http://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc
https://doi.org/10.20396/parc.v13i00.8665320

APLICAÇÃO DA MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO NAS ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO E OPERAÇÃO DE EDIFICAÇÕES

APPLICATION OF BUILDING INFORMATION MODELING IN BUILDING MAINTENANCE AND OPERATION ACTIVITIES

Elis Mayumi Yamamoto Borrelli [1]

Sergio Scheer [2]

[1] Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil, elisyamamoto@gmail.com
[2] Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil, scheer@ufpr.br

Contribuição dos autores:
EMYB: conceituação, curadoria de dados, análise formal, investigação, metodologia, administração de projetos, programas, supervisão, validação, visualização, escrita, escrita – rascunho original, escrita – revisão e edição; **SS**: conceituação. Metodologia, administração de projetos, supervisão, validação, visualização, escrita – revisão e edição.

Fomento: Não houve fomento
Declaração de conflito: nada foi declarado.

Editora Responsável:
Regina Coeli Ruschel

Resumo

Os gerentes de instalações gastam muito tempo para encontrar as informações necessárias para apoiar suas atividades de manutenção e operação. Para melhorar o desempenho na identificação das informações a Modelagem da Informação da Construção (*Building Information Modeling* - BIM) pode ser utilizada. A presente pesquisa teve como objetivo explorar uma estrutura de requisitos para aplicação de um projeto desenvolvido em BIM de modo a gerar modelos adequados ao uso no gerenciamento da manutenção e operação de edifícios. A estratégia de pesquisa foi a de um estudo de caso, utilizando um projeto piloto desenvolvido em BIM, em LOD 300, que foi atualizado para a utilização em atividades de manutenção e operação. Para a transferência dos dados utilizou-se ferramentas como o Revit e o YouBIM e o esquema de dados COBie. Também foi exposto como o setor de manutenção e operação opera atualmente (as-is) e, futuramente, como poderá melhorar (*to-be*) com a utilização do BIM aliado a um *software* de *Facility Management* (FM) para auxiliar no gerenciamento das atividades de manutenção e operação das edificações. Além disso, foram expostos os desafios da importação de dados, a integração da documentação de FM com o BIM, o controle de qualidade de dados do BIM e os elementos que foram atualizados para o LOD 500. Como resultados do estudo de caso, foi elaborado um quadro com os requisitos utilizados nesta pesquisa para a aplicação do BIM em FM para manutenção e operação e, como contribuição, foi apresentada uma sugestão de fluxo em BIM para FM utilizando a notação *Buissiness Process Modelling Notation* (BPMN).

Palavras-chave: *Building Information Modeling. Facility Management*. Manutenção e operação de edifícios. COBie.

Abstract

Facility managers spend much time finding the necessary information to support their maintenance and operation activities. Building Information Modeling (BIM) can be used to improve performance in identifying information. The present research aimed to explore a structure of requirements for the application of a project developed in BIM to generate models suitable for use in managing the maintenance and operation of buildings. The research strategy was a case study using a pilot project developed in BIM in LOD 300, which was updated for use in maintenance and operation activities. Tools such as Revit, YouBIM, and the COBie data schema were used to transfer the data. It was also exposed how the maintenance and operation sector currently operates (as-is) and, in the future, how it can improve (to-be) with the use of BIM combined with a Facility Management (FM) software to assist in the management of activities maintenance and operation of buildings. In addition, the challenges of importing data, the integration of FM documentation with BIM, the quality control of BIM data and the updated elements for the LOD 500 were exposed. As a result of the case study, a table was prepared with the requirements used in this research to apply BIM in FM for maintenance and operation. A suggestion of flow in BIM for FM was presented using the Business Process Modeling Notation. (BPMN) as a contribution of this study.

Keywords: Building Information Modeling. Facility Management. Maintenance and operation of buildings. COBie.

How to cite this article:

BORRELLI, E. M. Y.; SCHEER, S. Aplicação da Modelagem da Informação da Construção nas atividades de manutenção e operação de edificações. **PARC Pesq. em Arquit. e Constr.**, Campinas, SP, v. 13, p. e022023, 2022. DOI: https://doi.org/10.20396/parc.v13i00.8665320

Submitted 16.04.2021 – Approved 16.05.2022 – Published 11.07.2022

Introdução

A manutenção de um edifício engloba as atividades que os gerentes de instalações desempenham para garantir que as instalações continuem a cumprir suas funções pretendidas. O período de manutenção e operação é o mais longo no ciclo de vida de um edifício, no qual a maioria das despesas naturalmente se acumulam (LEE; AKIN, 2011).

A vida útil e os níveis de desempenho dos sistemas que compõem uma edificação são fatores que justificam o investimento na aplicação de recursos para a manutenção predial. A durabilidade das edificações está ligada diretamente à rotina de manutenção e custos, impostos pela forma de utilização pelo usuário. Observa-se, em geral, que os administradores de manutenção predial não veem a necessidade de aplicar uma manutenção planejada, organizada e especializada (ARAÚJO NETO, 2015).

O pessoal responsável pelas atividades de gerenciamento de instalações (*Facility Management – FM*) gasta muito tempo para encontrar as informações necessárias para apoiar suas atividades operacionais, sendo que a maior parte do tempo gasto é sem valor agregado em seus processos e, portanto, tem implicações financeiras negativas na organização (HUNGU, 2013). Para gerenciar esses dados, a introdução de tecnologia de modelagem de informações da construção (*Building Information Modeling* - BIM) pode ser utilizada, pois tem a capacidade de transportar informações gráficas e não gráficas sobre todos os aspectos do projeto, desde requisitos gerais até o gerenciamento da instalação (WEYGANT, 2011).

Além disso, o Estudo de Interoperabilidade do NIST, de 2002, indicou que dos US$ 15,8 bilhões perdidos em custos anuais devido à interoperabilidade inadequada, dois terços ocorrem durante as fases de operação e manutenção (GALLAHER *et al*., 2004).

Como as atividades de FM e todos os processos de tomada de decisão relacionados envolvem uma grande quantidade de dados, é essencial ter acesso às informações em tempo real para tornar a manutenção da instalação mais viável e eficiente (GOLABCHI; AKULA; KAMAT, 2013). Um dos principais desafios do setor de FM é a quantidade intensiva de dados que devem ser capturados e gerenciados durante o ciclo de vida da instalação (NAGHSHBANDI, 2016).

A Especificação Nacional de Construção (*National Building Specification – NBS*), tem monitorado a adoção do BIM no Reino Unido por quase uma década e, durante este período, a adoção e conscientização a respeito do BIM vêm crescendo gradativamente. Em NBS (2019), observou-se que entre 2011 e 2019 a percepção e uso do BIM aumentou de 13% para 69%. Nesse mesmo relatório, quase três quartos (73%) acreditam que o BIM resulta em economia de operação e manutenção.

O presente trabalho é parte do estudo de caso para uma pesquisa de mestrado, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil, da Universidade Federal do Paraná (UFPR). O objetivo desta pesquisa é de explorar uma estrutura de requisitos para aplicação de sistemas de autoria BIM de modo a gerar modelos adequados ao uso no gerenciamento da manutenção e operação de edifícios. Considerando o cenário do BIM para o FM o problema de pesquisa pode ser colocado como a seguinte questão: como a utilização de *Building Information Modeling* (BIM) pode auxiliar no gerenciamento de instalações de modo a permitir melhores práticas?

Fundamentação

Building Information Modeling ou Modelagem da Informação da Construção

Segundo o NBS (2019), a maneira como o BIM é definido é um fator-chave. Para alguns, a adoção do BIM é exigida na fase de projeto usando as ferramentas de modelagem 3D. Para outros, no entanto, o BIM é definido pelos padrões relevantes que o descrevem como um processo.

Para Eastman *et al.* (2014), o modelo BIM contém geometria exata e os dados relevantes, necessários para dar suporte à construção, fabricação e ao fornecimento de insumos para a construção.

Como o BIM é muito abrangente e atualmente existem várias definições, a que mais se encaixa no contexto da presente pesquisa é a seguinte do EUBIM (2017, p.4):

> *O BIM é uma forma digital de construção e operações de ativos. Ele reúne tecnologia, melhorias de processo e informações digitais para melhorar radicalmente os resultados de clientes e projetos e operações de ativos. O BIM é um facilitador estratégico para melhorar a tomada de decisões para edifícios e ativos de infraestrutura pública em todo o ciclo de vida. Aplica-se a novos projetos de construção; e, fundamentalmente, o BIM apoia a renovação, a remodelação e a manutenção do ambiente construído - a maior parte do setor.*

Dentro disso, a Especificação de LOD (*Level Of Development*) ou Nível de Desenvolvimento (ND) é uma ferramenta de referência destinada a melhorar a qualidade da comunicação entre os usuários dos projetos em BIM sobre as características dos elementos nos modelos (BIMForum, 2018).

O LOD determina a maturidade das informações dos entregáveis de um projeto, sendo uma referência utilizada em contratos e/ou manuais de modelagem (SUZUKI, 2020).

Por outro lado, as fases de um projeto são entendidas como um fluxo em um processo técnico para a obtenção do projeto final proposto (construção nova, ampliação, reforma e demolição). Desta forma, faz-se necessário organizar as fases e etapas de desenvolvimento dos projetos executivos de acordo com o nível de desenvolvimento de cada projeto (SANTA CATARINA, 2014).

Segundo CIC (2011), para enfatizar o ciclo de vida das informações, um conceito central do procedimento de um plano de execução BIM, é identificar os usos apropriados, começando pelos possíveis usos finais das informações no modelo. Essa perspectiva de "começar com o fim em mente" identificará as informações que devem ser suportadas por processos anteriores no ciclo de vida do projeto, assim a equipe se concentrará em identificar dados reutilizáveis do projeto e trocas importantes de informações (CIC, 2011).

Gerenciamento das instalações ou Facility Management (FM)

De maneira geral, as tarefas de gerenciamento de instalações começam assim que ocorre a entrega de um prédio após a construção, e o edifício começa a ser utilizado, e continuam até que o edifício seja demolido (HUNGU, 2013). As atividades de gerenciamento de instalações exigem dados de instalações relevantes, precisos, estruturados e acessíveis, criados durante as fases de projeto e construção da instalação e que devem ser mantidos durante toda a operação e fase de manutenção (THABET; LUCAS, 2017). Ademais, os principais desafios enfrentados pelos gerentes de instalações

são: a falta de informações atualizadas, integração e transparência nas múltiplas funções do FM (KIVINIEMI; CODINHOTO, 2014).

Segundo a Associação Internacional de *Facility Management* (IFMA), existem 11 competências do *Facility Management*. Nesta pesquisa estudaremos apenas a parte de operações e manutenção. O *Facility Management* demanda um profissional multidisciplinar com base em teorias e princípios de engenharia, arquitetura, contabilidade, finanças, gestão e ciência comportamental (MOREIRA; RUSCHEL, 2015).

Um papel primordial dos gerentes de instalações é gerenciar e/ou supervisionar a operação da instalação (IFMA, 2018). Para isso, é aconselhável que os gerentes das instalações tenham conhecimento prático dos sistemas e estruturas dos edifícios, para que as instalações e todos os seus sistemas funcionem de maneira eficiente, confiável, segura e consistente com os regulamentos e normas existentes.

Além das 11 competências do *Facility Management* que são: ocupação e fatores humanos; operações e manutenção; sustentabilidade; gestão de informação de instalações e gestão de tecnologia; gerenciamento de risco; comunicação; performance e qualidade; liderança e estratégia; finanças e negócios; portifólio imobiliário e gerenciamento de projeto; existem as responsabilidades dos gerentes de instalações. Elas podem ser da área de gerenciamento, manutenção ou custos operacionais, conforme mostra o Quadro 1. Em cada uma dessas responsabilidades estão descritas também, algumas competências.

Quadro 1 - Responsabilidades da FM

Responsabilidades da FM	
Gerenciamento	Executar o planejamento estratégico
	Organizar as operações do dia a dia de um negócio
	Supervisionar aspectos diferentes das operações de uma empresa, desde o gerenciamento de fornecedores e prestadores de serviços até a organização da manutenção
	Buscar formas de reduzir os custos
	Ser capaz de realizar multitarefas
	Gerenciamento de equipes
	Gerenciamento dos requisitos de segurança, incluindo treinamentos de funcionários e inspeções nas instalações.
Manutenção	Verificar se os equipamentos e as instalações atendem aos requisitos solicitados
	Gerenciamento do espaço
	Negociação de contratos com clientes e fornecedores
	Fiscalização dos serviços contratados, se foi concluído no prazo e de acordo com as especificações do contrato.
Custos operacionais	Gerenciamento dos custos
	Orçamentação anual
	Garantir que a empresa esteja orçando de forma eficaz e que cada despesa funcione para criar um ambiente de trabalho mais eficiente.

Fonte: Swain (2016).

O principal papel do gerente de uma instalação é ajudar a organização a atingir suas metas e objetivos estratégicos de negócios. Eles tomam decisões estratégicas no processo de entrega das instalações que podem influenciar o produto final e as operações (HUNGU, 2013).

Aplicação do BIM para FM

O objetivo geral de utilizar o BIM, para o gerenciamento de instalações, é permitir o aproveitamento dos dados das instalações por meio do seu ciclo de vida, para fornecer ambientes de trabalho seguros, saudáveis, eficazes e eficientes (GSA, 2011). Um modelo de construção atualizado com todas as informações das instalações é uma fonte precisa de referências sobre como os espaços e sistemas foram construídos e fornecem um

ponto de partida útil para o gerenciamento e a operação da construção (EASTMAN *et al.*, 2014).

Segundo Schley *et al*. (2016), um dos desafios que os proprietários de edifícios, que implementam o ciclo de vida BIM, enfrentam é a diferença entre os modelos BIM criados para projeto e construção, e os modelos BIM necessários para a operação. Embora sejam feitos os procedimentos apropriados, os dados de construção podem variar de uma fase para outra. Para tanto, faz-se necessário identificar pelo menos quatro tipos de modelos BIM: o modelo de projeto, o modelo de construção, o modelo As-Built e o modelo BIM-FM.

Os modelos de informações de construção entregues na conclusão do projeto são uma fonte rica de informações para FM, mas nem todas as informações são utilizadas no FM, onde recuperação de dados, gerenciamento de mudanças e custos de rastreamento e a atividade de trabalho são críticas (TEICHOLZ, 2013).

Segundo Ahn e Cha (2014) há muitas informações da fase de projeto e da fase de construção transferidas para a fase de FM, mas nem todas as informações são usadas. Há a necessidade de classificar quais informações devem ser entregues à equipe de FM para uso nas tarefas de FM com mais eficiência.

Visto que dentro do processo de implantação BIM existem diversos tipos de informações e para que os modelos possam ser utilizados de maneira eficiente, um meio de vencer esta etapa de projeto de implementação BIM é produzindo e consultando documentos conhecidos como regras e diretrizes de modelagem, guias ou manuais, que servirão para orientar o desenvolvimento dos trabalhos (CBIC, 2016b).

Um dos objetivos dos guias e manuais BIM é de orientar e definir critérios mínimos para elaboração de projetos que utilizam as ferramentas BIM em seu desenvolvimento (LIMA, 2018). Efetuou-se uma pesquisa dos guias existentes em BIM e foi constatado que dentre os guias nacionais, não há nenhum apenas a respeito do BIM para FM. Porém, internacionalmente, existem diversos guias que abordam a temática de maneira específica. A partir disso, elaborou-se o Quadro 2 com alguns dos usos do BIM aplicáveis aos proprietários de instalações. Na maioria dos casos, os proprietários já estão executando esses itens por meio de outros métodos, mas sem o contexto do BIM. A integração do BIM e dos dados das instalações nessas tarefas permite processos aprimorados e muitas vezes mais econômicos (CIC, 2013).

Nas colunas do Quadro 2 estão os guias com seus respectivos usos e nas linhas os tipos de usos semelhantes descritos em cada guia BIM-FM.

Quadro 2 - Usos BIM para FM

Descrição	BIM Planning Guide for Facility Owners (CIC, 2011)	BIM for Facility Management (TEICHOLZ, 2013)	VA BIM Standard BIM Manual (VA, 2017)	National BIM Guide for Owner (NBIS, 2017)
Planejamento de manutenção	Sim	Sim	Sim	Sim
Construtibilidade e sustentabilidade	Sim	Sim	Sim	Sim
Gestão de ativos	Sim	Não	Sim	Sim
Gerenciamento de espaço	Sim	Sim	Não	Sim
Modelo de registro	Sim	Não	Sim	Sim
Análise de Interferências	Não	Não	Sim	Sim
Quantitativos de materiais	Não	Não	Sim	Sim
Projetos autorais	Não	Não	Sim	Sim
***Retrofit* e Renovação**	Não	Sim	Não	Não
Outras tecnologias	Não	Não	Sim	Sim

Fonte: Borrelli (2020).

O BIM aplicado ao FM pode trazer diversos benefícios. A integração e a interoperabilidade parecem ser o caminho a seguir para o setor de FM, e o BIM tem sido considerado um facilitador desse processo (CODINHOTO; KIVINIEMI, 2014). No entanto, as informações do edifício precisam ser integradas ou compatíveis com os sistemas de informação FM, como sistemas computadorizados de gerenciamento de manutenção (CMMS), sistema integrado de gerenciamento de local de trabalho (IWMS). Por isso é importante que o modelo BIM esteja preparado com os devidos requisitos para ser carregado à plataforma de manutenção e operação de edifícios.

Um estudo realizado por Codinhoto e Kiviniemi (2014) revelou que muitos ganhos potenciais em termos de tempo, recursos humanos e finanças podem ser alcançados com a utilização do BIM, como demonstra o Quadro 3.

Quadro 3 - Benefícios e retornos da utilização do BIM-FM

Cenário	Tradicional		Utilizando BIM		Economia			
	Tempo	Homem/ Horas	Tempo	Homem/ Horas	Tempo	Homem/ Horas	Libras	%
Substituição de motor de ventilador	4 semanas	14	1 dia	3	27 dias	11	£ 286,00	79%
Substituição de lâmpada de aposento	6 semanas	10	1 dia	2	40 dias	8	£ 108,00	80%
Extração de duto - Acúmulo de água	12 semanas	23	1 dia	10	92 dias	13	£ 838,00	57%
Reparo de elevador público	5 semanas	16	2 dias	6	32 dias	10	£ 260,00	63%
Vazamento de forro em área de patrimônio	3 dias	14	1 dia	3	1 dia	11	£ 286,00	79%

Fonte: Adaptado de Codinhoto e Kiviniemi (2014).

Construction Operations Building Information Exchange

O *Construction Operations Building Information Exchange* (COBie) é uma especificação baseada em desempenho para a entrega de informações de ativos de uma instalação. Dois tipos de ativos estão incluídos no COBie: equipamentos e espaços (NIBS, 2016). Nesta pesquisa será utilizado para a transferência dos dados dos ativos do modelo em BIM para o *software* utilizado para o FM.

Segundo NIBS (2017), o objetivo do COBie é melhorar a forma como as informações são capturadas durante o projeto e a construção e, em seguida, fornecê-las às operações, atividades de manutenção e gerenciamento de ativos, pois não há como fornecer aos operadores das instalações versões não proprietárias e interoperáveis dos dados de que precisam para operar efetivamente as instalações.

Como o COBie é um padrão aberto, os *softwares* de gestão da instalação são capazes de importar seus dados e pré-preencher os campos de informações do FM, o que economiza aos gestores de instalações horas-homem gastas na inserção manual das informações (SOUSA, 2013).

A adoção e a exigência contratual da entrega das informações no formato COBie por todos os participantes no processo de projeto, especificação e construção de uma edificação ou instalação configura-se como referência ideal para o desenvolvimento de modelos BIM de operação e manutenção (CBIC, 2016a).

As informações do COBie podem ser trocadas em um dos três formatos padrão abertos: IFC, ifcXML e SpreadsheetML. A versão em folha de cálculo do COBie começou a ser amplamente aceita, uma vez que a informação é claramente apresentada, facilmente compreendida e pode ser produzida e consumida por mais de vinte sistemas de *softwares* desenvolvidos comercialmente (TEICHOLZ, 2013).

Método

O problema de pesquisa traz um contexto exploratório quando se sugere propor uma estrutura de requisitos para aplicação de sistemas de autoria BIM, de modo a gerar modelos adequados ao uso no gerenciamento das instalações, ou seja, no *Facility Management (FM).* Neste contexto, efetuou-se um estudo de caso de natureza exploratória. Segundo Yin (2015), o estudo de caso único é uma estratégia de pesquisa apropriada sob várias circunstâncias, e cinco justificativas para o caso único são dadas a seguir no Quadro 4. O caso único pode ser usado para determinar se as proposições são corretas ou se algum conjunto alternativo de explicações pode ser mais relevante (YIN, 2015).

Quadro 4 - Justificativa da estratégia da pesquisa

YIN (2015)		A Autora (2017)
Justificativa	Descrição	Aplicação na pesquisa
Crítico	A seleção do caso deve estar ligada à teoria da pesquisa ou às proposições teóricas de interesse.	Se aplica, pois, há o interesse de ambas as partes em utilizar o BIM-FM.
Peculiar	Quando o caso se desvia das normas teóricas ou mesmo das ocorrências diárias.	Se desvia das ocorrências diárias, uma vez que ainda não se utiliza o BIM-FM na CRO5.
Comum	O objetivo é captar as circunstâncias e as condições de uma situação cotidiana.	Desenvolver o "*as-is*"
Revelador	Esta situação existe quando o pesquisador tem a oportunidade de observar e analisar um fenômeno previamente inacessível à investigação.	A pesquisadora terá a oportunidade de observar e analisar o BIM-FM para a(s) edificação(ões) da CRO5.
Longitudinal	O estudo de um caso único em dois ou mais pontos diferentes do tempo. Eles devem ser intervalos de tempo pré-especificados, seguindo uma lógica “antes” e “depois”.	Os pontos diferentes de tempo pré-especificados serão o "*as-is*" e o "*to-be*".

Fonte: Borrelli (2020).

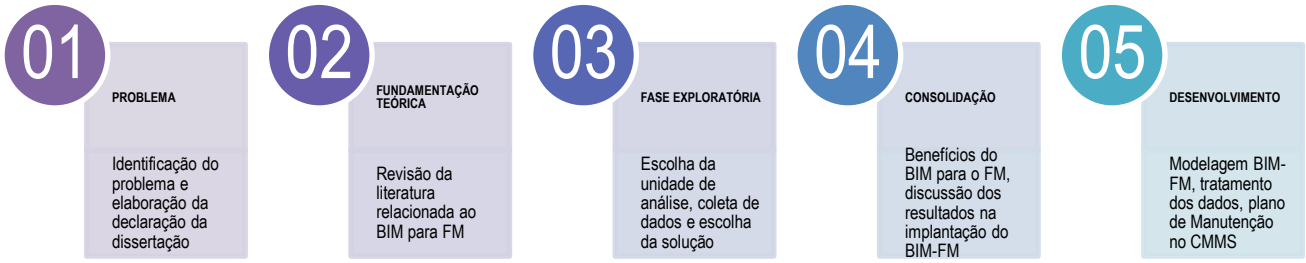
Eastman *et al.* (2011) aconselham a usar a metodologia BIM em um ou dois projetos menores (talvez já concluídos) em paralelo com a tecnologia existente e produzir documentos tradicionais do modelo de construção. Isso ajudará a verificar onde há defeitos nos objetos de construção, nos recursos de saída, nas ligações (*links*) para os programas de análise. Também permitirá que a empresa desenvolva padrões de modelagem e determine a qualidade dos modelos e o nível de detalhes necessários para cada tipo de uso.

Resumindo as etapas da presente pesquisa, primeiramente, realizou-se a identificação do problema. Depois efetuou-se uma pesquisa em referências para a fundamentação teórica e uma Revisão Sistemática da Literatura com o objetivo de identificar os principais temas abordados e a lacuna nos estudos em BIM-FM, que foram apresentados em um artigo. Na fase exploratória, definiu-se o método como estudo de caso e escolheu-se a unidade de análise para a presente pesquisa. Sendo assim, realizou-se a coleta de dados do FM, por meio de visitas ao local e foi escolhido o *software* a ser utilizado. Na fase de desenvolvimento, foram extraídas as informações do modelo BIM para a transferência para o *software* de FM. Na fase de consolidação, foram expostos os resultados obtidos da fase de desenvolvimento e os benefícios e dificuldades encontrados durante todo o processo de implementação do BIM para FM.

Na Figura 1 são demonstrados o delineamento da pesquisa e a descrição de cada etapa.

Para aplicar a estrutura proposta o exército Brasileiro foi escolhido pois encontravam-se no processo de implantação do BIM na fase de projeto e há o interesse de implantação do BIM-FM futuramente. Além disso, a UFPR já dispunha de parceria com essa instituição em projetos de pesquisa anteriores. Neste contexto, a disponibilização dos dados necessários para a pesquisa, como projetos arquitetônicos, elétricos, memoriais descritivos, normas de manutenção, se deu de forma eficaz devido a boa comunicação.

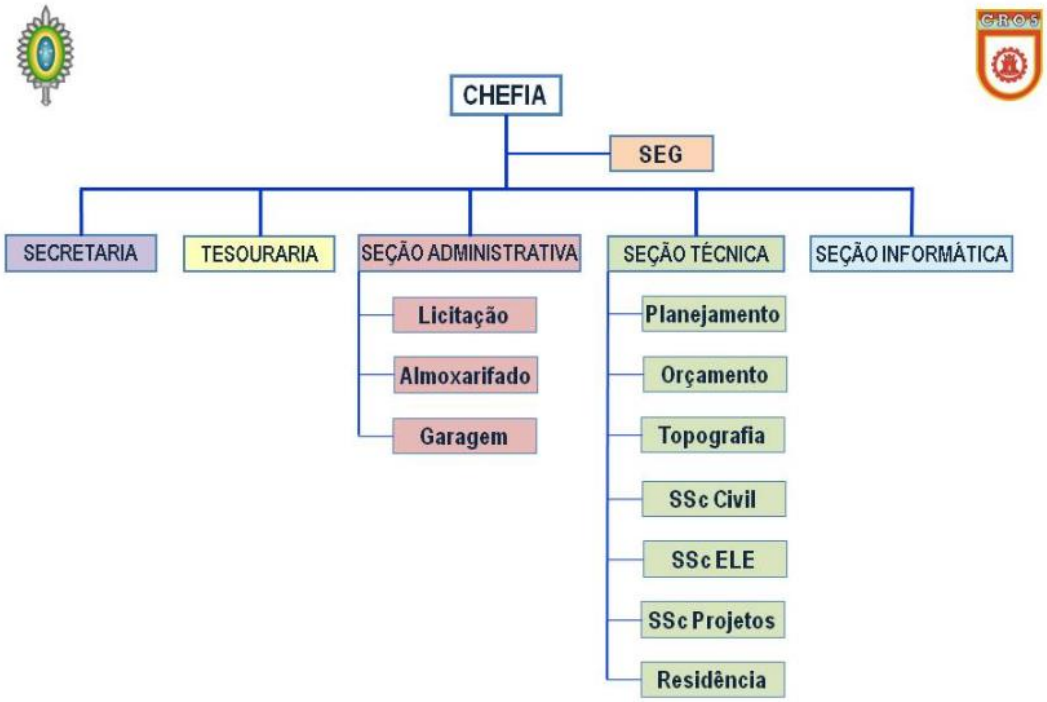
Figura 1 - Delineamento da pesquisa



Fonte: os autores.

A unidade de análise estabelecida é o processo de manutenção e operação de uma edificação da Comissão Regional de Obras 5 (CRO 5), que é responsável por projetos e obras nas organizações militares dos estados do Paraná e Santa Catarina. Trata-se de uma Organização Militar (OM) com autonomia administrativa que conta com uma equipe de 120 funcionários distribuídos em 6 seções, de acordo com a estrutura organizacional mostrada na Figura 2.

Figura 2 - Estrutura Organizacional



Fonte: DOM (2019).

A seção administrativa é o setor que está diretamente ligado às atividades de manutenção da organização militar, possuindo três repartições subordinadas: Licitação, Almoxarifado e Garagem.

A edificação escolhida foi a Artilharia Divisionária 5 (AD/5), localizada em Curitiba, que possui um pavilhão administrativo projetado inicialmente em CAD no ano de 2014. O desenvolvimento do projeto executivo foi realizado no ano de 2015, no período de transição para o uso de ferramentas BIM na elaboração dos projetos da CRO 5 (BROCARDO, 2017). A entrega das chaves foi efetuada em 18 de junho de 2019.

A CRO 5 foi selecionada pois já está no processo de implantação do BIM desde 2015, por isso, as chances do BIM-FM ter sucesso são maiores, uma vez que tendo o modelo BIM pronto, pode-se concentrar a pesquisa mais nos itens técnicos a respeito do gerenciamento das instalações do que na modelagem BIM.

Segundo Gil (2010) o protocolo de coleta de dados não apenas esclarece acerca dos procedimentos a serem adotados na coleta de dados, mas subsidia as tomadas de decisão ao longo de todas as etapas do estudo de caso. Além disso, é uma maneira importante de aumentar a confiabilidade da pesquisa de estudo de caso e se destina a orientar o pesquisador na realização da coleta de dados de um caso único (YIN, 2015).

Para a coleta de dados, foram considerados os itens conforme descritos na norma de manutenção de edificações (NBR 5674:2012). Segundo a ABNT (2012) programa de manutenção considera projetos, memoriais, orientação dos fornecedores e manual de uso, operação e manutenção, quando houver.

No Quadro 5, estão algumas informações da edificação estudada.

Quadro 5 - Dados da edificação

Organização Militar	AD/5
Local	Curitiba/PR
Área Construída	787,11m²
Custo total da Obra	R$ 2.340.367,99
Custo total da Obra/m²	R$2.973,37
Prazo de execução	365 dias
Regime de execução	Empreitada por preço global
Instalações especiais exigidas	-
Natureza dos acabamentos	Estrutura em concreto armado; cobertura com telhas ecológicas; fechamentos em alvenaria de tijolos cerâmicos revestidos; piso em granito e porcelanato; esquadrias de alumínio e madeira; pinturas de lajes e paredes; instalação hidráulica e elétrica embutida.

Fonte: Acervo da Comissão Regional de Obras da 5ª Região Militar em Curitiba, Paraná.

Os documentos utilizados na presente pesquisa estão citados no Quadro 6.

Quadro 6 - Documentos utilizados

Nome do arquivo	Descrição
PROJ ARQ MODELO-CRO5	Projeto Arquitetônico (Revit)
PROJ ELE MODELO-CRO5	Projeto elétrico (Revit)
PB_026-ST-15_AD-5 - Pav Cmdo_R1	Especificação técnica (Word)
Normanq-i-Manutencao	Norma de manutenção (PDF)
Questionário 1 para As-Is	Word

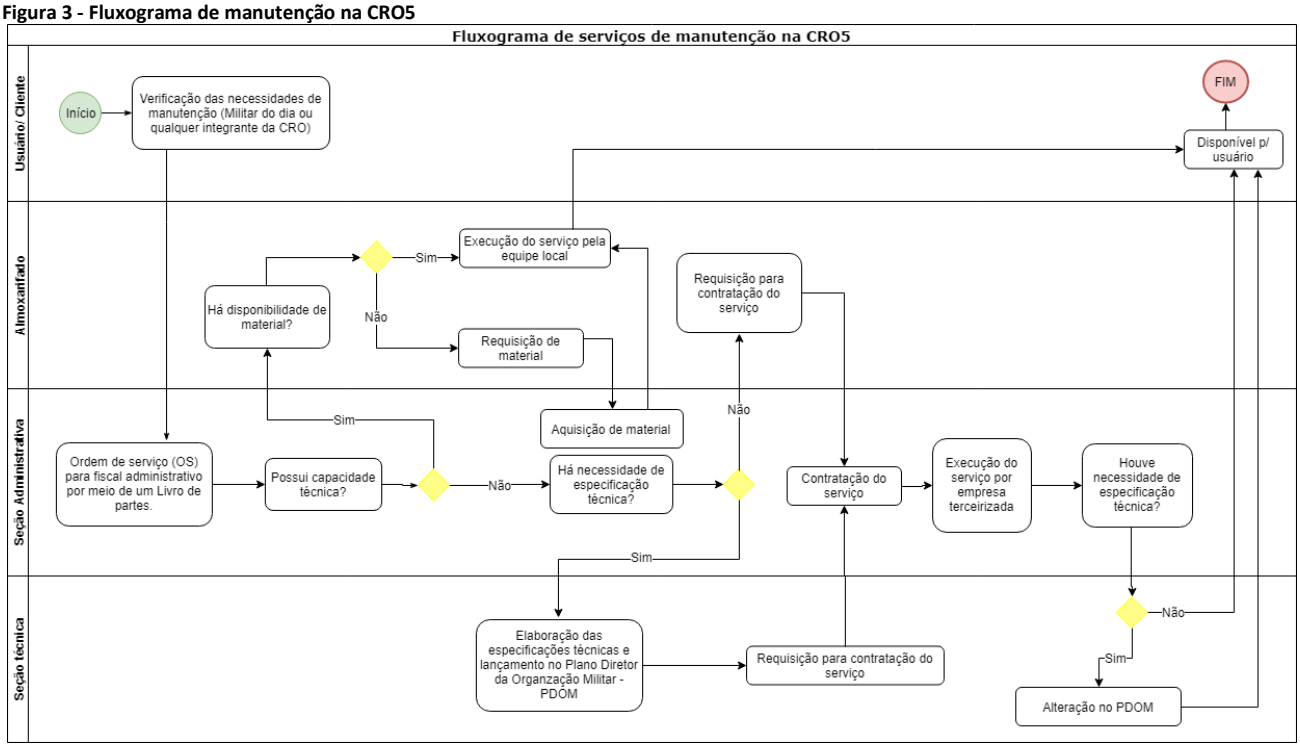
Fonte: os autores.

Houve uma limitação na escolha do *software*, pois todos eles são pagos e apenas o YouBIM disponibilizou uma versão de teste gratuita para aplicação na presente pesquisa. Outras empresas disponibilizaram o *software* apenas como prova de conceito. Isso não seria suficiente para atingir o objetivo desejado, pois não seria possível verificar como realizar a transferência de dados do modelo em BIM e quais os dados de entrada necessários para que o modelo escolhido para a presente pesquisa fosse utilizado em um *software* FM. Segundo Machado e Ruschel (2018) a Computação em Nuvem é uma tecnologia que envolve a virtualização de ambientes de ampla capacidade de armazenamento. Segundo o YouBIM (2019):

> *O YouBIM® é um software baseado na nuvem (com a opção de ser instalado em servidores On-Premise locais), oferecendo aos proprietários um banco de dados integrado e acesso instantâneo a informações de ativos e localização através de uma interface 2D / 3D-BIM com acesso pelo navegador de internet.*

Segundo Succar e Kassem (2015) a implementação do BIM refere-se ao conjunto de atividades realizadas por uma unidade organizacional para preparar, implantar ou melhorar suas entregas (produtos) BIM e seus fluxos de trabalho (processos) relacionados. Por isso, realizou-se o mapeamento *as-is* do processo de gerenciamento das instalações da CRO 5. Primeiramente, foi elaborado um questionário com perguntas abertas. O questionário foi enviado ao chefe da seção administrativa, responsável pelo gerenciamento das instalações, via e-mail, no dia 13 de maio de 2019. E após duas reuniões, chegou-se ao fluxograma exposto na Figura 3.

Figura 3 - Fluxograma de manutenção na CRO5



Fonte: Borrelli (2020).

O processo de manutenção funciona da seguinte forma: quando o usuário percebe a necessidade de manutenção, ele informa ao Fiscal administrativo e então é verificada a capacidade do pessoal do almoxarifado, onde fica lotado o pessoal de manutenção, para a execução do serviço. Caso não seja possível ser executado pela equipe de manutenção, será solicitado apoio à seção técnica por meio do Sistema Unificado do Processo de Obras (OPUS). Neste caso, quem autoriza o recurso orçamentário para a realização do serviço é a equipe de Brasília.

Há dois tipos de requisição para a contratação do serviço. Ambas representam o ato administrativo que permite a contratação. A diferença é que quando a contratação é simples a requisição é feita pelo almoxarifado, e quando exige especificação técnica é feita pela seção administrativa.

Segundo a Diretoria de Obras Militares, DOM (2019):

> *O OPUS é um Sistema de apoio à decisão que suporta as funcionalidades de planejamento, programação, acompanhamento, fiscalização, controle, gerência e execução de obras e serviços de Engenharia de todas as atividades dos macroprocessos analíticos do Sistema de Obras Militares (SOM), tanto no nível executivo quanto gerencial e estratégico. A implantação do OPUS proporcionou: uma maior transparência no uso de recursos públicos; decisões ocorrem de forma mais oportuna; melhorou a comunicação; o uso de papel*

> *foi reduzido drasticamente; existe uma maior agilidade na execução de processos; conhecimentos são produzidos, aperfeiçoando processos e os projetos de engenharia são reutilizados, gerando economia de recursos.*

Conforme explicitado acima, o OPUS suporta as funcionalidades dos macroprocessos e é utilizado pelo nível gerencial e estratégico, por isso não abrange o processo de manutenção preventiva, corretiva e rotineira. Neste caso, foi necessário estudar outras ferramentas, no caso, sistemas computadorizados de gerenciamento de manutenção (CMMS) para que se atendesse aos processos da equipe de manutenção.

Testes de validade

De acordo com Yin (2015), o projeto de pesquisa representa um conjunto lógico de declarações e sua qualidade pode ser determinada por quatro testes que são relevantes para a pesquisa de estudo de caso: a validade do constructo; a validade interna (apenas para estudos explicativos ou causais); a validade externa e a confiabilidade.

Para a validade do constructo foram utilizadas fontes múltiplas de evidências como relatórios fotográficos que ajudarão a transmitir importantes características do caso, informações documentais como projetos arquitetônicos e complementares, contratos de prestação de serviços, memoriais descritivos, atas de reuniões e entrevistas, quando for o caso (YIN, 2015). Além das fontes de evidências, ao selecionar o caso é importante atentar-se a todas as características do imóvel, como tempo de uso, estado de conservação dos equipamentos, atividades desenvolvidas no local.

Apenas dois pontos são abordados na validade interna. Na primeira validação interna buscou-se explicar como e porque o evento x levou ao evento y. A segunda validação interna envolve uma inferência cada vez que um evento não pode ser observado (YIN, 2015). Como exposto acima, a validade interna não se aplica a este estudo de caso.

A validade externa trata de saber se as descobertas do estudo são generalizáveis além do estudo imediato, independentemente dos métodos de pesquisa utilizado (YIN, 2015). Sendo assim, poderá haver validade externa se o estudo for aplicado as edificações com o mesmo padrão de uso, atividades, fluxo de pessoas e equipamentos.

Segundo Yin (2015), o objetivo da confiabilidade é garantir que, se um pesquisador, posteriormente, seguir o mesmo procedimento, e conduzir o mesmo estudo de caso, ele obterá os mesmos achados e conclusões. Para que a confiabilidade seja atingida, todos os procedimentos da pesquisa foram documentados, seguindo o protocolo de coleta de dados citado anteriormente.

Na Figura 3 foi exposto como o setor de manutenção da CRO 5 opera atualmente (*as-is*), e na Figura 8 como poderá melhorar (*to-be*) com a utilização do BIM aliado ao software de *Facility Management* para auxiliar no gerenciamento das atividades de manutenção e operação das edificações.

No início do projeto de pesquisa, a equipe de projetos da CRO 5 forneceu um arquivo de modelo arquitetônico e um de modelo elétrico do Revit, em LOD 300, que foram utilizados para a construção. Na fase de manutenção e operação, utiliza-se o modelo de registro, isto é, em LOD 500 em que os elementos do modelo são modelados como "as-built", com dimensões reais e precisas em termos de tamanho, forma, localização, quantidade e orientação (CIC, 2011). Porém, neste estudo de caso foi utilizado o modelo fornecido pela CRO 5, em LOD 300 e para alguns ativos, foram adicionadas informações não geométricas para que se pudesse realizar os devidos testes. O modelo não foi inteiramente atualizado para o LOD 500 por questão de tempo de estudo, sendo que atualizando apenas alguns ativos seria o suficiente para se alcançar o objetivo esperado.

Foi possível inserir os dados COBie necessários preenchendo os campos em branco com propriedades do elemento através dos modelos entregues. Utilizou-se o formato de dados COBie 2.4, IFC2x3, Revit 2018. O sistema de classificação utilizado foi o OmniClass™, essa informação aparece na coluna "Category", da aba Type na planilha do COBie, como demonstra a Figura 4.

Figura 4 - OmniClass no COBie

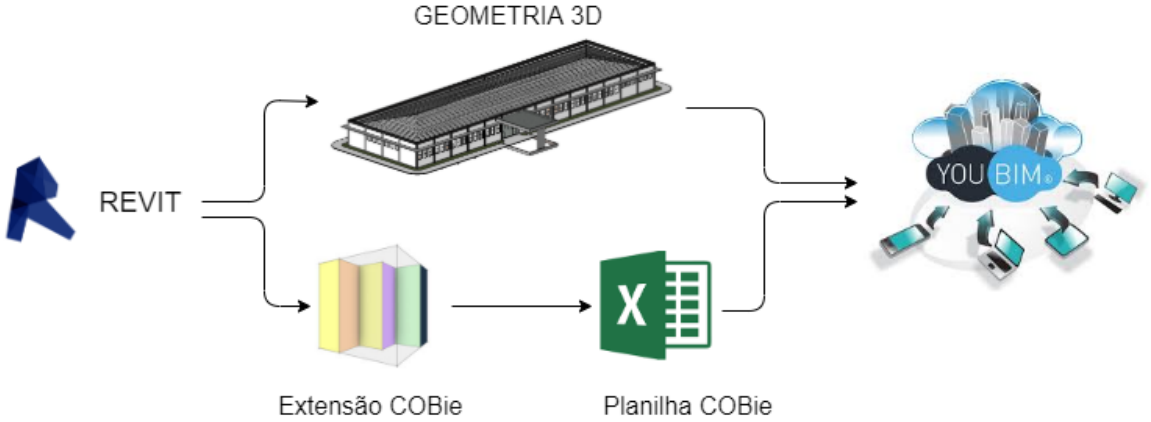
Name	CreatedOn	Category	Description
Acessórios do tubo_Deca_	2019-04-	23-45 00 00 : Sanitary, Laundry, and Cleaning Equipment	Deca_Shared_Base de Registro de G
Componentes de gabinete_	2019-04-	23-40 35 00 : Casework	CRO5-Espelho_115x90x100
Componentes de gabinete_	2019-04-	23-40 35 00 : Casework	CRO5-Espelho_75x90x100
Componentes de gabinete_	2019-04-	23-40 35 00 : Casework	CRO5-Espelho_165x90x100
Componentes de gabinete_	2019-04-	23-40 35 00 : Casework	CRO5-Espelho_150x90x100
Componentes de gabinete_	2019-04-	23-40 35 00 : Casework	CRO5-Mola Hidráulica para porta_CR
Componentes de gabinete_	2019-04-	23-40 35 00 : Casework	CRO5-Nicho_20x30x10
Componentes de gabinete_	2019-04-	23-40 35 00 : Casework	CRO5-Prendedor de porta metálico_(
Conexões da bandeja de ca	2019-04-	23-80 30 17 17 : Cable Trays and Horizontal Racks	M_Dobra horizontal de guia_Padrão
Conexões da bandeja de ca	2019-04-	23-80 30 17 17 : Cable Trays and Horizontal Racks	M_Dobra interna vertical da guia_Pad
Conexões do conduite_M_(	2019-04-	23-80 30 17 11 : Conduits	M_Caixa de junção do conduíte - Cru
Conexões do conduite_M_(	2019-04-	23-80 30 17 11 : Conduits	M_Caixa de junção do conduíte - T -
Conexões do conduite_M_(	2019-04-	23-80 30 17 11 : Conduits	M_Caixa de junção do conduíte - Tra
Conexões do conduite_M_(	2019-04-	23-80 30 17 11 : Conduits	M_Cotovelo de conduíte - sem conex
Equipamento especial_CR(	2019-04-	23-40 40 11 11 11 : Refrigerators	CRO5 - Refrigerador_600 x 660mm
Equipamento especial_Exte	2019-04-	23-40 40 14 17 17 : Ranges	Extensão_610 x 610mm
Equipamento especial_Gab	2019-04-	23-65 70 17 11 : Fire Fighting Terminal Components	Gabinete do extintor de incêndio_240
Equipamento especial_Mic	2019-04-	23-40 40 14 17 : Food Cooking Equipment	Microondas_760 x 400 x 450mm

Fonte: Borrelli (2020).

Primeiramente, foi efetuada a transferência dos dados para o sistema baseado em COBie, através do plug-in do COBie instalado no Revit, que rastreou as exportações de dados do modelo e, assim, simplificou o trabalho necessário para capturar e registrar dados de entrega de projetos. Essa eficiência aumentou a confiabilidade de transferência de informações essenciais sobre construção.

Após a geração da planilha COBie, em formato .xls e com o modelo do edifício no Revit, a partir de um plug-in do YouBIM no Revit, foi possível carregar as informações 3D, através da geometria modelada e os ativos através da planilha COBie para o *software* do YouBIM, conforme mostra a Figura 5.

Figura 5 - Transferência de dados para o YouBIM



Fonte: Adaptado do YouBIM (2019).

Resultados e discussão

Como o objetivo da pesquisa é de explorar uma estrutura de requisitos para aplicação de sistemas de autoria BIM de modo a gerar modelos adequados ao uso no gerenciamento da manutenção e operação de edifícios, para a análise dos resultados efetuou-se a modelagem BIM-FM, incluindo os documentos como, manuais e registros de atividades de manutenção, projetos (arquitetônico e elétrico) em Revit.

Desafios da inserção dos requisitos baseados no processo

O fluxo ideal de inserção de dados, de acordo com NIBS (2021), começaria com o arquiteto, na identificação da localização dos ambientes dentro do edifício. Na fase do projeto executivo, a localização esperada de equipamentos e sistemas é definida. Quando a construção começa é feita a seleção do equipamento, seguida da sua instalação. Nesta fase, é possível inserir a data de instalação e de garantia. Durante o comissionamento do sistema, há uma verificação final de que a documentação de transferência de construção especificada é fornecida.

Como o único modelo em BIM que havia no momento da pesquisa já tinha passado por todas essas fases, ou seja, a edificação já havia sido entregue, esses dados foram inseridos posteriormente para que pudessem atender aos requisitos de um modelo BIM para Manutenção e Operação.

Desafios da importação de dados do Revit para o YouBIM

Na primeira tentativa de exportação de dados do Revit para o YouBIM, notou-se que devido ao formato de alguns dados importados da planilha COBie a importação foi interrompida automaticamente. Alguns dos erros foram causados por nomes repetidos. Por exemplo, na aba de espaços (Space), componentes (Component) e tipo (Type).

É possível inserir a data de instalação e data de garantia do equipamento pela planilha do COBie. O ideal é que o modelo BIM já venha com esse tipo de informação. Porém, caso haja essas informações em planilhas, elas podem ser carregadas ao modelo BIM de maneira rápida através do COBie. Caso contrário, essa informação já seria carregada na planilha COBie a partir do modelo BIM, pois o processo é bidirecional.

Outras informações do modelo como: ID do ativo, tipo, modelo, fabricante, nota fiscal, deveriam ser inseridos no modelo assim que a informação fosse recebida, evitando a perda da informação e o retrabalho de se criar o modelo BIM para FM. Neste sentido, percebe-se que "começar com o fim em mente", como sugere a Penn State, ajuda a otimizar o gerenciamento das informações do modelo.

Integração da documentação de FM com o BIM

Após a entrega dos projetos, memorial descritivo, norma de manutenção, foi feito o *upload* da documentação diretamente no sistema do YouBIM. Foram carregados os manuais e fotos de alguns equipamentos apenas para demonstrar como funciona o sistema.

O YouBIM, é um *software* baseado na nuvem, portanto pode ser acessado a qualquer momento utilizando um navegador. Segundo Mohammad e Syed (2018), o BIM e o FM, suportados por servidores baseados na nuvem, proporcionarão uma oportunidade para a equipe de FM acessar facilmente os dados a qualquer momento usando um navegador, pois todas as informações armazenadas no banco de dados central estarão disponíveis o tempo todo.

Na aba de documentos, podem ser anexados manuais de instruções, fichas técnicas, imagens do produto/ equipamento. Desta forma, cada documento fica anexado junto

ao seu respectivo objeto ou ativo, tornando a busca pelos documentos mais fácil. Assim, o tempo que os funcionários das instalações gastam na busca de informações é convertido no aumento de produtividade que pode ser alcançado através do BIM-FM.

Para integrar ainda mais os dados BIM e manutenção e operação em projetos futuros, a norma de manutenção de edificações escolhida para o caso pode ser dividida e vinculada aos objetos BIM correspondentes. Dessa forma, as documentações de BIM e manutenção são integradas e os gerentes das instalações podem acessar os documentos com mais eficiência, ganhando agilidade e tempo.

Para o gerenciamento da manutenção preventiva, foi utilizada a "Norma de manutenção de quartéis e residências (NORMANQ)", que é um documento específico para os serviços de manutenção do exército.

É possível efetuar a entrada de ordem de serviço de acordo com a periodicidade da norma do exército para cada equipamento e para uma melhor visualização e previsão dos serviços a serem feitos, estes poderão ser visualizados em forma de calendário. Assim será possível realizar um planejamento das atividades de maneira mais eficiente. Além disso, o *software* gera notificação automática no e-mail do responsável por cada serviço agendado, facilitando o gerenciamento das atividades de manutenção e operação do edifício. Isso reforça a ideia de que o uso inteligente de um banco de dados digital de informações de construção tornará mais fácil para os gerentes e funcionários da FM tomar decisões de manutenção melhores e mais rápidas, resultando em um desempenho de qualidade (MOHAMMAD; SYED, 2018).

Métodos de validação de dados

Um método de validação dos dados em um modelo BIM é verificar se os componentes do modelo foram transferidos para a planilha gerada pelo COBie após efetuadas as configurações. No entanto, revisar manualmente os componentes com vários parâmetros pode ser trabalhoso, ineficiente e propenso a erros.

Para verificar os componentes, o modelo foi carregado no YouBIM e verificou-se no item de *Assets*, a quantidade de componentes que foram transferidos. No primeiro teste, foram carregados 452 componentes. Após alguns ajustes, foram carregados 2078 componentes. A lista de ativos (Asset list) do YouBIM corresponde à aba de componentes (Component) do COBie.

Apesar dos desafios enfrentados na importação dos dados do modelo BIM para a plataforma de FM, foi possível constatar a rapidez e a confiabilidade na transferência de dados entre os dois modelos. Após a configuração correta do modelo, com apenas alguns cliques, foi possível efetuar o carregamento de milhares de equipamentos com seus dados geométricos e não-geométricos.

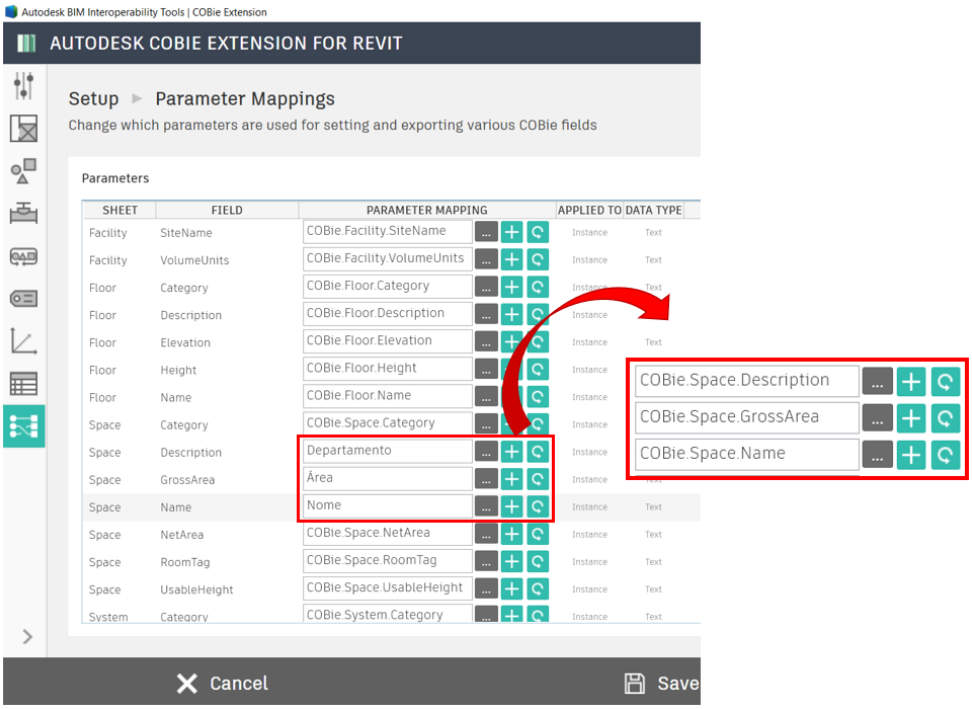
Como foram utilizados os projetos arquitetônico e elétrico na modelagem, foram englobados apenas itens como mobiliário, elementos elétricos, peças sanitárias, portas, janelas, telhado, paredes, pisos, ou seja, tudo o que estava modelado nessas duas disciplinas de projeto.

Neste sentido, nota-se que a qualidade dos dados extraídos de um modelo em BIM é uma das lições aprendidas neste projeto. É fundamental que os entregáveis do BIM sejam avaliados periodicamente para determinar se os dados necessários estão no modelo, se seus formatos estão corretos e atendem às exigências do usuário e se sua qualidade atende aos requisitos estabelecidos (PISHDAD-BOZORGI *et al*., 2018).

Alguns itens, como o departamento, a área e o nome dos espaços, tiveram que ser mapeados dentro do COBie, como mostram as Figura 6 e Figura 7. É importante ressaltar

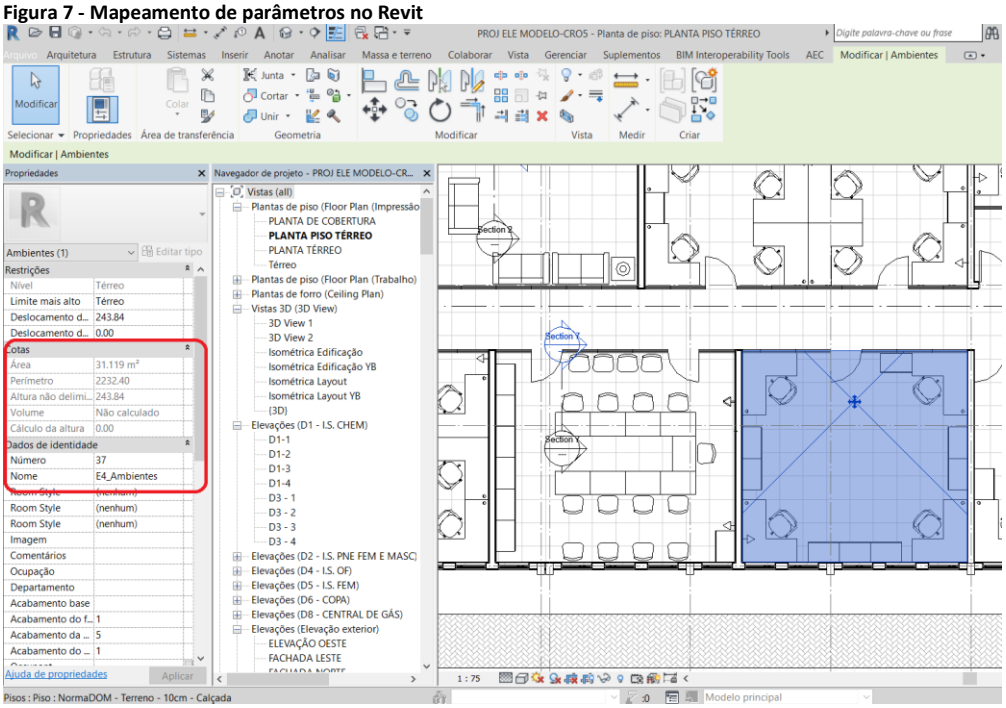
que os nomes dos ambientes devem ser únicos para que os elementos sejam rastreáveis. No formato tradicional, isso pode levar a erros quando as informações extraídas de outros campos de propriedade têm uma taxonomia ou convenção de nomenclatura diferente.

Figura 6 - Mapeamento de Parâmetros no COBie



Fonte: Borrelli (2020).

Figura 7 - Mapeamento de parâmetros no Revit



Fonte: Borrelli (2020).

Ao desenvolver o modelo, os projetistas podem inserir informações incorretas ou esquecer de fornecer informações das propriedades do elemento necessárias ao COBie (PISHDAD-BOZORGI *et al.*, 2018).

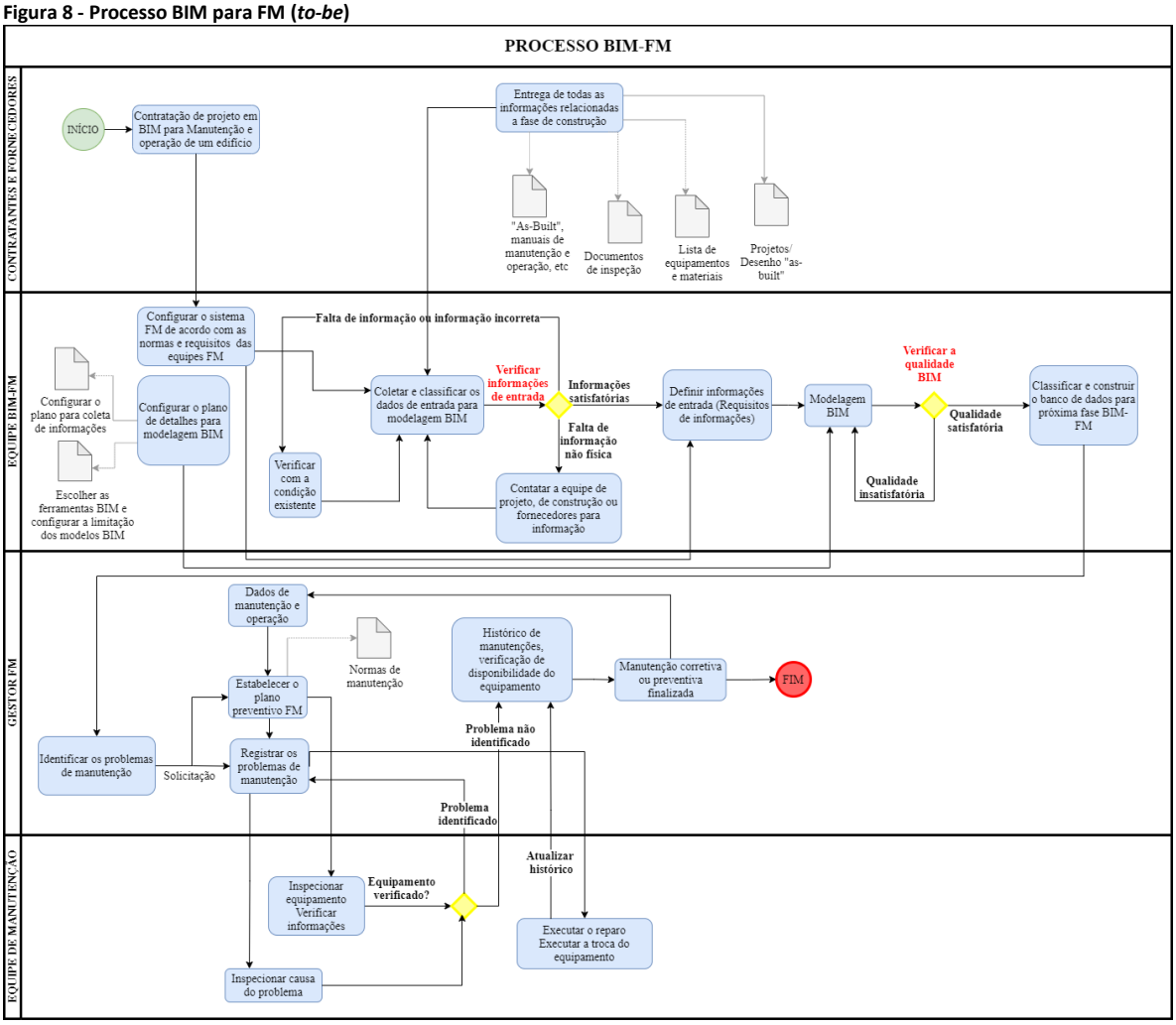
Atualização dos elementos para LOD 500

Conforme mencionado anteriormente, o modelo ideal para a gestão da manutenção e da operação de uma edificação é o de LOD 500. O modelo recebido para o presente estudo de caso estava com LOD 300, portanto obtemos, como produto, um modelo em LOD 500, pois foram configurados para conter os manuais de operações e manutenção, informações de garantia, informações de envio e/ou quaisquer outros documentos, conforme aplicável.

Os itens que foram atualizados para o LOD 500, foram as janelas, portas e telhado. As informações não-geométricas que foram carregadas foram as seguintes: ficha técnica do ativo, manual de instruções, data de instalação, data de garantia, imagem do elemento, norma de manutenção do exército. Os demais elementos continuaram em LOD 300.

Como contribuição da pesquisa, com base na literatura vista e usando a notação BPMN (*Business Process Model and Notation*), é apresentada na Figura 8, uma estrutura de modelagem BIM para FM, como sugestão para o *to-be*. A estrutura foi baseada nas pesquisas de Nguyen *et al.* (2017) e Ahn e Cha (2014) e abrange contratantes e fornecedores, a equipe BIM para FM, os gestores de FM e a equipe de manutenção, e poderão ser testadas em pesquisas futuras para verificar a aplicabilidade. Ademais, o pessoal da CRO 5 e outros pesquisadores poderão testar esta estrutura em edificações que se encontram em utilização.

Figura 8 - Processo BIM para FM (*to-be*)



Fonte: os autores.

A seguir, no Quadro 7, estão os requisitos utilizados nesta pesquisa para a aplicação do BIM-FM para manutenção e operação. Eles foram divididos em três categorias: pessoas, processos e tecnologia. As categorias pessoas e processos foram retiradas da revisão da literatura e é uma sugestão de requisitos para a aplicação em um caso real de implantação. Na categoria de tecnologia estão descritos os requisitos utilizados para a realização do estudo de caso. Neste item, ressalta-se que o LOD utilizado foi o 300, porém o ideal seria a utilização do LOD 500, conforme mencionado anteriormente. Além disso, foram utilizados somente os projetos arquitetônico e elétrico, pois eram as disciplinas com modelos disponíveis em Revit.

Quadro 7 - Requisitos para aplicação do BIM-FM

Pessoas		
Responsabilidades dos "*Facility Managers*"		
Gerenciamento	Executar o planejamento estratégico	
	Organizar as operações do dia a dia de um negócio	
	Supervisionar aspectos diferentes das operações de uma empresa, desde o gerenciamento de fornecedores e prestadores de serviços até a organização da manutenção	
	Buscar formas de reduzir os custos	
	Ser capaz de realizar multitarefas	
	Gerenciamento de equipes	
	Gerenciamento dos requisitos de segurança, incluindo treinamentos de funcionários e inspeções nas instalações.	
Manutenção	Verificar se os equipamentos e as instalações atendem aos requisitos solicitados	
	Gerenciamento do espaço	
	Negociação de contratos com clientes e fornecedores	
	Fiscalização dos serviços contratados, se foi concluído no prazo e de acordo com as especificações do contrato.	
Custos operacionais	Gerenciamento dos custos	
	Orçamentação anual	
	Garantir que a empresa esteja orçando de forma eficaz e que cada despesa funcione para criar um ambiente de trabalho mais eficiente.	
Processo		
Competência	Operações e manutenção	
	Gerenciamento das operações	
	Gerenciamento das atividades de manutenção	
Tecnologia		
Projeto	Arquitetônico	LOD 300/500
	Elétrico (Complementares)	LOD 300/500
	Janelas, portas e telhado	LOD 500 (ficha técnica do ativo, manual de instruções, data de instalação, data de garantia, imagem do elemento, norma de manutenção do exército)
	Caderno de especificação técnica (obra)	
	Norma de manutenção (NORMANQ)	
Ativos	Histórico de manutenção	
	Data de instalação	
	Tempo de garantia	
	ID do ativo (nome ou código único para que seja rastreável)	
	Tipo, modelo, fabricante	
	Localização: Edifício, pavimento, nome do espaço (nome ou código único para que seja rastreável)	
Software	Autodesk® Revit® 2018, Autodesk® Revit LT™ 2018 © 2017	
	Autodesk® COBie extension for Revit®	
	YouBIM 2018 0.59.12	
	Microsoft® Excel® para Office	
Hardware	Processador	Intel® Core™ i7-7700HQ CPU @ 2.80GHz 2.81GHz
	Memória instalada (RAM)	16,0 GB (utilizável: 15,9 GB)
	Tipo de sistema	Sistema operacional de 64 bits, processador com base em x64
	Placa de vídeo	GeForce GTX 1050 Ti

Fonte: os autores

Conclusão

O objetivo geral desta pesquisa foi de explorar uma estrutura de requisitos para aplicação de sistemas de autoria BIM de modo a gerar modelos adequados ao uso no gerenciamento da manutenção e operação de edifícios. Sendo assim, esta pesquisa buscou demonstrar, por meio de um estudo de caso, como ocorre o uso e quais são os requisitos necessários de modelagem BIM-FM para projetos, para articular o processo

de coleta, gerenciamento e troca de dados BIM relacionados a FM e identificar os desafios enfrentados durante a transferência via BIM. Também foi exposto como o setor de manutenção e operação da CRO 5 opera atualmente (*as-is*) e, futuramente, como poderá melhorar (*to-be*) com a utilização do BIM aliado ao *software* de FM para auxiliar no gerenciamento das atividades de manutenção e operação das edificações.

Esta pesquisa, a partir do método proposto por Yin (2015), estabelece uma estratégia para ser utilizada por outros pesquisadores que desejam aplicar o BIM para o FM em seus estudos. No Quadro 7 estão descritos os requisitos mínimos necessários para a aplicação do método. Em resultados e discussão, foram expostos os principais desafios enfrentados durante a pesquisa e na Figura 8 é possível visualizar o fluxograma com as atividades, responsabilidades e documentos que deverão ser carregados ao modelo BIM para FM no decorrer do processo de manutenção e operação de um edifício.

Com os resultados do estudo de caso, concluiu-se que os principais requisitos para se colocar em prática a utilização do BIM-FM são os modelos de projetos em BIM, em LOD 500, ou seja, o modelo *as-built*, com todas as informações dos ativos atualizadas, a norma de manutenção e operação que se pretende utilizar para que seja possível a programação da manutenção preventiva, a escolha do *software* de acordo com o objetivo do caso e, por último e mais importante, o engajamento da equipe na implantação do processo. Esses requisitos são a contribuição exclusiva deste estudo e podem ser aplicados em outros projetos de manutenção e operação de edifícios.

O uso do método proposto apresentado pode contribuir para facilitar a localização e visualização dos equipamentos; obter informações geométricas e não-geométricas mais precisas, proporcionando a redução de erros; dar praticidade na transferência dos dados da edificação; ter eficiência na redução de tempo para a execução das atividades, uma vez que todas as informações dos ativos encontram-se no modelo; conseguir agilidade na solicitação de ordens de serviço; obter economia na gestão das instalações; ter eficiência no planejamento das atividades de manutenção e manter registrado o histórico de manutenção.

É possível programar as atividades de manutenção e operação de qualquer norma que se queira utilizar, pois esta função é customizável dentro do *software*.

Além disso, constatou-se a importância de definir os usos BIM logo no início do projeto, para que as informações importantes para cada fase do ciclo do edifício sejam inseridas no momento correto, para que não haja perda de informação ou retrabalho. Contudo, esta solução poderá ser testada em um edifício desde a fase inicial do projeto, para que as informações sejam inseridas no decorrer do ciclo de vida da construção, como sugere NIBS (2021). E na fase de manutenção e operação estudar a maneira de extrair os dados de manutenção e operação para serem integrados ao OPUS, para que seja alimentado com as informações atualizadas de FM, já que o sistema trabalha como uma grande base de dados para o nível gerencial e estratégico.

Outras sugestões para trabalhos futuros, seria testar a solução da presente pesquisa no edifício da AD/5 ou em outro edifício existente do exército. Para que a solução possa ser testada gerando dados de qualidade, a edificação precisa estar em uso por, pelo menos, um ano, para que possa ser feito o comparativo dos dados com a solução BIM-FM e sem a implantação da solução. Além do mais, a empresa precisa fornecer as informações como: projeto *as-built*, de preferência em LOD 500, histórico de atividades de manutenção e histórico de contas pagas (ex: água, luz). Não foi possível testar a solução completa no edifício estudado até porque, deve ser ressaltado que o edifício ainda não estava em uso. Outra sugestão seria a análise financeira da solução BIM-FM e custos de manutenção e operação de edificações, demonstrando em percentual qual a economia

que a solução proporciona; e o desenvolvimento de projetos *as-built* para BIM-FM utilizando *laser scanner*.

Agradecimentos

À Universidade Federal do Paraná pela oportunidade de pesquisa e à Comissão Regional de Obras 5 (CRO5) pela contribuição com os projetos cedidos.

Referências

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674:2012.** Manutenção de edificações. Requisitos para o sistema de gestão de manutenção. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

AHN, D.; CHA, H. Integration of Building Maintenance Data in Application of Building Information Modeling (BIM). **Journal of Building Construction and Planning Research**, v. 2, n. 2, p. 166–172, June 2014. http://dx.doi.org/10.4236/jbcpr.2014.22015.

ARAÚJO NETO, P. G. A Manutenção Predial nas Edificações Públicas, um Estudo sobre a Legislação. **Engineering and Science**, v.3, n. 1, June 2015. DOI: https://doi.org/10.18607/ES201531.

BIMFORUM. **LOD Specification 2018**: Level of development (LOD) specification & commentary. 2. ed. Part I: For Building Information Models and Data. 2. ed. Sept. 2018. 253 p. Disponível em: https://bimforum.org/wp-content/uploads/2022/02/BIMForum_LOD_2018_reprint.pdf. Acesso em: 20 jun. 2019.

BORRELLI, E. M. Y. **Requisitos para aplicação de modelos BIM nas atividades de manutenção e operação de edificações.** 2020. 191 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Construção Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2020. Disponível em: https://hdl.handle.net/1884/66638. Acesso em: 20 jun. 2021.

BROCARDO, F. L.M. **O uso da modelagem da informação da construção 4D (BIM 4D) nos projetos de obras militares da Comissão Regional de Obras 5**. 2017. 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Construção Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017. Disponível em: https://hdl.handle.net/1884/69241. Acesso em: 20 jun. 2021.

CBIC. CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Fundamentos BIM -** Parte 1: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras. Brasília: CBIC, 2016a. (Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras v.1).

CBIC. CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Implementação BIM -** Parte 2: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras. Brasília: CBIC, 2016b. (Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras v.1).

CIC. COMPUTER INTEGRATED CONSTRUCTION. **BIM Planning Guide for Facility Owners**. Version 2.0. Harrisburg: The Pennsylvania State University; University Park, 2013. Disponível em: http://bim.psu.edu. Acesso em: 9 maio 2020.

CIC. COMPUTER INTEGRATED CONSTRUCTION. **Project Execution Planning Guide.** Version 2.1. Harrisburg: The Pennsylvania State University, University Park, 2011. Disponível em: http://bim.psu.edu. Acesso em: 9 maio 2020.

CODINHOTO, R., KIVINIEMI, A. BIM for FM: A Case Support for Business Life Cycle. *In*: FUKUDA, S., BERNARD, A., GURUMOORTHY, B., BOURAS, A. (eds.) **Product Lifecycle Management for a Global Market**. Berlin: Springer, 2014. p. 63-74. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-662-45937-9_7.

DOM. DIRETORIA DE OBRAS MILITARES. **Estrutura Organizacional**. Curitiba: DOM, 2019. Disponível em: http://www.cro5.eb.mil.br/index.php/estrutura-organizacional. Acesso em: 04 julho 2019.

EAST E. W.; O'KEEFFE S., FORD J. **Introduction to COBie: Foundation Knowledge.** Morrisville**:** LULU, 2021.

EAST, E. W. **Construction Operations Building Information Exchange (COBie)**: Requirements Definition and Pilot Implementation Standard. National Institute of Building Sciences. Washington, DC: Headquarters, U.S. Army Corps of Engineers, 2007. 195 p. Disponível em: https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA491932.pdf. Acesso em: 20 out. 2021.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM handbook**: a guide to building information Modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors. 2 ed. rev. New Jersey: John Wiley & Sons, 2011.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **Manual de BIM**: Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. Porto Alegre: Bookman, 2014.

EUBIM Task Group. **Manual relativo à aplicação da Modelação da Informação da Construção (BIM) no Setor Público Europeu.** Ação estratégica para o desempenho do setor da construção: promover valor, inovação e crescimento. European Union, 2017. p. 4. Disponível em: http://www.eubim.eu/wp-content/uploads/2018/03/GROW-2017-01356-00-00-PT-TRA-00.pdf. Acesso em: 20 jan. 2019.

GALLAHER, M. P.; O'CONNOR, A. C.; DETTBARN, J. L.; GILDAY, L. T. **Cost Analysis of Inadequate Interoperability in the U.S. Capital Facilities Industry**. Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology: U.S. Department of Commerce Technology Administration, 2004. Disponível em: https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/gcr/2004/nist.gcr.04-867.pdf. Acesso em: 20 jan. 2020.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GOLABCHI, A.; AKULA, M.; KAMAT, V. R. Leveraging BIM for automated fault detection in Operational Buildings**.** *In*: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON AUTOMATION AND ROBOTICS IN CONSTRUCTION AND MINING, 30., 2013, Montréal. **Proceedings [...].** Montréal: The International Association for Automation and Robotics in Construction, 2013. DOI: https://doi.org/10.22260/ISARC2013/0020.

GSA. GENERAL SERVICE ADMINISTRATION. **Building Information Modeling Guide Series**: 08 – GSA BIM Guide for. Washington: The National 3D-4D-BIM Program Office of Design and Construction Public Buildings Service U.S., 2011.

HUNGU, C. F. **Utilization of BIM from Early Design Stage to facilitate efficient FM Operations**. 2013. 71 f. Dissertação (Master of Science Thesis in the Master's Programme Design and Construction Project Management) - Department of Civil and Environmental Engineering - Division of Construction Management - Chalmers University of Technology. Göteborg, 2013.

IFMA. INTERNATIONAL FACILITY MANAGEMENT ASSOCIATION. **Competency Guide**. Houston: IFMA, 2018.

KIVINIEMI, A.; CODINHOTO, R. Challenges in the Implementation of BIM for FM: Case Manchester Town Hall Complex. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTING IN CIVIL AND BUILDING ENGINEERING, 2014, Orlando. **Proceedings [...]**. Reston: ASCE, 2014. p. 665–672.

LEE, S.; AKIN, O. Augmented reality-based computational fieldwork support for equipment operations and maintenance. **Automation in Construction**, v. 20, n. 4, p. 338-352, July 2011. DOI: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2010.11.004.

LIMA, L. F. **Caderno BIM**: coletânea de cadernos orientadores: caderno de especificações técnicas para contratação e projetos em BIM - Edificações. Curitiba: Secretaria de Estado de Infraestrutura e Logística, 2018. Disponível em: https://www.paranaedificacoes.pr.gov.br/sites/parana-edificacoes/arquivos_restritos/files/documento/2020-07/caderno11_bim_2018_v41.pdf. Acesso em 20 out. 2021.

MACHADO, Fernanda Almeida; RUSCHEL, Regina Coeli. Soluções integrando BIM e Internet das Coisas no ciclo de vida da edificação: uma revisão crítica. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 9, n. 3, p. 204-222, set. 2018. ISSN 1980-6809. DOI: https://doi.org/10.20396/parc.v9i3.8650216.

MOHAMMAD, S.; SYED, S. A**. BIM for Existing Buildings and its effects on Facility Management**. 2018. 59 p. Dissertação (Master's Thesis in the Master's Programme Design and Construction Project Management) -

Department of Civil and Environmental Engineering, Division of Construction Management, Chalmers University of Technology, Göteborg, 2018.

MOREIRA, Lorena Claudia de Souza; RUSCHEL, Regina Coeli. Impacto da adoção de BIM em Facility Management: uma classificação. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 6, n. 4, p. 277-290, dez. 2015. ISSN 1980-6809. DOI: http://dx.doi.org/10.20396/parc.v6i4.8634982.

NAGHSHBANDI, S. N. BIM for Facility Management: Challenges and Research Gaps. **Civil Engineering Journal-Tehran**, v. 2, n. 12, p. 679–684, Dec. 2016. DOI: 10.28991/cej-2016-00000067.

NIBS. NATIONAL INSTITUTE OF BULDING SCIENCES. **Construction-Operations Building Information Exchange (COBie)**. Washington, DC: Prairie Sky Consulting, 2021. Disponível em:< https://www.wbdg.org/resources/construction-operations-building-information-exchange-cobie. Acesso em: 06 junho 2022.

NIBS - NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES. **National BIM Guide for Owners.** Washington, DC: NIBS, 2017. Disponível em: https://www.nibs.org/files/pdfs/NIBS_BIMC_NationalBIMGuide.pdf. Acesso em: 20 dez. 2020.

NBS. NATIONAL BUILDING SPECIFICATION. **NBS National BIM Report 2019**. Newcastle upon Tyn: NBS, 2019. Disponível em: https://www.thenbs.com/knowledge/national-bim-report-2019. Acesso em: 30 dezembro 2020.

NGUYEN, P. T.; NGUYEN, T. A.; HA, N. T. H.; NGUYEN T. N. Facilities management in high rise buildings using building information modeling. **International Journal of Advanced and Applied Sciences**, v. 4, n. 2, Feb. 2017, p. 1-9. DOI: https://doi.org/10.21833/ijaas.2017.02.001.

PISHDAD-BOZORGI, P.; GAO, X.; EASTMAN, C.; SELF, A. P. Planning and developing facility management-enabled building information model (FM-enabled BIM). **Automation in Construction**, v. 87, p. 22-38, Mar. 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.12.004.

SANTA CATARINA. Governo do Estado. Secretaria de Estado de Planejamento. Comitê de Obras Públicas. **Caderno de Apresentação de Projetos em BIM**. Florianópolis: Governo do Estado de Santa Catarina, 2014. Disponível em: https://www.saude.sc.gov.br/index.php/informacoes-gerais-documentos/projetos-e-obras-orientacoes/cadernos/8986-caderno-apresentacao-projetos-em-bim/file. Acesso em: 20 ago. 2021.

SCHLEY, M.; HAINES, B.; ROPER, K.; BRANDI, W. **BIM for Facility Management:** v 2.1. Atlanta: *Georgia Institute of Technology;* Raleigh: FM:Systems, 2016. Disponível em: https://it.ifma.org/wp-content/uploads/2019/04/BIM-FM-Consortium-BIM-Guide-v2_1.pdf. Acesso em: 20 out. 2021.

SOUSA, F. C. **A evolução de um modelo BIM de construção para gestão de empreendimentos**. 2013. 196 p. Relatório de Estágio (Mestre em Engenharia Civil - Gestão da Construção) - Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, 2013. Disponível em: https://recipp.ipp.pt/bitstream/10400.22/4695/1/DM_FernandoSousa_2013_MEC.pdf. Acesso em: 20 set. 2021.

SUCCAR, B.; KASSEM, M. Macro-BIM adoption: Conceptual structures. **Automation in Construction**, v. 57, 2015, p. 64-79, Sept. 2015. DOI: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.04.018.

SUZUKI, R. T. **Gestão da informação em Modelos da Informação da Construção (BIM) para uso em *Facilities Management* (FM) suportado por Sistema Integrado de Gerenciamento de Ambiente de Trabalho (IWMS).** 2020. 202 f. Dissertação (Mestre em Ciências) - Departamento de Engenharia de Construção Civil. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

SWAIN, K. **What does a Facility Manager Manage?** Manitoba: International Facility Management Association (IFMA), 2016. Disponível em: https://ifmamb.org/articles.php?id=3. Acesso em: 11 junho 2019.

TEICHOLZ, P. (ed.). **BIM for facility managers.** Hoboken: John Wiley, 2013. 332 p.

THABET, W.; LUCAS, J. D. A 6-Step Systematic Process for Model-Based Facility Data Delivery. **Journal of Information Technology in Construction**, v. 22, p. 104–131, Aug. 2017. Disponível em: https://www.itcon.org/papers/2017_06-ITcon-Thabet.pdf. Acesso em: 11 jun. 2019.

VA - United States Department of Veterans Affairs. **VA BIM Standart BIM Manual v 2.2.** Arlington: VA, 2017. Disponível em: https://govtribe.com/file/government-file/d-dot-1-va-bim-standard-bim-manual-v2-dot-2-dot-pdf#web-viewer. Acesso em: 11 jun. 2019.

WEYGANT, R. S. **BIM Content Development:** Standards, Strategies, and Best Practices. Hoboken: John Wiley, 2011. 464 p.

YIN, R. K. **Estudo de caso:** planejamento e métodos. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

YouBIM - YouBIM® BIM for FM. **Buildings – Cloud or On Premises**. Costa Mesa: YouBIM, 2019. Disponível em: https://www.youbim.com/product-packages/youbim-bim-for-fm-simple/. Acesso em: 18 de junho de 2019.

---

1 **Elis Mayumi Yamamoto Borrelli**
Engenheira Civil. Mestre em Construção Civil pela Universidade Federal do Paraná. Endereço postal: Rua Francisco Alves Guimarães, 522/1502, Curitiba, PR – CEP 80.050-210

2 **Sergio Scheer**
Engenheiro Civil, Mestre em Engenharia Civil-Estruturas pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Doutor em Informática pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de janeiro. Professor Sênior da Universidade Federal do Paraná. Endereço postal: Rua Francisco Alves Guimarães, 522/1502, Curitiba, PR – CEP 80.050-210