informações dos elementos pertencentes a uma edificação de um *campus*. Assim, apesar de apresentarem características semelhantes a outros tipos de construções verticais, as edificações de uma IES possuem especificidades que requerem um gerenciamento focado em situações muito particulares.

A presente pesquisa utilizou uma metodologia denominada *Design Science Research*, a partir uma abordagem proposta segundo Van Arken, Berends e Van der Bij (2012), na qual apresentam um fluxo de trabalho dada uma situação problemática, sendo desenvolvida na seguinte ordem: Definição do Problema, Análises e Diagnósticos, Projeto da Solução, Intervenção e por fim Aprendizagem e Avaliação.

Ao avaliar as condições de uso e operação das edificações da IES, definindo o problema a ser abordado, optou-se por serviços identificados junto ao

departamento responsável pela gestão predial como críticos nos processos atuais, no caso manutenção de projetores, pintura de paredes e luminárias. Esta definição foi resultado do mapeamento, desenvolvimento e análise sistemática dos atuais processos para cada um destes serviços e que estão diretamente relacionadas com tarefas de rotinas da edificação.

Uma vez realizada a construção do cenário, empregou-se tempo para o desenvolvimento do modelo BIM da edificação. Como o objetivo da DSR é representar um cenário suficientemente representativo, de modo que posteriormente seja possível generalizar, foi desenvolvido um modelo do Prédio 3, mas com o foco direcionado para os elementos das salas de um único andar. Como os andares se assemelham, divergindo em informações que não afetam a avaliação do processo (como área, dimensões do espaço físico, distribuição por andar das salas), foi possível utilizar essa análise circunstancial como premissa passível de generalização e aplicação futura.

Neste processo, o modelo BIM apresentou-se de forma extremamente importante para a criação do vínculo entre as necessidades relativas à manutenção e operação apontadas pela IES e o gerenciamento — inclusive a visualização — destas informações. Os elementos do modelo BIM foram desenvolvidos com LOD 500, ou seja, um nível de representação relativo ao estado como construído (*as building*). Não obstante, foi necessária a inclusão de novos parâmetros em cada elemento em função das necessidades mapeadas no início do processo. Estas informações tinham como objetivo aprimorar os procedimentos de levantamento de quantitativo (emissão de ordens de compras, especificação de tipos de equipamentos, descrição geral de quantidades) e a localização dos elementos na edificação.

O Projeto de Solução da presente pesquisa estabelece a adoção do modelo BIM como meio agregador e visualizador das informações dos elementos construtivos. Além disso, prescreve a utilização do Dynamo como ferramenta tecnológica e integradora junto ao Autodesk Revit, cujo objetivo de gerar relatórios de controle e organização das informações em formatos compatíveis com sistema

de gestão interno da IES (planilhas do Microsoft Excel, por exemplo) foi possível de ser verificado.

Quando apresentado o Projeto de Solução para o departamento de *Facilities Management* e para a Diretoria Mantenedora da IES, foi possível verificar aplicações junto às necessidades atuais de gerenciamento do *campus*. A proposta apresenta vantagens e práticas que são de interesse institucional, garantindo economia não só de tempo, mas também de recursos financeiros.

Deste modo, a presente pesquisa apresenta um caminho tangível e documentado de como o BIM pode contribuir com práticas de FM especificamente para edificações em IES. A proposta apresentada procura subsidiar instituições que entendam a importância do correto gerenciamento da manutenção em suas instalações e que decidam por adotar uma integração entre um modelo BIM com seus processos atuais.

REFERÊNCIAS

AFEDIZIE, E. et al. **BIM for Facility Managers: Case Study 4 - Implementation of BIM and FM at Xavier University**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2013.

ANDRADE, P. D. M. F. D. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil - Universidade Nova de Lisboa. **Avaliação de benefícios da integração do BIM nas operações de Facilities Management**, Lisboa, março 2014. 143.

ASPUREZ, V.; LEWIS, A. **BIM for Facility Managers: Case Study 3 - USC School of Cinematic Arts**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2013.

ATTAR, R. et al. 210 King Street: A Dataset for Integrated Performance Assessment. **SimAUD 2010**, Orlando, 2010.

AUTODESK. Sobre o Revit. **Autodesk Revit 2019**, 2019. Disponível em: <<https://help.autodesk.com/view/RVT/2019/PTB/?guid=GUID-D8835F8E-1330-4DBC-8A55-AF5941056C58>>. Acesso em: 05 outubro 2019.

BEATTY, R. et al. **BIM for Facility Managers: Case Study 2 - Texas A&M Health Science Center**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2013.

BECERIK-GERBER, B. et al. Application Areas and Data Requirements for BIM-Enabled Facilities Management. **Journal of Construction Engineering and Management**, [s.i], Março 2012. p. 431-442.

BEST, R.; LANGSTON, C.; VALENCE, G. D. **Workplace Strategies and Facilities Management: Building in Value**. 1. ed. [S.l.]: Butterworth-Heinemann, 2003.

BIMFORUM. Level of Development (LOD) Specification Part I & Comentary: For Building Information Models and Data. **BIMForum**, p. 256, abril 2019.

BIMFORUM. LOD: Lod of Development. **BIMForum**, 2019. Disponível em: <<https://bimforum.org/lod/>>. Acesso em: 04 fevereiro 2019.

BURG, A.; MEALY, C. Xavier University's Facility Management BIM Integration: a case study. **BIMFORUM**, outubro 2012. Disponível em: <<https://bimforum.org/fall-2012-bimforum-agenda/xavier-universitys-facility-management-bim-integration-a-case-study/>>. Acesso em: 1 abril 2019.

CHAKRABARTI, A. A course for teaching design research methodology. **Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing**, 2010. p. 317-334.

COMPUTER INTEGRATED CONSTRUCTION RESEARCH PROGRAM (CICRP). The Pennsylvania State University. **BIM Planning Guide for Facility Owners**, 2013. Disponível em: <<https://www.bim.psu.edu/>>. Acesso em: 11 abril 2019.

CREATIVYST INC. The Comma Separated Value (CSV) File Format. **Creativyst**, 2010. Disponível em: <<http://creativyst.com/Doc/Articles/CSV/CSV01.htm>>. Acesso em: 26 janeiro 2020.

DENNING, P. J. A new social contract for research. **Communications of the ACM**, New York, v. 40, n. 2, p. 132-134, fevereiro 1997.

DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; JÚNIOR, J. A. V. A. **Design Science Research**: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia. Porto Alegre: Bookman, 2015.

DYNAMO. Nodes. **The Dynamo Primer**, 2019. Disponível em: <<https://primer.dynamobim.org/index.html>>. Acesso em: 04 outubro 2019.

DYNAMO. What is Dynamo? **The Dynamo Primer**, 2019. Disponível em: <https://primer.dynamobim.org/01_Introduction/1-2_what_is_dynamo.html>. Acesso em: 5 outubro 2019.

EAST, B. Construction Operations Building Information Exchange (COBie). **National Institute of Building Sciences (WBDG)**, 2016. Disponível em: <<http://www.wbdg.org/resources/construction-operations-building-information-exchange-cobie>>. Acesso em: 8 março 2019.

EAST, B.; MANGUAL, M. C. The Cobie Guide: a commentary to the NBIMS-US COBie standard. **National Institute of Building Sciences**, 2012. Disponível em: <<https://portal.nibs.org/files/wl/?id=GvMvniYRQOUN77pPyhtx2QXVqOgNmpie>>. Acesso em: 12 abril 2019.

EAST, W. E. **Construction Operations Building Information Exchange (COBIE): Requirements Definition and Pilot Implementation Standard**. Construction Engineering Research Laboratory (CERL) - US Army Engineer Research and Development Center. Champaign, p. 195. 2007.

EAST, W. E.; KALIN, M. National Institute of Building Sciences, buildingSMART alliance. **Specifiers' Properties information exchange (SPie)**, 2012. Disponível em: <https://www.nibs.org/page/bsa_spie>. Acesso em: 12 abril 2019.

EASTMAN, C. et al. **Manual de Bim - Um Guia de Modelagem da Informação da Construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. 1ª. ed. [s.i.]: Bookman Companhia, 2014.

FAAP - FUNDAÇÃO ARMANDO ALVARES PENTEADO. Projeto Pedagógico Institucional. **Fundação Armando Alvares Penteado**, 2019. Disponível em: <<http://www.faap.br/pdf/faculdades/direito/portaria40/P40%20DIR%20PPI%20190312.pdf>>. Acesso em: 31 mar. 2019.

FISCHER, C.; GREGOR, S. Forms of Reasoning in the Design Science Research Process. In: JAIN, H.; SINHA, A. P.; VITHARANA, P. **Service-Oriented Perspectives in Design Science Research - 6th International Conference: DESRIST 2011**. Milwaukee: Springer, v. 6629, 2011. p. 17-31.

FURTADO, M. F. et al. Gerenciamento de facilidades na Unidade II do Centro Universitário FEEVALE, Novo Hamburgo (RS). **Exacta**, São Paulo, v. 3, p. 95-102, 2005.

GALLAHER, M. P. et al. **Cost Analysis of Inadequate Interoperability in the U.S. Capital Facilities Industry**. National Institute of Standards and Technology. [S.I.], p. 210. 2004.

GEORGIA INSTITUTE OF TECHNOLOGY. Campus Master Plan. **Georgia Tech - Capital Planning & Space Management**, 2019. Disponível em: <<http://www.space.gatech.edu/campus-master-plan>>. Acesso em: 24 março 2019.

GSA - GENERAL SERVICES ADMINISTRATION. BIM Guides. **BIM Guide For Facility Management**, 2011. Disponível em: <https://www.gsa.gov/cdnstatic/largedocs/BIM_Guide_Series_Facility_Management.pdf>. Acesso em: 7 março 2019.

HARDIN, B.; MCCOOL, D. **BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods and Workflows**. 2ª ed. ed. [S.I.]: Wiley, 2015.

HEVNER, A. R. et al. Design science in information systems research. **MIS Quarterly**, Tucson, Março 2004. 75-105.

INDIANA UNIVERSITY. Facility Operations: Bloomington, 2018. Disponível em: <<http://facilityoperations.indiana.edu/>>. Acesso em: 25 março 2019.

INTERNATIONAL FACILITY MANAGEMENT ASSOCIATION. What is Facility Management?, 2018. Disponível em: <<http://www.ifma.org/about/what-is-facility-management>>. Acesso em: 5 setembro 2018.

ISIKDAG, U. **Enhanced Building Information Models: Using IoT Services and Integration Patterns**. 1. ed. [S.l.]: Springer International Publishing, 2015.

ISSA, R. R. A.; LIU, R. **Issues in BIM for Facility Management from Industry Practitioners' Perspectives**. Computing in Civil Engineering. [S.l.], p. 411-418. 2013.

KENSEK, K. BIM Guidelines Inform Facilities Management Databases: A Case Study over Time. **Buildings**, 14 agosto 2015. 899-916.

LACERDA, D. P. et al. Design Science Research: método de pesquisa para engenharia de produção. **Gestão & Produção**, São Carlos, 2013. 741-761.

LEE, S. -K.; AN, H. -K.; YU, J. -H. An Extension of the Technology Acceptance Model for BIM-based FM. **Construction Research Congress 2012**, West Lafayette, Indiana, United States, 11 Julho 2012. p. 602-611.

LEWIS, A. **Bim for Facility Managers: Case Study 6 - Implementation of BIM and FM at Xavier University**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2013.

LORD, A. L.; PRICE, I.; STEPHENSON, P. Emergent Behavior in a New Market - Facilities Management in the UK, 2002. Disponível em: <http://www2.ifm.eng.cam.ac.uk/mcn/pdf_files/part7_1.pdf>. Acesso em: 27 março 2019.

MARCH, S. T.; SMITH, G. F. Design and natural science research on information technology. **Decision Support Systems**, Minneapolis, 1995. 251-266.

MARCONI, M. D. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5ª. ed. São Paulo: Atlas S.A., 2003.

MILHEIRO, J. B.; SANTOS, A. R.; PACHECO, M. T. T. Atuação da Engenharia de Manutenção durante as atividades de Comissionamento: Estudo de Caso. **Unisanta Science and Technology**, Santos, 6 julho 2013. 31-35.

MOTA, P.; RUSCHEL, R. Caracterização de modelos BIM com foco em gestão de ativos. **Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção**, Fortaleza, 8 a 10 novembro 2017. 159-169.

MOTAMEDI, A.; HAMMAD, A.; YOOSEF, A. Knowledge-assisted BIM-based visual analytics for failure root cause detection in facilities management. **Automation In Construction**, [s.l.], julho 2014. p. 73-83.

MOTAWA, I.; ALMARSHAD, A. Built Environment Project and Asset Management. **Case-based reasoning and BIM systems for asset management**, [s.l.], 6 julho 2015. p. 233-247.

PHILLIPS, J. A.; THOMAS, R.; THOMPSON, T. BIM Standards & Guidelines - An Indiana University Case Study. **COAA Owner Training Institute**, 2011. Disponível em: <<http://coaa.peachnewmedia.com/store/seminar/seminar.php?seminar=6992>>. Acesso em: 25 março 2019.

QUINELLO, R.; NICOLETTI, R. J. **Gestão de Facilidades**. São Paulo: Novatec Editora, 2006.

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

SANTOS, K. D. P. B. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil - Universidade Federal do Espírito Santo. **Gestão da Manutenção de edificações com o BIM - Enfoque nas manifestações patológicas de elementos da construção**, Vitória, novembro 2017. 203.

SHEN, W.; HAO, Q.; XUE, Y. A loosely coupled system integration approach for decision support in facility management and maintenance. **Automation in Construction**, [s.l.], agosto 2012. p. 41-48.

SIMON, H. A. **The Sciences of the Artificial**. 3ª ed. ed. Cambridge: MIT Press, 1996.

SOARES, J. D. R. T. Dissertação de Mestrado do Curso de Engenharia Civil, Gestão da Construção, Instituto Superior de Engenharia do Porto. **A metodologia BIM-FM aplicada a um caso prático**, Porto, 5 outubro 2013. p. 180.

SUCCAR, B. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in Construction**, Newcastle, 10 outubro 2008. 357-375.

TELES, R. P. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo - Universidade Federal da Bahia. **Sistema de alocação de espaços para a FAUBA: uma aplicação de Facilities Management**, Salvador, Dezembro 2016. p. 250.

THABET, W.; LUCAS, J.; JOHNSTON, S. A Case Study for Improving BIM-FM Handover for a Large Educational Institution. **Construction Research Congress**, San Juan, 2 Junho 2016. p. 2177-2186.

THE BRITISH STANDARDS INTITUTION. **BS 8210-2012**: Guide to facilities maintenance management. 2. ed. [S.l.]: England: Bsi Standards Limited, 2012.

THE NATIONAL STANDARDS AUTHORITY OF IRELAND (NSAI). IS EN 15221-1: Facility Management - Part 1: Terms and definitons, Dublin, 2006.

VAN AKEN, J. E. The research design for design science research in management, Eindhoven, 2011.

VAN ARKEN, J. E.; BERENDS, H.; VAN DER BIJ, H. **Problem solving in organizations**. 2^a. ed. [S.l.]: Univerty Press Cambridge, 2012.

VOLK, R.; STENGEL, J.; SCHULTMANN, F. Building Information Models (BIM) for existing buildings – literature review and future needs. **Automation in Construction** **38**, 2014. 109-127.