

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS

Kim Alessandro Nowikow

**Análise dos benefícios das práticas do Guia PMBOK na gestão eficiente de projetos desenvolvidos em BIM: Um estudo de caso de um empreendimento residencial de Santa Catarina**

Florianópolis

2021

Kim Alessandro Nowikow

**Análise dos benefícios das práticas do Guia PMBOK na gestão eficiente de projetos desenvolvidos em BIM: Um estudo de caso de um empreendimento residencial de Santa Catarina**

Trabalho Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito para a obtenção do título de Engenharia Civil, habilitação em Produção.

Orientador: Prof. Marco Antônio de Oliveira Vieira Goulart, Dr.  
Coorientador: Prof. Daniel Christian Henrique, Dr.

Florianópolis

2021

## Ficha de identificação da obra

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Nowikow, Kim Alessander

Análise dos benefícios das práticas do Guia PMBOK na gestão eficiente de projetos desenvolvidos em BIM : Um estudo de caso de um empreendimento residencial de Santa Catarina / Kim Alessander Nowikow ; orientador, Marco Antônio de Oliveira Vieira Goulart, coorientador, Daniel Christian Henrique, 2021.

82 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Graduação em Engenharia de Produção Civil, Florianópolis, 2021.

Inclui referências.

1. Engenharia de Produção Civil. 2. BIM. 3. Guia PMBOK. 4. Gerenciamento de projetos. 5. Coordenação de projetos. I. Vieira Goulart, Marco Antônio de Oliveira. II. Henrique, Daniel Christian. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia de Produção Civil. IV. Título.

Kim Alessandro Nowikow

**Análise dos benefícios das práticas do Guia PMBOK na gestão eficiente de projetos desenvolvidos em BIM: Um estudo de caso de um empreendimento residencial de Santa Catarina**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado e aprovado, em sua forma final, pelo Curso de Graduação em Engenharia de Produção Civil, da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 30 de agosto de 2021.

---

Prof.(a) Mônica Maria Mendes Luna, Dra.  
Coordenadora do Curso

**Banca Examinadora:**

---

Prof. Marco Antônio de Oliveira Vieira Goulart, Dr.  
Orientador  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof. Daniel Christian Henrique, Dr.  
Coorientador  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Arthur Feitosa H. L. de Oliveira, Eng.  
Otus Soluções em Engenharia Ltda.

Dedico este trabalho a minha avó, a meu irmão, aos meus padrinhos e a todos amigos que me suportaram e estiveram ao meu lado nessa jornada da universidade.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente às pessoas que tornaram o caminho até aqui possível, me ensinaram os verdadeiros valores da vida e me ensinaram a ser a pessoa que sou hoje, minha avó, Ramona Nowikow e meu irmão Michael Nowikow Popoff. Sou eternamente grato por todo amor e carinho, espero que saibam que sempre estarei ao lado de vocês.

Agradeço aos meus padrinhos Mercedes Hlavai Zacari e José Maria Zacari, dos quais apoio nunca faltou e pela paciência e compreensão sobre esses longos anos de engenharia.

A UFSC, por ter proporcionado uma experiência incrível, mudando a forma de como vejo o mundo, proporcionando a oportunidade de participar das entidades como, CALIPRO e EJEP, possibilitando um crescimento exponencial pessoal e profissional.

A meus amigos, que se tornaram a minha família de Florianópolis, que me acompanharam desde o começo desta jornada, me proporcionando incríveis experiências.

“Os sonhos não determinam o lugar que você vai estar, mas produzem a força necessária para o tirar do lugar em que está.”

Augusto Cury

## RESUMO

Os Modelos de Informações Construtivas (BIM - *Building Information Modeling*) são um conjunto de comunicações, métodos e tecnologias para controlar particularidades, facilitar a colaboração e gerir informações ao longo das fases de vida de um projeto da construção. Somado às práticas de gerenciamento de projetos do Guia PMBOK (*Project Management Body of Knowledge*), auxiliam na integração e na coordenação dos projetos construtivos. Na construção civil, existem diversas deficiências, como o descumprimento de prazos estabelecidos, a baixa qualidade dos serviços, o estouro dos orçamentos e o baixo lucro em relação ao esperado pelas empresas. Tais problemas podem ser mitigados pelo Guia PMBOK e a colaboração entre processos, pessoas e ferramentas do BIM. Com base nisso, neste Trabalho de Conclusão de Curso, as vantagens do BIM são assimiladas às dez áreas do conhecimento de gestão de projetos do Guia PMBOK a fim de contribuir com o desenvolvimento dessa vertente de pesquisa na academia de maneira que, com pesquisas futuras, possa tornar a gestão de projetos, assim como a centralização das informações, nas construtoras e nas incorporadoras mais eficientes em comparação com a atual. Para tanto, é analisado um estudo de caso da coordenação e da compatibilização de projetos construtivos realizados por um escritório de engenharia de Santa Catarina em um empreendimento residencial. Como há poucas pesquisas que relacionam o guia PMBOK com o BIM, sobretudo aplicadas à realidade brasileira, busca-se, nesse estudo, detalhar as etapas do processo de coordenação, modelagem e compatibilização da construção, além de indicadores de desempenhos e melhorias de um projeto residencial. Para isso, coletaram-se dados por meio dos materiais utilizados no gerenciamento do projeto em questão, mas também por meio de uma entrevista semiestruturada com o gerente de tal projeto. Nessa entrevista, discorre-se sobre a forma como o gerenciamento de projetos foi realizado na época do empreendimento estudado em comparação com a maneira que é realizado nos projetos presentes. Após organizados os dados, parte deles é relatada. Além disso, são propostas algumas melhorias e são feitas análises e comparações das ferramentas BIM utilizadas em cada uma das dez áreas do Guia PMBOK. Percebeu-se que, das dez áreas do PMBOK, as áreas de escopo, cronograma, custos, comunicação, riscos e aquisições tiveram melhorias pontuais, enquanto as áreas de integração e partes interessadas continuaram semelhantes. Nota-se também que a área de riscos precisa se reinventar com a finalidade de evitar possíveis erros no processo de coordenação, assegurar um melhor planejamento e reduzir desperdícios na etapa de execução do projeto.

**Palavras-chave:** BIM. Guia PMBOK. Gerenciamento de projetos. Coordenação de projetos. Empreendimento residencial.

## ABSTRACT

Building Information Modeling (BIM) is a set of communications, methods, and technologies to control particularities, facilitate collaboration and manage information throughout the life stages of a construction project. In addition to the project management practices of the PMBOK Guide (Project Management Body of Knowledge), they assist in the integration and coordination of construction projects. In civil construction, there are several deficiencies, such as non-compliance of the established deadlines, low quality of services, budget overruns and low profits compared to what companies expect. Such problems can be mitigated by the PMBOK Guide in collaboration with the processes, people, and tools of the BIM. Based on this, in this Capstone Project, the advantages of BIM are assimilated to the ten areas of project management knowledge of the PMBOK Guide to contribute to the development of such research in the academia in such a way, in the future, project management and centralization of information may become more efficient in construction companies in comparison to the current ones. Therefore, a case study of the coordination and compatibility of construction projects carried out by an engineering office in Santa Catarina is analyzed. Since there are few sources which connect the PMBOK guide to BIM, especially the ones applied to the Brazilian reality, this study seeks to detail the stages of the coordination, modeling, and compatibility of construction process, as well as performance indicators, and residential project improvements. For this, data were collected through the materials used in the management of such a project, but also through a semi-structured interview with the manager of that project. In this interview, it is discussed the way the project management was carried out in the studied enterprise in 2019 in comparison with the way it is carried out in the present projects. After organizing the data, part of them is reported. In addition, some improvements are proposed and analyzes, and comparisons are made of the BIM tools used in each of the ten areas of the PMBOK Guide. It was noticed that, of the ten areas of the PMBOK, the areas of scope, schedule, costs, communication, risks, and acquisitions had specific improvements, while the areas of integration and stakeholders remained similar. It is also noted that the risk area needs to reinvent itself to avoid possible errors in the coordination process, ensure better planning, and reduce waste in the project execution stage.

**Keywords:** BIM. PMBOK Guide. Project management. Project coordination. Residential enterprise.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: O processo de projeto de edificações segundo Romano (2003).....	22
Figura 2: Ciclo de vida e da organização de um projeto.....	26
Figura 3: Modelo de comunicação da informação baseado no modelo compartilhado BIM. ....	32
Figura 4: Modelo tradicional de comunicação da informação.....	32
Figura 5: Os fundamentos do BIM. ....	33
Figura 6: Níveis de maturidade BIM. ....	34
Figura 7: Curva MacLeamy .....	37
Figura 8: Gestão de Projetos BIM realizados pela Otus. ....	50
Figura 9: Modelagem BIM por disciplina. ....	56

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: A inter-relação de oito das dez áreas do Guia PMBOK e o BIM segundo Dornelas (2013).....	39
Quadro 2: Fluxograma dos procedimentos metodológicos. ....	48
Quadro 3: Integração.....	66
Quadro 4: Escopo.....	67
Quadro 5: Cronograma. ....	68
Quadro 6: Custos.....	69
Quadro 7: Qualidade.....	70
Quadro 8: Recursos.....	71
Quadro 9: Comunicação. ....	72
Quadro 10: Riscos.....	73
Quadro 11: Aquisições.....	74
Quadro 12: Partes interessadas. ....	75

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Produtividade da construção civil em relação à economia nacional como um todo nos anos de 2003 e 2013 nos países analisado em ordem decrescente de variação.	19
Tabela 2: Equivalências entre as áreas do Guia PMBOK e o BIM segundo Rokoei (2015).	42
Tabela 3: Benefícios do emprego de BIM na gestão de projetos por área do Guia PMBOK.	44
Tabela 4: Representação fictícia da divisão das tarefas entre a equipe e informações de contato.	52
Tabela 5: Número de incompatibilidades por disciplina.	61
Tabela 6: Número de incompatibilidades por grau de impacto.	62

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AEC – Arquitetura, Engenharia e Construção

BI – *Business Intelligence*

BIM – *Building Information Modeling*

EAP – Estrutura Analítica de Projeto

FGV – Fundação Getúlio Vargas

GPPIE – Gestão Integrada do Processo de Projeto de Construção

IBRE – Instituto Brasileiro de Economia

IPD – *Integrated Project Delivery*

ISO – *International Organization for Standardization*

LPDS – *Lean Project Delivery System*

PIB – Produto Interno Bruto

PMBOK – *Project Management Body of Knowledge*

PMI – *Project Management Institute*

PMP – *Project Management Professional*

SindusCon-SP – Sindicato da Construção do Estado de São Paulo

TCC – Trabalho de Conclusão de Curso

TI – Tecnologia da Informação

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>18</b>
1.1	OBJETIVOS.....	20
1.1.1	<b>Objetivo geral .....</b>	<b>21</b>
1.1.2	<b>Objetivos específicos .....</b>	<b>21</b>
1.2	PRÉVIA DOS CAPÍTULOS .....	21
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>22</b>
2.1	ETAPAS DO PROCESSO DE PROJETOS DA CONSTRUÇÃO .....	22
2.2	GESTÃO DE PROJETOS .....	23
2.3	GUIA PMBOK.....	24
2.3.1	<i>Project Management Institute (PMI) e grupo de processos .....</i>	<b>25</b>
2.3.2	<b>Áreas do conhecimento do Guia PMBOK .....</b>	<b>27</b>
2.3.2.1	<i>Integração .....</i>	27
2.3.2.2	<i>Escopo .....</i>	27
2.3.2.3	<i>Cronograma .....</i>	28
2.3.2.4	<i>Custo.....</i>	28
2.3.2.5	<i>Qualidade .....</i>	29
2.3.2.6	<i>Recursos .....</i>	29
2.3.2.7	<i>Comunicação.....</i>	29
2.3.2.8	<i>Riscos .....</i>	30
2.3.2.9	<i>Aquisição.....</i>	30
2.3.2.10	<i>Partes interessadas .....</i>	30
2.4	BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) .....	31
2.4.1	<b>Conjunto e competências .....</b>	<b>33</b>
2.4.2	<b>Nível de maturidade BIM - Estágios .....</b>	<b>33</b>
2.4.2.1	<i>Nível 0 – Pré-BIM .....</i>	34
2.4.2.2	<i>Nível 1 – Modelagem baseada em objeto.....</i>	35

2.4.2.3	<i>Nível 2 – Colaboração baseada em modelos</i> .....	35
2.4.2.4	<i>Nível 3 – Integração baseada em rede</i> .....	35
<b>2.4.3</b>	<b>Aplicabilidade BIM</b> .....	<b>36</b>
<b>2.4.4</b>	<b>Curva de Macleamy</b> .....	<b>37</b>
2.5	PESQUISAS QUE RELACIONAM BIM COM O GUIA PMBOK .....	38
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>46</b>
3.1	MÉTODO DE PESQUISA .....	46
3.2	PROCEDIMENTO METODOLÓGICO .....	47
<b>4</b>	<b>ESTUDO DE CASO</b> .....	<b>49</b>
4.1	A OTUS ENGENHARIA .....	49
4.2	ESTUDO DE CASO .....	49
<b>4.2.1</b>	<b>Criação da Informação</b> .....	<b>50</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Verificação da Informação</b> .....	<b>56</b>
<b>4.2.3</b>	<b>Uso da Informação</b> .....	<b>58</b>
<b>5</b>	<b>ANÁLISE DOS RESULTADOS</b> .....	<b>60</b>
5.1	RESULTADOS: gestão de projetos em Bim .....	60
<b>5.1.1</b>	<b>Gestão do tempo</b> .....	<b>61</b>
<b>5.1.2</b>	<b>Incompatibilidades</b> .....	<b>61</b>
<i>5.1.2.1</i>	<i>As três maiores incompatibilidades críticas do empreendimento</i> .....	<i>62</i>
<b>5.1.3</b>	<b>Prancha de furos</b> .....	<b>63</b>
<b>5.1.4</b>	<b>Prancha de alvenarias</b> .....	<b>63</b>
<b>5.1.5</b>	<b>Ganhos de produtividade e na qualidade da execução</b> .....	<b>64</b>
<b>5.1.6</b>	<b>Maior poder de negociação e facilidade de compras</b> .....	<b>64</b>
<b>5.1.7</b>	<b>Projetos realistas com acesso à rede</b> .....	<b>65</b>
<b>5.1.8</b>	<b>Visualização</b> .....	<b>65</b>
<b>5.1.9</b>	<b>Satisfação do cliente final</b> .....	<b>65</b>

5.2	RESULTADO: PROCESSO DE GERENCIAMENTO OTUS COMPARADO AO GUIA PMBOK.....	65
5.2.1	<b>Integração .....</b>	<b>66</b>
5.2.2	<b>Escopo.....</b>	<b>67</b>
5.2.3	<b>Cronograma .....</b>	<b>68</b>
5.2.4	<b>Custos .....</b>	<b>69</b>
5.2.5	<b>Qualidade .....</b>	<b>70</b>
5.2.6	<b>Recursos .....</b>	<b>71</b>
5.2.7	<b>Comunicação.....</b>	<b>72</b>
5.2.8	<b>Riscos .....</b>	<b>73</b>
5.2.9	<b>Aquisições.....</b>	<b>74</b>
5.2.10	<b>Partes interessadas .....</b>	<b>75</b>
5.3	DISCUSSÃO SOBRE A ANÁLISE QUALITATIVA DE RESULTADOS APRESENTADOS.....	75
6	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>77</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>78</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A Indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) tem ajustado as ferramentas de colaboração e modelagem de informações de modo a ampliar as possibilidades de estudos, validação, controle e análise de desempenho. Dessa forma, caminha para um processo de construção industrializada, com aumento da produtividade e que melhor atenda às necessidades dos clientes finais (DORNELAS, 2013; PITTIGLIANI, 2018; SUCCAR, 2009; TOBIN, 2013). Nesse contexto, surgiram os Modelos de Informações Construtivas, conhecidos mais pela sigla BIM (do inglês, *Building Information Modeling*), os quais afirmam um conjunto de comunicações, métodos e tecnologias para controlar particularidades do projeto e dados construtivos ao longo das fases de vida de determinado empreendimento (SUCCAR; SHER; WILLIAMS, 2013). Ademais, segundo Eastman et al. (2013), a contextualização do BIM permite, aos responsáveis diretos pelo processo, a centralização das informações construtivas, de modo a incrementar os acertos e a qualidade delas a fim de gerir a informação e a colaborar na sua essência. Além disso, por ser uma das ferramentas que trazem ganhos na produtividade, o BIM pode auxiliar a reverter um cenário histórico negativo.

Zacko e Antunes (2019) apontam que a produtividade da construção civil decaiu ao longo do tempo em detrimento de outros setores industriais. Isso decorre das particularidades do setor, tais como o caráter artesanal do processo de construção, a menor adesão a alternativas industrializadas e a baixa qualificação da mão de obra. (ZACKO E ANTUNES, 2019). Mesmo com surgimento de novas técnicas gerenciais produtivas a partir da última década do século passado e a difusão delas bem como de tecnologias de colaboração e modelagem da informação ao longo da década seguinte, a produtividade na indústria da construção em relação à economia de modo geral reduziu globalmente em média 2,9% entre 2003 e 2013 (FGV; IBRE; SINDUSCON-SP, 2016). Segundo um estudo da Fundação Getúlio Vargas (FGV) em parceria com o Instituto Brasileiro de Economia (IBRE) e o Sindicato da Construção do Estado de São Paulo (SindusCon-SP), o Brasil é exceção a essa regra, devido ao aumento registrado de 0,8% entre 2003 e 2013, o sétimo maior dentre os dezoito países analisados. O destaque positivo é a Espanha, com aumento de produtividade em 35,8% no período analisado, muito acima do segundo colocado, a Alemanha (4,7%), e o único país da amostra em que a produtividade do setor da construção civil é maior que a média de todos os setores econômicos. Além da Espanha, em 2013, outros cinco países (Suécia, Holanda, Reino Unido, Coreia do Sul e Índia) apresentavam produtividade acima de 80% em relação à

economia geral. No entanto, esses dois últimos países, somados à Rússia, foram os únicos que apresentaram queda superior a 20,0% em comparação com 2003, as maiores dentre todos os analisados. Em 2013, os demais destaques negativos são da China, do Japão e de Portugal, que são os países em que a construção civil é menos produtiva em relação à economia nacional. Portugal, inclusive, é o único país pesquisado com produtividade menor que 60,0% (FGV; IBRE; SINDUSCON-SP, 2016). Por fim, na Tabela 1, são resumidas as produtividades na construção perante as respectivas economias nacionais como um todo entre os anos de 2003 e 2013 de todos os países analisados nessa pesquisa.

Tabela 1: Produtividade da construção civil em relação à economia nacional como um todo nos anos de 2003 e 2013 nos países analisado em ordem decrescente de variação.

PAÍS	2003	2013	VARIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE
Espanha	78,1%	113,9%	35,8%
Alemanha	65,3%	70,0%	4,7%
Suécia	75,8%	80,0%	4,2%
França	74,4%	77,8%	3,4%
Holanda	80,3%	81,8%	1,5%
Reino Unido	87,8%	88,6%	0,8%
Brasil	67,5%	68,3%	0,8%
Itália	79,9%	78,5%	-1,4%
Japão	63,4%	60,7%	-2,7%
Canadá	75,9%	73,1%	-2,8%
Portugal	61,1%	57,6%	-3,5%
México	71,6%	68,0%	-3,6%
Estados Unidos	72,9%	68,2%	-4,7%
Austrália	74,6%	69,2%	-5,4%
China	75,9%	61,6%	-14,3%
Rússia	95,4%	74,0%	-21,4%
Coreia do Sul	102,5%	80,6%	-21,9%
Índia	117,8%	95,8%	-22,0%
Média Global	-	-	-2,9%

Fonte: FGV; IBRE; SINDUSCON-SP (2016).

Sobre esse estudo, também vale destacar que a variação da produtividade não é exclusivamente devido às técnicas gerenciais e às ferramentas tecnológicas, mas também pelo ciclo econômico experienciado no mundo, o qual pode impactar os investimentos na construção civil e pode reduzir a produtividade em diversos setores econômicos nacionais, tal como ocorreu após a crise econômica de 2008, apontada como a maior responsável pela queda global de produtividade na construção civil (FGV; IBRE; SINDUSCON-SP, 2016).

Além do BIM, as práticas do Guia PMBOK (*Project Management Body of Knowledge*) são importantes na gestão e na coordenação dos projetos construtivos. O PMBOK, atualmente na sexta edição, foi desenvolvido por profissionais renomados do *Project Management Institute* (PMI) e é considerado o guia dos profissionais da área de gestão, não só da construção civil, mas também de todos os setores econômicos e a nível global. Além disso, organiza fundamentos e práticas de gestão de projetos amplamente testadas e aprovadas, compostas pela aplicação de competências, ferramentas e métodos com potencial de aumentar a probabilidade de sucesso de muitos projetos. Apesar disso, nem todas as práticas são aplicáveis a tudo, visto que devem ser determinadas pela equipe de planejamento ou pela empresa dada a especificidade do projeto (PELISSER E FRANÇA, 2020; PORTELLA, 2015).

Na construção civil, setor sensível à retração ou à aceleração da economia nacional, o Guia PMBOK e as ferramentas do BIM podem auxiliar na mitigação de deficiências, compostas por falhas resultantes do mal gerenciamento, planejamento e controle dos processos. As principais falhas são o descumprimento de prazos estabelecidos, a baixa qualidade dos serviços, o estouro nos orçamentos e o baixo lucro em relação ao esperado pelas empresas (PELISSER E FRANÇA, 2020).

Portanto, os benefícios do Guia PMBOK junto às ferramentas do BIM devem contribuir com maior eficiência e garantia, além de prover melhor acompanhamento, do começo ao fim, na gestão de projetos da construção civil. Dessa forma, evitam-se excessos de desperdícios no processo, aumenta-se a qualidade, otimiza-se o gerenciamento das equipes e dos colaboradores necessários e, por fim, estabelece-se um diferencial competitivo no mercado acirrado da construção civil, o que contribui para a sobrevivência das empresas.

## 1.1 OBJETIVOS

Nesta seção, é definido o objetivo geral junto aos objetivos específicos.

### **1.1.1 Objetivo geral**

Avaliar, de acordo com o Guia PMBOK, as práticas do gerenciamento de projetos em modelos construtivos de informações (BIM) de uma empresa catarinense de gestão de projetos da construção civil.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- a) Identificar os processos de coordenação e compatibilização dos projetos construtivos de um empreendimento multifamiliar catarinense em 2019 por meio da colaboração e modelagem dos projetos construtivos.
- b) Analisar as transformações e entregas de resultados do gerenciamento de projeto do processo de coordenação e compatibilização do referido empreendimento de 2019 comparado com os projetos de 2021 a fim de identificar progressos ou regressos.
- c) Selecionar as três amostras críticas de maior risco do empreendimento a fim de discorrer sobre os impactos financeiros e os desperdícios na obra ocasionados por elas.

## **1.2 PRÉVIA DOS CAPÍTULOS**

A pesquisa se inicia com a conceituação da metodologia BIM, e as principais práticas de gestão de projetos do guia PMBOK, bem como suas características, efeitos e abrangência. Em seguida, aborda-se o processo, com foco na exposição de motivos, causas e justificativas.

No terceiro e quarto capítulo, a pesquisa aborda o estudo científico e empírico proposto no trabalho, junto com análises do gerenciamento dos projetos por meio da metodologia BIM em conjunto das práticas do guia PMBOK. Por fim, são descritas as ações propostas, na concepção do início do empreendimento multifamiliar, junto com as entregas dos projetos para produção.

Nos derradeiros capítulos, é realizada uma análise completa dos resultados da gestão de projetos do empreendimento, a fim de verificar se a aplicação do método BIM, junto às práticas do guia PMBOK trouxeram os efeitos desejados na fase de planejamento da obra em estudo.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, serão discutidas as etapas do processo de projetos construtivos, mas também a gestão de projetos em si além das metodologias de gerenciamento de projetos do Guia PMBOK e do BIM. Também será feita uma revisão literária de pesquisas e discussões que instiguem esses métodos de forma conjunta.

### 2.1 ETAPAS DO PROCESSO DE PROJETOS DA CONSTRUÇÃO

Segundo Souza (2004), subdividir o processo de design em múltiplas etapas ajuda muito no controle permanente dos diversos processos da própria cadeia, bem como na combinação e na interação entre eles.

Romano (2003) propôs um modelo de referência para a gestão integrada do processo de projeto de construção (GPPIE), o qual é resumido na Figura 1.

Figura 1: O processo de projeto de edificações segundo Romano (2003).



Fonte: Adaptado de Romano (2003, p. 191)

Tal modelo é dividido em três macro etapas, definidas da seguinte forma:

1. **Pré-projeção:** a etapa de planejamento do empreendimento. Envolve a elaboração do plano do projeto, que é o principal resultado desta etapa.

2. **Projetação:** preparação para a execução. Envolve a elaboração de projetos de construção, tais como a edificação, a instalação, a fundação e estrutura, além dos projetos de produção, o que envolve as formas, as lajes, as alvenarias, as impermeabilizações, as fachadas verticais e os canteiros de obras. É subdividido em cinco etapas, a saber:
  - a. Projeto informacional: as especificações do projeto são feitas a partir das necessidades e definições dos requisitos dos clientes.
  - b. Projeto conceitual: uma concepção, sujeita a restrições, para o produto é gerada de modo a atender, da melhor forma possível, uma necessidade detectada.
  - c. Projeto preliminar: o leiaute definitivo do produto é elaborado a fim de que sejam feitas verificações de custos, montagem, produção, durabilidade, funcionalidade e operação.
  - d. Projeto legal ou básico: informações técnicas e legais que são relevantes para a análise e para a aprovação do projeto são submetidas pelas autoridades competentes a fim de se obter alvarás, licenças e quaisquer outros documentos imprescindíveis para o exercício da construção. Ademais, engloba outras burocracias, tais como registro de imóvel em cartório e o lançamento do empreendimento.
  - e. Projeto detalhado e para produção: fixam-se as dimensões, os formatos e as disposições e as tolerâncias de todos os componentes. Ademais, reavaliam-se a viabilidade técnico econômica e as especificações dos materiais. Por fim, o modelo do produto é apresentado via documentação completa e necessária para viabilizar a produção do bem projetado.
3. **Pós-projetação:** fase de execução. Envolve monitorar a estrutura do edifício e monitorar seu uso.

## 2.2 GESTÃO DE PROJETOS

Ao longo do tempo, diversas associações, órgãos e instituições têm definido o conceito de projeto. Segundo o Guia PMBOK®, de autoria do *Project Management Institute* (PMI): "um projeto é um esforço temporário para criar um produto, serviço ou resultado

exclusivo". Por temporário, entende-se que todo projeto tem início e fim definidos, mas também significa que o produto ou serviço é diferente de todos os demais (PMI, 2017).

Pela definição anterior, conclui-se que um projeto se diferencia do processo por duas características principais: atualidade e singularidade. Atividades repetitivas podem ser classificadas como processos, e qualquer atividade que não seja fixada como um projeto pode ser classificada. Diz-se que é temporário em vista das datas de início e fim serem determinadas durante o processo de planejamento, o que não significa que a duração seja curta. Ademais, não existem dois projetos iguais, devido à criação de produtos e serviços ou por que o resultado não existia antes (POSSI et al., 2006). Para a equipe responsável pelo projeto, a atividade costuma ser nova, o que exige um planejamento mais focado do que o trabalho regular. Em muitos projetos, todos os níveis organizacionais da empresa devem estar envolvidos para garantir que os objetivos sejam alcançados (PMI, 2017).

O profissional responsável pela coordenação do projeto é, normalmente, o gerente de projetos, que pode ser vinculado à própria construtora ou terceirizado. Marques (1979 apud MELHADO, 1994, p. 181) descreve que o coordenador:

Diante do impasse de interesses em múltiplas áreas profissionais, é necessário ter capacidade de liderança e saber utilizá-la para cumprir os compromissos de todos os membros da equipe. Profissionais com experiência em projetos e execução de obras podem repassar informações adequadas para a equipe. Orientação para promover a integração necessária dessas duas etapas do empreendimento.

Pela importância dessa atividade, o sucesso do produto final depende bastante da qualidade da coordenação, quanto à abrangência e visão crítica. A responsabilidade da coordenação é também determinar as necessidades finais, as quais requerem a participação de consultores, promover a plena comunicação entre os designers, analisar o custo e a viabilidade das alternativas estéticas, enfim, cumprir a missão de maximizar o potencial do projeto (MELHADO, 1994).

### 2.3 GUIA PMBOK

De acordo com as Diretrizes do Guia PMBOK®, "Gerenciamento de projetos refere-se à aplicação de conhecimentos, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades do projeto

para atender aos requisitos do projeto." Por meio da aplicação e integração de quarenta e sete processos definidos no guia PMBOK do PMI (PMI, 2017).

O Guia PMBOK identifica um subconjunto de conhecimento em gerenciamento de projetos, que é reconhecido como uma boa prática e, portanto, usado como base pelo *Project Management Institute* (PMI). Boa prática não significa que o conhecimento e a prática devam ser aplicados uniformemente a todos os projetos, sejam eles apropriados ou não. O guia também fornece e promove um vocabulário comum para discussão, redação e aplicação de gerenciamento de projetos para que os profissionais de gerenciamento de projetos possam trocar informações de maneira eficaz.

Os processos descritos no Guia PMBOK estão relacionados e influenciam uns aos outros à medida que o trabalho avança. A descrição de cada aspecto é baseada no seguinte (PMI, 2017):

1. Entradas: documentos que são necessários para o desenvolvimento do processo;
2. Ferramentas e técnicas: programa, software ou modelo usados para gerar resultados a partir de uma ação;
3. Saídas: documentos gerados por um processo.

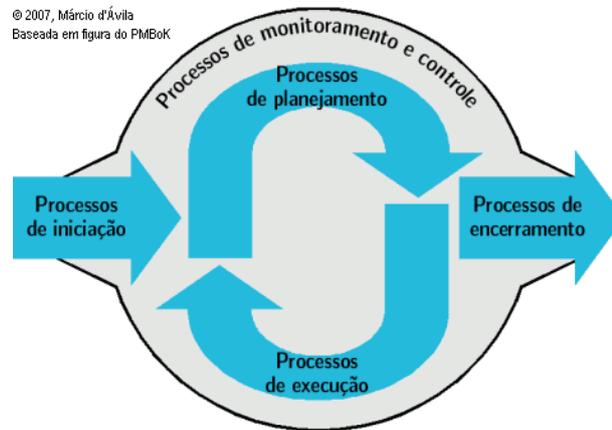
### **2.3.1 *Project Management Institute* (PMI) e grupo de processos**

O *Project Management Institute* (PMI) foi fundado em 1969 e está sediado na Filadélfia, Pensilvânia, EUA. É uma associação sem fins lucrativos, líder mundial em gerenciamento de projetos e dedicada a disseminar e melhorar isso. Desde 1984, o PMI está comprometido em formar e manter um programa de certificação profissional rigoroso para promover o desenvolvimento da profissão de gerenciamento de projetos e reconhecer as realizações dos indivíduos neste campo. A certificação *Project Management Professional* (PMP®) é o certificado mais reconhecido para gerentes de projeto em todo o mundo. Em 1999, o PMI se tornou a primeira organização do mundo a ser aprovada no programa de certificação ISO 9001 (PMI, 2017).

Para a gestão do projeto, o PMI define a divisão lógica de responsabilidades proposta pelo PMBOK de acordo com o processo. A definição de processo é um conjunto de tecnologias e atividades inter-relacionadas que podem agregar valor e buscar resultados (GOMES, 2017).

O Guia PMBOK define os cinco conjuntos, ilustrados na Figura 2, de processos necessário para gerenciamento de projetos em (PMI, 2017):

Figura 2: Ciclo de vida e da organização de um projeto.



Fonte: PMI (2017)

- a) Grupo de processos de iniciação: ocorre a determinação e a autorização do projeto ou fase;
- b) Grupo de processos de planejamento: a melhor maneira de atingir os objetivos do projeto é escolhida e descrita;
- c) Grupo de processos de execução: acontece a execução e a coordenação de pessoas;
- d) Grupo de processos de monitoramento e controle: há o monitoramento e a medição do desempenho;
- e) Grupo de processos de encerramento: acontece a finalização e a aceitação formal do projeto.

Esses cinco processos de um projeto tentam responder a algumas questões básicas, tais como (GOMES, 2017):

- 1- O que quer fazer?
- 2- Como quer fazer?
- 3- Quanto tempo vai demorar?
- 4- Quanto vai custar?

Portanto, esses cinco grupos têm uma tendência clara para simplificar o cronograma do projeto. Esses processos possuem características e interfaces bem definidas, são executados

de formas diferentes dependendo do projeto envolvido, e sempre interagem entre si. Portanto, os processos são atividades inter-relacionadas que ocorrem ao longo do projeto, em que a saída de um projeto se torna a entrada de outro projeto (GOMES, 2017).

## **2.3.2 Áreas do conhecimento do Guia PMBOK**

As dez áreas de conhecimento identificadas por meio das melhores práticas de gestão de projetos são definidas por requisitos de conhecimento e descritas em termos dos processos que constituem o conhecimento, suas práticas, entradas, saídas, ferramentas e tecnologias (PMI, 2017). São apresentadas nos próximos dez tópicos e serão utilizadas ao longo do projeto.

### *2.3.2.1 Integração*

A área de conhecimento da gestão de integração de projetos inclui identificar, definir, combinar, unificar e coordenar vários processos e atividades de gestão de projetos no grupo de processos de gerenciamento de projetos. Segundo o Guia PMBOK, esses processos incluem (PMI, 2017, c. 4):

- a. Desenvolver o termo de abertura do projeto;
- b. Desenvolver o plano de gerenciamento do projeto;
- c. Orientar e gerenciar o trabalho do projeto;
- d. Monitorar e controlar o trabalho do projeto;
- e. Realizar o controle integrado de mudanças;
- f. Encerrar o projeto ou fase.

### *2.3.2.2 Escopo*

O gerenciamento do escopo do projeto inclui o único processo que garante a inclusão de todo o trabalho necessário para concluir o projeto com êxito. Esta parte especifica os requisitos e produtos a serem entregues pelo projeto, o que inclui o trabalho e a entrega que devem ser executados. Segundo o Guia PMBOK, esses processos contemplam (PMI, 2017, c. 5):

- a. Planejar o gerenciamento do escopo;
- b. Coletar os requisitos;
- c. Definir o escopo;
- d. Criar a Estrutura Analítica de Projeto (EAP);
- e. Validar o escopo;
- f. Controlar o escopo.

#### 2.3.2.3 *Cronograma*

No Guia PMBOK, o gerenciamento do cronograma, ou tempo, de um projeto inclui os processos necessários para realizá-lo no prazo. O cronograma do projeto mostra as tarefas planejadas em forma gráfica, assim como a duração e dependências, marcos, recursos utilizados e prazos. Segundo o Guia PMBOK, constituem essa área (PMI, 2017, c. 6):

- a. Planejar o gerenciamento do cronograma;
- b. Definir as atividades;
- c. Sequenciar as atividades;
- d. Estimar as durações das atividades;
- e. Desenvolver o cronograma;
- f. Controlar o cronograma;

#### 2.3.2.4 *Custo*

O gerenciamento de custos inclui os processos envolvidos no planejamento, estimativa, orçamento e controle de custos para que o projeto possa ser concluído dentro do orçamento aprovado. Ademais, descreve a estimativa de custos, orçamento e avaliação de desempenho. Segundo o Guia PMBOK, fazem parte dessa área (PMI, 2017, c. 7):

- a. Planejar o gerenciamento dos custos;
- b. Estimar os custos;
- c. Determinar o orçamento;
- d. Controlar os custos.

### 2.3.2.5 *Qualidade*

O processo de gestão da qualidade do projeto inclui todas as atividades da organização de implementação, que determinam as responsabilidades, os objetivos e as políticas de qualidade para que o projeto atenda às necessidades que impulsionam sua realização. Os processos que compõem o gerenciamento da qualidade, segundo o Guia PMBOK, são (PMI, 2017, c. 8):

- a. Planejar o gerenciamento da qualidade;
- b. Gerenciar a qualidade;
- c. Controlar a qualidade.

### 2.3.2.6 *Recursos*

A gestão de recursos está relacionada com a organização do projeto, os recursos planejados com a equipe e os processos de gestão de pessoas. Além disso, descreve quando e como introduzir ou retirar recursos humanos do projeto. Resume-se, de acordo com o Guia PMBOK (PMI, 2017, c. 9), nos seguintes processos:

- a. Planejar o gerenciamento dos recursos
- b. Estimar os recursos das atividades;
- c. Adquirir recursos;
- d. Desenvolver a equipe;
- e. Gerenciar a equipe;
- f. Controlar os recursos.

### 2.3.2.7 *Comunicação*

A gestão da comunicação de projetos é uma área do conhecimento que utiliza os processos necessários para garantir a geração, coleta, distribuição, armazenamento, recuperação e destinação da informação final em tempo hábil e adequado. Ele descreve como distribuir, revisar, atualizar e arquivar as informações do projeto quando elas são geradas, por quem, quando e para quem. A ata da reunião registra a decisão da equipe sobre o projeto. Resume-se nos seguintes processos, segundo o Guia PMBOK (PMI, 2017, c. 10):

- a. Planejar o gerenciamento das comunicações;

- b. Gerenciar as comunicações;
- c. Monitorar as comunicações.

#### 2.3.2.8 *Riscos*

O gerenciamento de riscos inclui o processo de identificação, análise, resposta, monitoramento e controle do planejamento de riscos do projeto. Alguns desses processos são atualizados ao longo do processo, os quais são, segundo o Guia PMBOK (PMI, 2017, c. 11):

- a. Planejar o gerenciamento dos riscos;
- b. Identificar os riscos;
- c. Realizar a análise qualitativa dos riscos;
- d. Realizar a análise quantitativa dos riscos;
- e. Planejar as respostas aos riscos;
- f. Implementar respostas aos riscos;
- g. Monitorar os riscos.

#### 2.3.2.9 *Aquisição*

A gestão de aquisições do projeto, de acordo com as diretrizes do Guia PMBOK, inclui o processo necessário para adquirir ou obter produtos, serviços ou resultados de fora da equipe do projeto para a realização do trabalho. Além disso, descreve o tipo de contrato de compra e o processo de avaliação. Segundo o Guia PMBOK, é composto pelos seguintes processos, (PMI, 2017, c. 12):

- a. Planejar o gerenciamento das aquisições;
- b. Conduzir as aquisições;
- c. Controlar as aquisições;

#### 2.3.2.10 *Partes interessadas*

De acordo com as diretrizes do Guia PMBOK (PMI, 2017), a gestão das partes interessadas do projeto inclui a identificação de todas as pessoas, grupos ou organizações que podem afetar ou ser afetadas pelo projeto. Analisa as expectativas das partes interessadas e o processo necessário para o impacto delas no projeto. Ademais, formula estratégias de

gerenciamento adequadas para permitir que as partes interessadas participem efetivamente da tomada de decisões e da execução do projeto. De acordo com o Guia PMBOK (PMI, 2017, c. 13), é composto pelas seguintes atividades:

- a. Identificar as partes interessadas;
- b. Planejar o engajamento das partes interessadas;
- c. Gerenciar o engajamento das partes interessadas;
- d. Monitorar o engajamento das partes interessadas.

## 2.4 BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)

O BIM é um processo de criação de um modelo virtual das informações técnicas dos projetos construtivos e que permite a colaboração entre os projetos e as equipes durante toda a fase de concepção do empreendimento. Segundo a Norma Americana de BIM (NATIONAL BIM STANDARD-UNITED STATES®; NBIMS-US™, 2015), o processo é definido como um modelo de informação construtiva, mas também uma reprodução digital de atributos físicos de uma instalação de um empreendimento. Então, serve como um recurso de conhecimento compartilhado de informações sobre uma instalação de forma a criar uma base confiável para decisões durante seu ciclo de vida. Esse processo é resumido na Figura 3 em detrimento de processos tradicionais, tal como exemplificado na Figura 4.

Uma premissa básica do BIM é a colaboração de todas as partes interessadas em diferentes fases do ciclo de vida de uma instalação para inserir, extrair, atualizar ou modificar informações no BIM. Com isso, cada uma das partes pode dar apoio às demais enquanto reflete os próprios papéis. Por isso, o BIM também é uma representação digital compartilhada, baseada em padrões abertos para a interoperabilidade.

Segundo Eastman et al. (2013), a implementação adequada possibilita uma melhor integração da construção do processo, o que resulta na otimização da qualidade, dos custos e da confiabilidade do planejamento do processo construtivo. Ademais, por caracterizar um processo tecnológico disruptivo e por assimilar novas ferramentas tecnológicas, serão impostos muitos desafios aos profissionais que vierem a trabalhar com o BIM, tais como aprender a trabalhar colaborativamente entre outros que permeiem esse processo (TOBIN, 2013). Por fim, Oliveira (2015), afirma que o BIM se trata de uma tecnologia promissora, desenvolvida especificamente para o setor da construção civil para permitir a criação de um

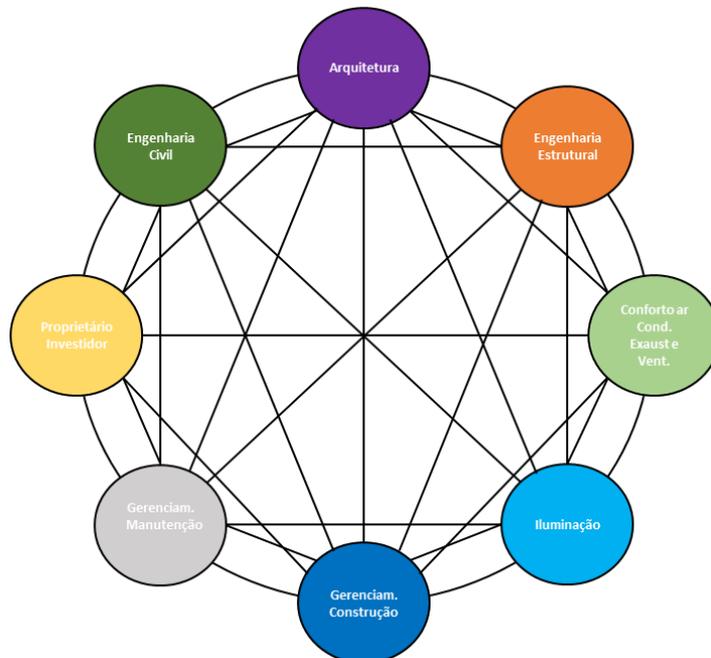
modelo virtual da edificação, além de incrementar a colaboração e resultar em ganhos incalculáveis para o setor da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC).

Figura 3: Modelo de comunicação da informação baseado no modelo compartilhado BIM.



Fonte: Autoria própria.

Figura 4: Modelo tradicional de comunicação da informação

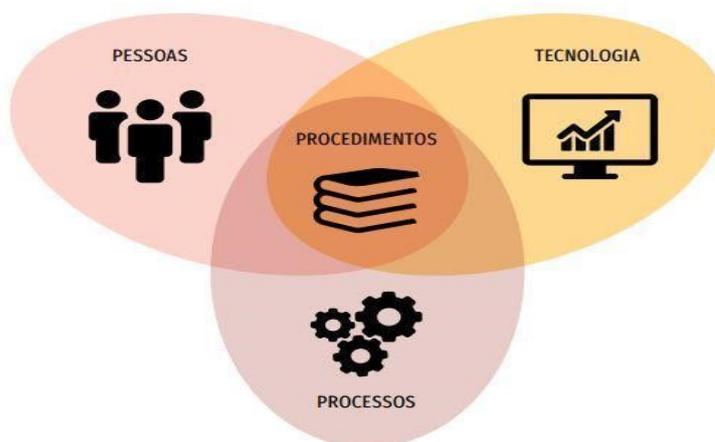


Fonte: Autoria própria.

### 2.4.1 Conjunto e competências

O BIM é dividido em três estágios de capacitação, resumidos na Figura 5, que compreendem um conjunto de competências necessárias para incrementar a maturidade (SUCCAR, 2009).

Figura 5: Os fundamentos do BIM.



Fonte: Adaptado de SUCCAR (2009).

Cada estágio de capacitação BIM surge como um conjunto de processos, de pessoas e de tecnologias, cada qual gera um método que contempla os profissionais das áreas da AEC na elaboração e na colaboração de um modelo de dados construtivos únicos, os quais possuem a finalidade de contemplar a vida útil de uma edificação. Isso inclui organizações que geram soluções de software e equipamentos de aplicabilidade direta e indireta ao projeto, construção e operação de instalações (SUCCAR, 2009).

O Campo de Processo agrupa um grupo de participantes que adquirem, projetam, constroem, fabricam, usam, gerenciam e mantêm estruturas de modo a incluir todos os principais agentes da AEC comprometidos com o processo construtivo. Esses agentes não geram nenhum produto, porém são instituições especializadas que desempenham papéis fundamentais nos processos burocráticos das construtoras e incorporadoras (SUCCAR, 2009).

### 2.4.2 Nível de maturidade BIM - Estágios

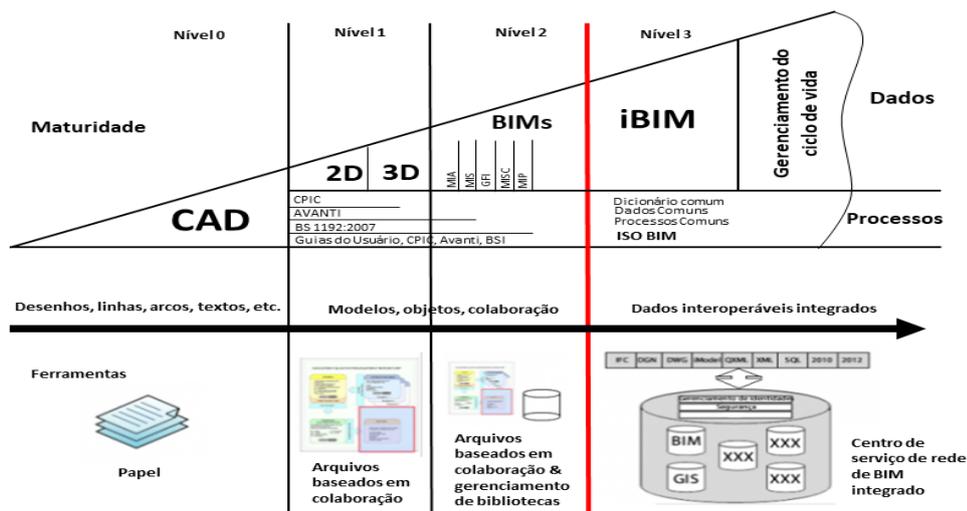
Segundo Manzione (2013), após a implementação do BIM, existe uma profunda modificação da forma como o colaborador interage com o ambiente construindo desde os

estágios iniciais, sobretudo as utilidades de definição comum dos níveis de maturidade. Bew e Richards (2008) classificam o modelo utilizado pelo Reino Unido, onde a implantação do BIM é materializada em no estado inicial, o nível 0 ou pré-BIM, e os três níveis BIM, 1, 2 e 3. Succar (2009) também descreve o termo como:

“... à propriedade, repetição e grau de perfeição em uma capacidade em BIM, isto é, em oposição à capacidade que denota uma habilidade mínima [...]. Os padrões de maturidade são fases de melhoria de execução aos quais as equipes e organizações estão realizando o seu trabalho.”

Esses níveis são esquematizados na Figura 6.

Figura 6: Níveis de maturidade BIM.



Fonte: Adaptado de SUCCAR (2009).

#### 2.4.2.1 Nível 0 – Pré-BIM

Refere-se às ferramentas tradicionais 2D, como AutoCAD, ainda com ineficiência e barreiras significativas. A maioria da informação é armazenada em documentos escritos, pranchas, detalhes, em que esses arquivos 2D não podem ser executados simultaneamente. Existe uma alta possibilidade de existirem erros e contrariedades entre diferentes versões de projeto, o que gera retrabalho no processo de concepção dele (KHOSROWSHAHI; ARAYICI, 2012).

Segundo Succar (2009), as estimativas de custo, de quantidades e de especificações não são geradas nos modelos de visualização da documentação 2D. Mesmo quando algumas visualizações 3D são geradas, elas são desarticuladas e dependentes da documentação detalhada 2D.

#### *2.4.2.2 Nível 1 – Modelagem baseada em objeto*

Refere-se à transição do 2D para o 3D, em que os arquivos são construídos por elementos arquitetônicos existentes. As disciplinas são tratadas separadamente e a documentação continua a ser constituída predominantemente por desenhos 2D (KHOSROWSHAHI; ARAYICI, 2012). Dessa forma, os padrões de colaboração no nível 1 são análogos ao status pré-BIM, e, desse jeito, não há trocas significativas baseadas entre os modelos das disciplinas, uma vez que as trocas de dados entre as partes interessadas no projeto são únicas e as comunicações continuam desagregadas (SUCCAR, 2009).

#### *2.4.2.3 Nível 2 – Colaboração baseada em modelos*

Neste nível, ocorre um avanço da modelagem 3D para a colaboração e para a interoperabilidade de modo a requerer um compartilhamento integrado de dados entre as partes envolvidas com a finalidade de suprir a abordagem colaborativa (KHOSROWSHAHI; ARAYA, 2012).

Mesmo que as intercomunicações entre os colaboradores do BIM continuem a ser simultâneas, as funções da fase pré-BIM existentes começam a desaparecer. Algumas alterações contratuais são obrigatórias, porque as trocas de modelo tendem a aumentar e a substituir os fluxos de processos com base em documentos. O amadurecimento do nível 2 também altera a particularidade da modelagem executada em cada fase do ciclo de vida do projeto. À medida que os modelos de construção com detalhes mais altos avançam, os modelos com detalhes de design mais baixos começam a ser substituídos (SUCCAR, 2009).

#### *2.4.2.4 Nível 3 – Integração baseada em rede*

Com o início deste nível, a filosofia nativa da modelagem das informações construtivas é refletida na colaboração para a integração dos projetos. Os colaboradores

envolvidos interagem simultaneamente, o que permite alterações e análises complexas nas fases iniciais do projeto.

O produto final inclui, além da documentação 2D, propriedades semióticas de objetos, princípios de *lean construction*, políticas sustentáveis, dentre outras (KHOSROSHAHI; ARAYICI, 2012). A condição inicial para a mudança dessa maturidade é o avanço das tecnologias de software e rede, o que permite um modelo interdisciplinar único, compartilhado em nuvem, para o acesso das partes interessadas. A maturidade de todas essas tecnologias, processos e políticas acaba por facilitar o *Integrated Project Delivery* (IPD)

### 2.4.3 Aplicabilidade BIM

Os benefícios da admissão do sistema de modelagem de informação da construção para as fases de planejamento, projeto, execução, operação e uso de empreendimentos horizontais e verticais podem ser entendidos como uma fase só, em que cada ciclo envolve algumas dimensões de trabalho do BIM. A concepção de um modelo de informações virtuais do empreendimento, com inclusão das coordenadas geográficas e melhor localização para instalação complementares, podem ser comparados facilitando a tomada de decisão para a instalação, por meio da observação dos fatores ambientais e financeiros de cada local (RADÜNS, 2013).

A partir do planejamento, a fase pode ser executada por meio de uma análise do processo executivo ao procurar uma maneira de o empreendimento poder influenciar o meio em que será inserido, além de otimizar o desempenho global da aplicação. Tudo isso é realizado digitalmente, o que evita os erros na fase de execução e, nos casos de modificação, durante a execução, ainda podem ser efetuadas as adaptações e modificações no processo executivo (RADÜNS, 2013).

A respeito do banco de dados, é um instrumento usado por gestores para operação e manutenção de sistemas durante o ciclo de vida da obra. Deve ser gerado de modo a permitir acesso, em tempo real, para todos os colaboradores consultarem informações relevantes, tais como equipamentos, materiais, produtos, quantidades, custos, processos executivos, data de prazo de garantia. É esse acesso e essa quantidade de informações que facilitam o ciclo de construção, o que auxilia na padronização e na adequação às normas técnicas além de proporcionar a gestão de subcontratados ou fornecedores (RADÜNS, 2013; OLIVEIRA 2015).

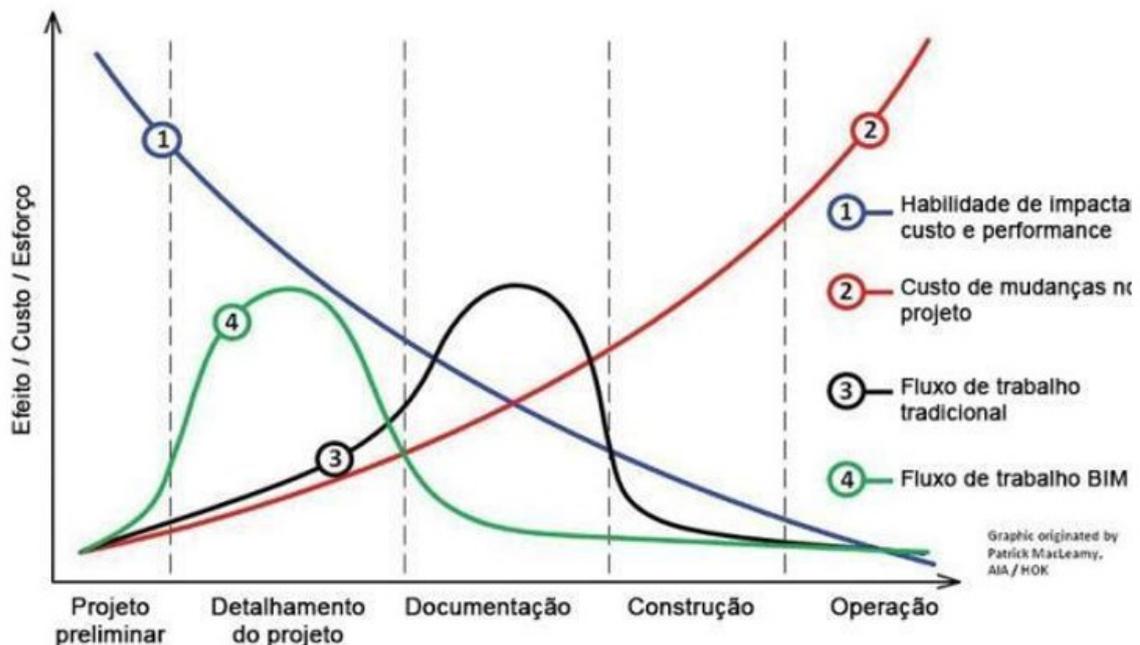
Além disso, os quantitativos são insumos gerados de forma imediata pelo sistema, isso quando o banco de dados de insumos é configurado e bem detalhado. Dessa forma, os custos totais do empreendimento são gerados automaticamente de modo a facilitar o planejamento de suprimentos, o que possibilita a análise entre os sistemas e reduz os erros no orçamento e nas informações dos centros de compra (RADÜNS, 2013).

#### 2.4.4 Curva de Macleamy

O mercado, principalmente o brasileiro, ainda está em fase de inovação, comparado aos mercados mundiais. Nesse contexto, a tecnologia BIM surge como uma alternativa inovadora, visto que promove a interoperabilidade de processos e o gerenciamento integrado por meio de modelos compartilhados de informação entre projetos. No entanto, possui um custo relevante de implantação e treinamento; a curva de aprendizado é longa, mas não é mais possível ignorá-la (EASTMAN et al., 2014, p. 143).

Ao analisar a curva de MacLeamy, representada na Figura 7, constata-se a relação entre o esforço de projeto e o tempo gasto nas etapas da concepção dele. Portanto, a antecipação do processo de projeto possui uma capacidade de impacto de tempo e custos no desenvolvimento do empreendimento (MANZIONE, 2013).

Figura 7: Curva MacLeamy



Fonte: MANZIONE, 2013, p. 144

## 2.5 PESQUISAS QUE RELACIONAM BIM COM O GUIA PMBOK

Poucas pesquisas inter-relacionam o guia PMBOK com o BIM, sobretudo as aplicadas à realidade brasileira, o que abre margem para estudos futuros e mais aprofundados no assunto. Dornelas (2013) publicou um artigo em que analisa os processos de gerenciamento da integração do PMBOK e os relaciona com a tecnologia BIM a fim de demonstrar os benefícios que podem ser alcançados por toda a cadeia produtiva da AEC por meio da sinergia das características comuns de cada um desses domínios.

O desenvolvimento do termo de abertura é assumido pelo gerente BIM dado que as atribuições desse sujeito combinam com a atividade dessa área do Guia PMBOK. No desenvolvimento do plano de gerenciamento do projeto, as ferramentas do BIM auxiliam durante o desenvolvimento colaborativo entre as diversas equipes e fornecedores, incorporam as informações relativas a custos, tempo e recursos e, então, é capaz de gerar automaticamente um cronograma e uma estimativa de custo a partir dos dados extraídos dele. Em virtude de ambiente BIM ser multidimensional do ambiente, foi convencionado o termo BIM 4D para se referir à elaboração do cronograma e BIM 5D para a estimativa de custo de forma integrada (DORNELAS, 2013).

O planejamento da comunicação é incorporado pelo ambiente colaborativo BIM e se utiliza da facilidade que a tecnologia proporciona na circulação de informação entre os agentes. Fica atribuído ao gerente de BIM a garantia da implementação dessa plataforma de comunicação entre os agentes e a coordenação da troca de informações. Além disso, entre as grandes contribuições do BIM ao planejamento de um projeto, é destacada a capacidade de prever problemas por meio de simulações realizadas no modelo (DORNELAS, 2013).

Para a orientação e gerenciamento da execução, o ambiente BIM auxilia na organização as informações num banco de dados, o qual pode ser acessado a qualquer etapa por qualquer integrante de qualquer equipe (DORNELAS, 2013).

A respeito do monitoramento e do controle de trabalho, a tecnologia BIM contribui significativamente, uma vez que se pode simular um modelo associado a parâmetros de informação relativos a tempo, custo, qualidade, entre outros, ao considerar o ciclo de vida do projeto desde a concepção até a entrega e a operação. Desse modo, pode-se monitorar, de maneira integrada, todas as informações relevantes para o prosseguimento do projeto, o que eleva o desempenho do projeto em todas as fases, visto que é medido e controlado com maior eficiência e segurança (DORNELAS, 2013).

Sobre o controle integrado de mudanças, o BIM auxilia o gerente de projeto a tomar decisões guiadas por simulações bem realistas, dinâmicas e estruturadas sobre uma plataforma de colaboração entre as equipes do projeto, fornecedores, cliente e patrocinadores (DORNELAS, 2013).

Por fim, no encerramento do projeto, o BIM age como um modelo virtual integrador de todas as disciplinas do projeto e concentrador de informações necessárias para a compreensão delas. Dessa maneira, o cliente recebe uma documentação completa, visto que, sempre que for necessária uma intervenção na edificação, o modelo virtual está apto para ser utilizado em novas simulações que permitirão realizar tomadas de decisões mais coerentes durante a operação e a manutenção. Todo esse processo caracteriza o BIM 6D (DORNELAS, 2013).

Dornelas (2013) também elabora uma inter-relação de cada uma das áreas do Guia PMBOK, exceto a das partes interessadas, com características do BIM. Essa relação é resumida no Quadro 1.

Quadro 1: A inter-relação de oito das dez áreas do Guia PMBOK e o BIM segundo Dornelas (2013).

<b>ESCOPO</b>	
<b>GUIA PMBOK</b>	<b>BIM</b>
Definição	Visualização 3D para melhor compreensão
Requisitos	Facilidade de modificações do modelo
Estrutura Analítica do Projeto (EAP)	Estudos preliminares
Verificação	Representação realística
Controle	Verificação de normas e requisitos
	Especificações
<b>CRONOGRAMA</b>	
<b>GUIA PMBOK</b>	<b>BIM</b>
Definição	Exploração de alternativas de forma rápida e segura
Sequenciamento	Trabalho simultâneo das equipes envolvidas
Cronograma	Elaboração de cronograma a partir dos dados extraídos do modelo
Recursos	Geração automática de documentos

Duração	Simulação da execução da obra
Controle	
<b>CUSTO</b>	
<b>GUIA PMBOK</b>	<b>BIM</b>
Estimativa	Estudos de viabilidade
	Quantificação automática de custos
Orçamento	Redução de desperdícios
	Redução de variabilidade no custo
Controle	Estimativas
	<i>Lean Construction</i>
<b>QUALIDADE</b>	
<b>GUIA PMBOK</b>	<b>BIM</b>
Planejamento	Análises estruturais, de eficiência energética, de sustentabilidade e de conforto térmico
	Planejamento e controle da produção
Garantia	Compatibilização das especialidades
	Escolha do melhor processo construtivo
	Proposta mais coerente com as solicitações do cliente
Controle	Documentação e detalhamento
	Eliminação de eficiências e redundâncias
<b>RECURSOS</b>	
<b>GUIA PMBOK</b>	<b>BIM</b>
Planejamento	Patrocinador
Mobilização	Coordenador de projetos BIM
	Arquiteto
Desenvolvimento	Engenheiro
	Construtor
Gerenciamento	Especialistas
	Cliente
<b>COMUNICAÇÃO</b>	
<b>GUIA PMBOK</b>	<b>BIM</b>

Identificação das partes interessadas	Ambiente colaborativo
Planejamento	Interoperabilidade
Distribuição de informações	Coordenação espacial
Gerenciamento das expectativas	Tecnologia móvel ou no canteiro de obras
Reporte de desempenho	Facilidade na troca de informações
<b>RISCOS</b>	
<b>GUIA PMBOK</b>	<b>BIM</b>
Planejamento do gerenciamento	Deteção automático de interferências
Identificação	Antecipação de problemas
Análise qualitativa	Segurança na tomada de decisões
Análise quantitativa	
Respostas	Simulações
Monitoramento e controle	
<b>AQUISIÇÕES</b>	
<b>GUIA PMBOK</b>	<b>GUIA PMBOK</b>
Planejamento	Quantificação automática de insumos
Condução	
Administração	Gestão da cadeia de suprimentos
Encerramento	

Fonte: Adaptado de Dornelas (2013).

Outro estudo, de Rokooei (2015), é mais enfático na inter-relação do BIM com o guia PMBOK ao afirmar que os recursos do BIM correspondem às áreas do conhecimento do PMBOK aplicados a projetos da construção civil. Nesse estudo, não são feitas inter-relações com a área das partes interessadas.

A integração equivale ao sistema integrado de entregas de projetos do BIM, uma vez que organiza todos os documentos, planejamentos e esforços de todas as partes envolvidas no projeto. Da mesma maneira que ocorre no projeto do escopo, o BIM pode categorizar diferentes elementos base de uma construção e desmembrá-los em diferentes grupos. Outra característica do BIM é a capacidade de gerenciar o tempo e o custo do que é reportado por meio do BIM 4D e do BIM 5D respectivamente, o que é similar ao gerenciamento do custo e do cronograma definidos pelo guia PMBOK. Apesar de a construtibilidade não ilustrar todos os riscos associados à construção do projeto, é uma ferramenta poderosa do BIM no projeto

de edifícios e na mitigação dos riscos associados a isso. A detecção das incompatibilidades em BIM age como um fator de qualidade ao permitir a visualização delas e possibilitar a modificação e análise desde as de menor grau de impacto no projeto até as de maior grau de impacto. A colaboração e a construção em grupo por meio do BIM são equivalentes ao que a gestão de recursos do guia PMBOK considera como gerenciamento do projeto. A comunicação é uma das principais ferramentas do BIM além de ser, em si, equivalente a própria área da comunicação do guia PMBOK, uma vez que ambas facilitam, por meio da criação de canais de comunicação diretos e efetivos, as relações entre os profissionais de todas as partes, o que inclui os gerentes de projeto, os projetistas e os engenheiros da construção. Por fim, a gestão da aquisição seria possível por meio de estimativas quantitativas de materiais produzidas pelo BIM (ROKOOEI, 2015).

As relações percebidas nesse estudo podem ser resumidas na Tabela 2.

Tabela 2: Equivalências entre as áreas do Guia PMBOK e o BIM segundo Rokooei (2015).

GUIA PMBOK	BIM
Integração	Sistema integrado de entrega de projetos
Escopo	Elementos base
Cronograma	BIM 4D
Custo	BIM 5D
Qualidade	Detecção das incompatibilidades
Recursos	Colaboração
Comunicação	Comunicação
Riscos	Construtibilidade
Aquisições	Estimativas quantitativas de materiais

Outro estudo, de Murguia et al. (2017), aplicado à indústria da construção civil peruana, propõe uma estrutura de integração entre as áreas do escopo, da comunicação e das partes interessadas do guia PMBOK; os laços de aprendizagem do *Lean Project Delivery System* (LPDS); e os processos do BIM em um projeto residencial.

Nesse estudo, foi possível correlacionar a identificação e o planejamento do engajamento das partes interessadas com uma colaboração mais veloz no projeto de diferentes disciplinas do BIM além de gerenciar o engajamento das partes interessadas com o sistema

integrado de entrega de projetos do BIM. No que se refere à comunicação, o planejamento da gestão e o gerenciamento dela são relacionadas com a efetiva comunicação entre os múltiplos projetos das disciplinas do BIM. Por fim, no referente ao escopo, especificamente na coleta de requerimentos e na definição dele, dois processos do BIM podem ser correlacionados com isso: visualização mais veloz do projeto e geração e rápida avaliação de várias alternativas de projetos (MURGUIA et al., 2017).

Como consequência, esse estudo provou que a estrutura integrada entre o BIM, o guia PMBOK e o LPDS produziu melhores escopo, comunicação e gerenciamento das partes interessadas, visto que o gerente do projeto pôde trabalhar de um modo mais próximo com as partes interessadas a fim de cumprirem os objetivos do projeto em várias reuniões colaborativas. O maior problema identificado foi a resistência das pessoas a mudanças (MURGUIA et al., 2017).

Shaqour (2021) analisa, por área do Guia PMBOK, o incremento da eficiência da gestão de projetos do setor da construção civil do Egito após a utilização do BIM. A verificação foi feita através de questionários preenchidos por arquitetos, engenheiros civis, mecânicos e eletricitas além do gerente do projeto de diversas empresas do ramo daquele país. Dos resultados dessa pesquisa, embora o incremento no desempenho nas aquisições, qualidade, escopo e recursos tenha sido ínfimo após o uso do BIM, verificou-se que houve melhoras em todas as áreas, principalmente na comunicação, nos riscos e nas partes interessadas (SHAQOUR, 2021).

Fazli et al. (2014) também analisaram, em três continentes, os benefícios e os desafios da adoção do BIM de um total de trinta projetos da construção civil. Os resultados apontaram uma maior clareza para enxergar as consequências das decisões tomadas pelo gerente do projeto, uma vez que o próprio BIM possibilita comparações entre diferentes decisões a serem escolhidas. Logo, o gerente consegue realizar o trabalho de uma forma mais eficaz. Além disso, o ambiente do BIM proporcionou uma melhora da comunicação entre as partes interessadas, o que possibilita maior entendimento dos objetivos a serem alcançados e, assim, cumprir os requisitos do cliente. No que diz respeito aos benefícios proporcionados pelo BIM à qualidade, são os relacionados ao monitoramento do projeto, visto que o próprio gestor do projeto pode acompanhar as melhoras no decorrer da modelagem da informação da construção e, assim, revisar com maior precisão o orçamento e o cronograma. Enfim, todas essas melhoras proporcionam maior sucesso ao projeto, que é convertido em mais lucro para todas as partes interessadas, inclusive o gerente do projeto (FAZLI et al., 2014).

Fazli et al. (2014) também apresentam um resumo dos benefícios do BIM por área, ou tópico dessa, do guia PMBOK, com exceção das partes interessadas. Esses benefícios são resumidos na Tabela 3.

Tabela 3: Benefícios do emprego de BIM na gestão de projetos por área do Guia PMBOK

Área do Guia PMBOK	Benefícios com BIM
Integração	Melhora da unificação, da consolidação, da articulação e das ações integradas
Escopo	Clareza em definir e controlar o que está incluído ou não no projeto
Cronograma	Redução ou controle do tempo para terminar
Custo	Redução ou controle do planejamento, estimativas, orçamento e custos
Qualidade	Aumento ou controle do planejamento e garantia
Recursos	Melhora da organização
Comunicação	Melhora na geração, coleta, compartilhamento, armazenamento, recuperação e disposição de informações
Riscos	Redução dos riscos
Aquisições	Auxílio na aquisição de produtos e serviços externos necessários para a equipe da obra trabalhar

Fonte: Adaptado de Fazli et al. (2014).

Dentre os desafios, destacam-se o mal uso das ferramentas do BIM, o que acarreta perda de tempo e de dinheiro, validade da licença de software, problemas técnicos na execução do BIM assim como a falta de coesão na indústria da construção. Além disso, outros desafios a serem superados é a falta de preparo dos profissionais, o que pode ser superado por meio de treinamento da equipe para o uso das ferramentas do BIM, embora o tempo gasto nesse treinamento se converta num outro empecilho. No entanto, assim como na pesquisa de Murguia et al. (2017), o maior problema encontrado foi a dificuldade de as pessoas aceitarem a mudar para, então, aderirem ao BIM. Essa postura é interpretada como falta de conhecimento e de convencimento dos benefícios trazidos por tal modelagem (FAZLI et al., 2014).

Por fim, um estudo aprofundado dos impactos do BIM na área, do Guia PMBOK, de riscos do projeto é realizado por Zou, Kiviniemi e Jones (2017). Nesse estudo, foi concluído

que o BIM não só pode ser utilizado para apoiar o processo de desenvolvimento de projetos como uma ferramenta de gerenciamento de riscos sistemáticos, mas também serve como uma fonte geradora de dados e plataforma que possibilita outras ferramentas baseadas em BIM a realizarem análises de riscos (ZOU, KIVINIEMI E JONES, 2017).

### 3 METODOLOGIA

Neste capítulo será apresentado a metodologia de pesquisa utilizada neste trabalho de conclusão de curso. Inicialmente, é apresentada a estratégia de pesquisa, com justificativas de sua escolha para o desenvolvimento, e, posteriormente, o roteiro metodológico é brevemente apresentado com cada etapa que compõe o estudo.

#### 3.1 MÉTODO DE PESQUISA

A pesquisa é um procedimento lógico e sistemático que traz respostas às problemáticas levantadas. Além disso, é desenvolvida por meio dos conhecimentos disponíveis e o uso meticoloso de metodologias, técnicas, entre outros procedimentos científicos. Então, uma pesquisa desenvolve-se ao longo de um processo que engloba diferentes fases, desde a formulação adequada do problema até a apresentação de resultados satisfatórios (GIL, 1991).

Quanto ao tipo de pesquisa, pode-se categorizar a natureza desse TCC como exploratório, visto que proporciona maior familiaridade com o problema em vista de torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses. O objetivo principal de pesquisas exploratórias é o aprimoramento de ideias ou a descoberta de intuições. Devem, portanto, ter um planejamento bastante flexível, de maneira a possibilitar a consideração dos mais variados aspectos relativos ao fato estudado. Em muitas situações, englobam: levantamento de materiais bibliográficos; entrevistas com pessoas com experiências práticas no problema pesquisado; e a análise de exemplos estimuladores da compreensão do objeto pesquisado (GIL, 1991). Nessa categoria, fazem parte os estudos de caso, que é a forma de pesquisa adotada neste TCC.

O estudo de caso é uma investigação que visa retratar de forma profunda e exaustiva determinados aspectos de um indivíduo, população, organização, ambiente, situação ou fenômeno de modo a permitir o amplo e detalhado conhecimento disso. Em pesquisas exploratórias, pode ser definido como um conjunto de dados que descrevem uma parte ou o todo do processo social de uma unidade, em suas várias relações internas e nas suas fixações culturais (GIL, 1991).

Além do que, estudos de caso são caracterizados por serem flexíveis, uma vez que abordam características complexas e dinâmicas de fenômenos do mundo real. Também possuem conclusões, baseadas em evidências qualitativas e quantitativas, coletadas em

múltiplas fontes de dados e organizadas de uma maneira organizada e coesa. Por fim, a última característica de estudos de caso é acrescentar informação ao conhecimento existente, com base em teoria previamente estabelecida, se existir, ou na construção de uma nova (RUNESON E HÖST, 2009). Por fim, Gil (1991) institui quatro fases de delineamento na maioria dos estudos de caso:

- a) A delimitação da unidade-caso;
- b) Coleta de dados;
- c) Análise e interpretação dos dados;
- d) Redação do relatório.

Aplicados a este TCC, esses quatro passos serão elucidados na próxima seção.

### 3.2 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

O método utilizado para a realização do estudo de caso deste trabalho consistiu na revisão bibliográfica delimitada a área de conhecimento de gestão de projetos, com ênfase nas dez áreas do Guia PMBOK, metodologia BIM, suas ferramentas, coordenação e compatibilização de projetos construtivos.

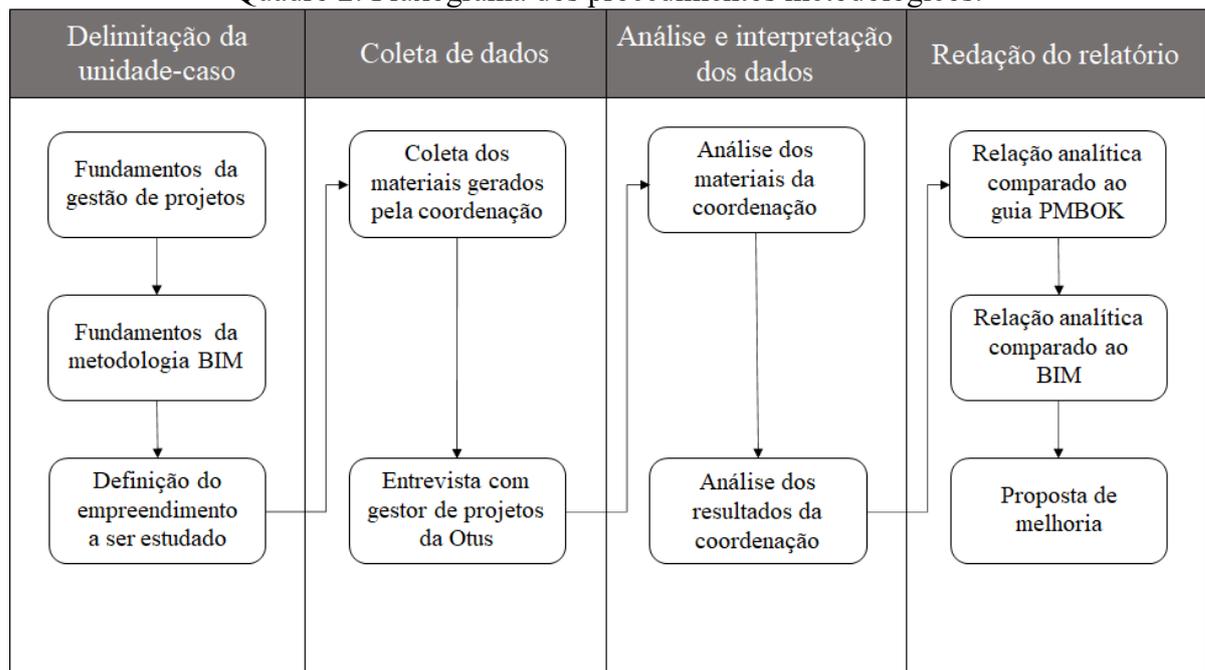
Após escolhido o método, foi definido qual projeto seria estudado, a fim de analisar a gestão de projetos de um empreendimento residencial, gerenciado pela Otus Engenharia, localizado no estado de Santa Catarina. Em seguida, foi realizada a coleta de dados por meio de materiais utilizados no gerenciamento daquele projeto, tais como planilhas, slides de reuniões, relatórios, dentre outros, todos referentes ao ano de 2019.

Além disso, houve coleta de dados, por meio de uma entrevista semiestruturada com o gerente do projeto da Otus, sobre a forma como o gerenciamento de projetos foi realizado no empreendimento estudado, em comparação com a maneira que é realizado nos projetos presentes. Nessa entrevista, ocorrida e gravada por meio de uma chamada de vídeo pelo aplicativo *Meet*, houve a coleta de dados por meio da análise do processo de gerenciamento e coordenação da Otus Engenharia do ano 2019 e o processo atual com base nas áreas do Guia PMBOK.

Em seguida, todos os dados foram organizados. Grande parte deles é relatado, no capítulo seguinte, na descrição do estudo do caso. No que tange aos resultados da gestão do projeto do empreendimento de 2019 e nas informações coletadas diretamente com o gestor,

são todos relatados no capítulo 5. É neste capítulo em que é apontado, por área do Guia PMBOK, se a maneira de se fazer gestão em 2021 progrediu, regrediu ou permaneceu igual a 2019. Por fim, são feitas relações analíticas e comparativas das ferramentas BIM utilizadas em cada uma das dez áreas do guia PMBOK, além de serem propostas melhorias.

Quadro 2: Fluxograma dos procedimentos metodológicos.



Fonte: Autoria própria.

## 4 ESTUDO DE CASO

Após discutida a metodologia deste TCC, aborda-se, neste capítulo, o estudo de caso da gestão do planejamento de um projeto em 2019, elaborado pela empresa Otus Engenharia, de um edifício residencial. Portanto, é importante conhecer a Otus e seu papel no mercado da construção antes de adentrar no projeto em si, para, então, dar ênfase ao estudo de caso.

### 4.1 A OTUS ENGENHARIA

Segundo o site da própria companhia (OTUS ENGENHARIA, 2020), a Otus Engenharia se autointitula uma empresa com foco em fornecer soluções de gestão de projetos para incorporadoras e construtoras, tendo como principais serviços a coordenação de projetos e a consultoria de gestão BIM (OTUS ENGENHARIA, 2019). Além disso, auxilia as empresas contratantes na implementação dessa metodologia a fim de tomarem decisões acertadas e alcançarem resultados melhores com a minimização de recursos financeiros e de tempo.

Os serviços prestados atualmente pela Otus Engenharia, realizados de forma ágil, eficiente, transparente e personalizada com os clientes, referem-se à gestão da informação de empreendimentos, a qual se inicia por meio da definição de requisitos para o empreendimento e termina na entrega de materiais para uso em obra, tais como como pranchas para produção e quantidade de materiais para orçamento e planejamento.

A respeito da gestão de projetos, que é um processo orientado por uma estratégia, indispensável para garantir o sucesso do empreendimento (OTUS ENGENHARIA, 2019), a Otus trabalha desde as etapas da construção de estudo de viabilidade, passando pela elaboração dos projetos até a preparação para execução, de forma similar ao que foi proposto por Romano (2003, p. 191). Então, para garantir uma gestão eficiente, a empresa aplica os conceitos de BIM, gestão ágil de projetos e o guia PMBOK, todos os quais foram discutidos no capítulo 2.

### 4.2 ESTUDO DE CASO

O projeto gerenciado pela Otus em 2019 é de um edifício residencial de catorze pavimentos, sessenta e seis apartamentos de alto padrão, com área média de 100 m<sup>2</sup> cada, em

um terreno de 11.982,64 m<sup>2</sup>, em construção em Florianópolis (SC). Para tanto, o estudo de caso baseia-se nas metodologias de gestão de projetos ágeis e no Guia PMBOK, conforme abordado no capítulo 2, e que será revisado nas próximas seções conforme a aplicação.

Na Otus, costuma-se dividir os projetos em três grandes etapas de acordo com a informação. Na primeira delas, a criação da informação, traçam-se os requisitos para o modelo BIM de acordo com as finalidades do cliente. Além disso, nessa etapa, definem-se os prazos, os entregáveis em três fases, o padrão da construção além de toda e qualquer informação adicional para inicializar o projeto. Na segunda etapa, a verificação da informação, averigua-se, por etapa, através de uma lista de checagem, se os requisitos foram cumpridos e se estão de acordo com a realidade da obra. Por fim, tem-se o uso da informação, ou seja, a etapa de entrega do projeto BIM com toda a informação relevante para a execução do empreendimento.

Essas três etapas são resumidas na Figura 8 e são detalhadas nas três subseções seguintes.

Figura 8: Gestão de Projetos BIM realizados pela Otus.



Fonte: Otus Soluções em Engenharia Ltda (2019).

#### 4.2.1 Criação da Informação

O processo de projeto BIM, o qual contém as etapas do projeto com suas correspondentes entregas, é definido em conjunto com a construtora. Ao mesmo tempo são traçados os objetivos, os quais variam conforme as requisições da empresa contratante. Para

esse projeto, os objetivos são o aumento da qualidade dos projetos, a verificação de interferência, a redução de desperdícios e a análise do custo de materiais. Além desses, e com grau de prioridade inferior aos demais, também é desejado aumentar a produtividade da mão de obra.

Definidos tanto o processo de projeto quanto os objetivos, elabora-se o plano de projeto BIM conforme o diagnóstico do cliente e projetistas. Para o caso do projeto deste edifício, o campo de aplicação BIM é delimitado à coordenação, ao levantamento de quantitativos de materiais e às entregas de projetos para a produção em obra. Nesse plano, é anexado o requisito de informações dos elementos, em que são definidos os dados relevantes para a inclusão dos parâmetros nos elementos dos projetos a fim de garantir a correta classificação de dados para os quantitativos.

Além disso, organiza-se e realiza-se a gestão do modelo virtual em três etapas. Na primeira delas, verificações são feitas com a finalidade de garantir a viabilidade técnica e econômica do produto desenvolvido, além de realizar a compatibilização macro entre o arquitetônico e o estrutural. Ao final dessa etapa, uma reunião geral com todos os projetistas e os responsáveis da construtora é realizada a fim de garantir alinhamento e resolução de incompatibilidades entre os projetos. Na segunda etapa, as verificações de estrutura e arquitetura são mantidas, mas também são incorporadas as disciplinas restantes. Por fim, na terceira e última etapa do projeto, o executivo, o objetivo é garantir que seja executado em canteiro do melhor modo possível, isto é, com baixos custos e com facilidade em executar aspectos construtivos. Diferentemente da primeira etapa, a segunda e terceira não possuem reuniões tão longas, de modo que possam ocorrer no escritório do próprio projetista ou na obra, com a presença do contratante. Ademais, com a evolução do processo, verificações são conduzidas a fim de garantir que os objetivos de cada etapa sejam alcançados.

Explicado o funcionamento das etapas, a equipe é definida e organizada de acordo com a função de cada profissional no projeto, tal que para a parte do projeto BIM, o executado pela Otus, existem seis funções, o gerente BIM, quem gerencia os contratos da construção virtual, o coordenador BIM, quem coordena o fluxo das informações dos contratos referentes à construção e verifica a exatidão e a consistência do modelo BIM, e os modeladores BIM das partes arquitetônica, hidrossanitária, elétrica-telefônica e preventiva. Além disso, existem as funções desempenhadas por profissionais externos tal que um é da própria construtora, o engenheiro de obras, quem sempre deve atualizar os projetos à equipe da construção virtual, estar alinhado com o levantamento de quantidades de material para a execução e validar o

material desta etapa gerado a partir do modelo BIM. Enquanto os demais profissionais são o arquiteto, e os engenheiros estrutural, hidrossanitário, eletricista e preventivo, além do topógrafo, todos os quais devem corrigir eventuais inconsistências entre as disciplinas. Logo após a definição, todos esses profissionais são organizados em uma tabela, a qual indica as suas respectivas funções, empresa e informações de contato, o que é ilustrado didaticamente, por meio de empresas e nomes inventados, na Tabela 4.

Tabela 4: Representação fictícia da divisão das tarefas entre a equipe e informações de contato.

<b>Função</b>	<b>Empresa</b>	<b>Nome</b>	<b>E-mail</b>	<b>Telefone</b>
Gerente BIM	Otus Engenharia	Gilberto Kühn	gk1977@yahoo.com.br	(48)XXX
Coordenadora BIM	Otus Engenharia	Simone Tedesco	sim_tedesco@outlook.com	(48)XXY
Modelador BIM (Hidrossanitário)	Otus Engenharia	Paulo da Silva	da.silva.paulo@outlook.com	(48)YXX
Modelador BIM (Elétrico)	Otus Engenharia	Arthur Flores	arthurflores@gmail.com	(48)XYY
Modelador BIM (Preventivo)	Otus Engenharia	Paulo da Silva	da.silva.paulo@outlook.com	(48)YXX
Modelador BIM (Arquitetura)	Otus Engenharia	Arthur Flores	arthurflores@gmail.com	(48)XYY
Engenheiro de obras	Construtora Ilha da Magia	Leonardo de Souza	leosouza@outlook.com	(48)YYX
Arquiteta	Floripa Arquitetura	Sueli Gomes	arq.sueli.gomes@gmail.com	(48)YYY
Engenheiro estrutural	Gran Floripa Engenharia Ltda.	Lorenzo González	englorenzo@gfe.com.br	(48)XYX
Engenheira Hidrossanitária	Gran Floripa Engenharia Ltda.	Neuza Pereira	engneuza@gfe.com.br	(48)YXY
Engenheiro Eletricista	Gran Floripa Engenharia Ltda.	Mário Scarioni	engmario@gfe.com.br	(48)XYZ

Engenheira Preventiva	Gran Floripa Engenharia Ltda.	Neuza Pereira	engneuza@gfe.com.br	(48)YXY
Topógrafo	Topografia Cambirela	Daniel Tavares	danitopografo@terra.com.br	(48)ZZZ

Fonte: Autoria própria.

Paralelamente à escolha da equipe, levanta-se o DNA do empreendimento, que contém as técnicas de execução mais utilizadas e que devem ser incorporadas ao modelo BIM das disciplinas. Feito esse levantamento, os documentos de cada disciplina devem ser entregues aos seus respectivos projetistas com a finalidade de contribuir com informação e economia de tempo, o que deve garantir a qualidade das verificações a serem realizadas pela equipe da Otus Engenharia.

Em seguida, definem-se alguns softwares a serem utilizados no projeto. O *Autocad*, da Autodesk, é a ferramenta na qual os projetos arquitetônico, elétrico, estrutural, hidrossanitário e preventivo contra incêndio originais foram concebidos pelos profissionais da construtora. Quando chegam à Otus, são devidamente hospedados, em nuvem, na plataforma *Google Drive*. Em seguida, o gerente BIM cria os blocos de arquivos, por disciplina, em formato “.dwg”, os quais, por meio da transcrição dos projetos 2D, são utilizados com o objetivo de guiar o processo de modelagem.

Outro software usado é o *Revit*, também da Autodesk, a fim de construir o modelo BIM. A modelagem das disciplinas é realizada separadamente, conforme já informado, com uma ressalva: a modelagem do projeto arquitetônico. Neste caso, com o objetivo de tornar a modelagem e a visualização mais fluidas, ele é dividido em dois modelos tal que um é com o pavimento tipo e o outro com as áreas comuns. Paralelamente a isso, é criado um modelo federado no software *Navisworks*, da Autodesk também, a fim de facilitar a visualização além de, posteriormente, serem realizados os processos de verificação computacional, a retirada de quantitativos conforme a composição de serviços e a simulação do planejamento e controle de obras, conhecida como a quarta dimensão do BIM ou BIM 4D.

Após feitos e compatibilizados todos os projetos BIM, eles são importados ao *Dalux*, que é uma ferramenta, online ou offline, de inspeção de projetos de acesso com a finalidade de que o modelo BIM possa ser usado na obra. Além disso, disponibiliza-se um tutorial de

como utilizar o *Dalux*, criam-se filtros de visualização e inserem-se pranchas a fim de facilitar a visualização entre o 2D e 3D.

Antes de começar a modelagem, um questionário de padrões construtivos é levantado em conjunto com a construtora com a finalidade de incorporar informações de métodos utilizados pela empresa, para executar os empreendimentos, ao modelo BIM. Esse passo procura alinhar a realidade construtiva com as informações de projeto de modo a elaborar um protótipo virtual da edificação, o qual deve estar de acordo com detalhamento exigido e necessário para as atividades contratadas. O processo de construção virtual é, então, gerenciado na plataforma *Pipefy*, específica para gestão de projetos. Nela, é estruturada a ordem de modelagem dos elementos de modo que deve ser criado um novo quadro para cada empreendimento

A organização, na plataforma *Pipefy*, consiste no mapeamento das incompatibilidades entre as disciplinas nas primeiras etapas do processo, o que antecipa muitos dos possíveis problemas antes da etapa inicial de modelagem. Então os itens de maior relevância são modelados para que as soluções sejam solucionadas na primeira reunião geral de alinhamento. No *Pipefy*, os cartões seguem a metodologia Kanban, a qual consiste na locação da respectiva atividade em macroáreas, por meio de um fluxo linear que fornece uma visão geral das etapas. Ademais, existe um cartão geral de controle para cada projeto, mas também cartões de controle por disciplinas, os quais colaboram na estruturação.

Informados alguns softwares, aborda-se a construção virtual do modelo. Nessa atividade, as coordenadas geográficas do local da execução do edifício são seguidas. Essas coordenadas, as quais possibilitam uma integração com a tecnologia GIS e uma eventual análise da posição solar em relação à edificação, provêm do projeto topográfico. Em seguida, determina-se o ponto de origem comum a todos os projetos no software. Essa informação é compartilhada entre todos os arquivos das disciplinas de maneira que garanta a correta coordenação dos projetos antes do início da modelagem. Nesse projeto em questão, é utilizado como ponto de referência situado nas proximidades do fosso do elevador, o qual se localiza na região central do edifício. Por fim, os níveis de projeto são coordenados em relação aos níveis do arquivo estrutural, que, por sua vez, é conduzido a partir do formato IFC e dirige os demais projetos.

Um aspecto importante da construção virtual é o nível de detalhamento dos elementos, o qual é feito de modo que consiga representar a realidade executiva de acordo com os custos da construção. Então, os elementos construtivos mais caros são representados

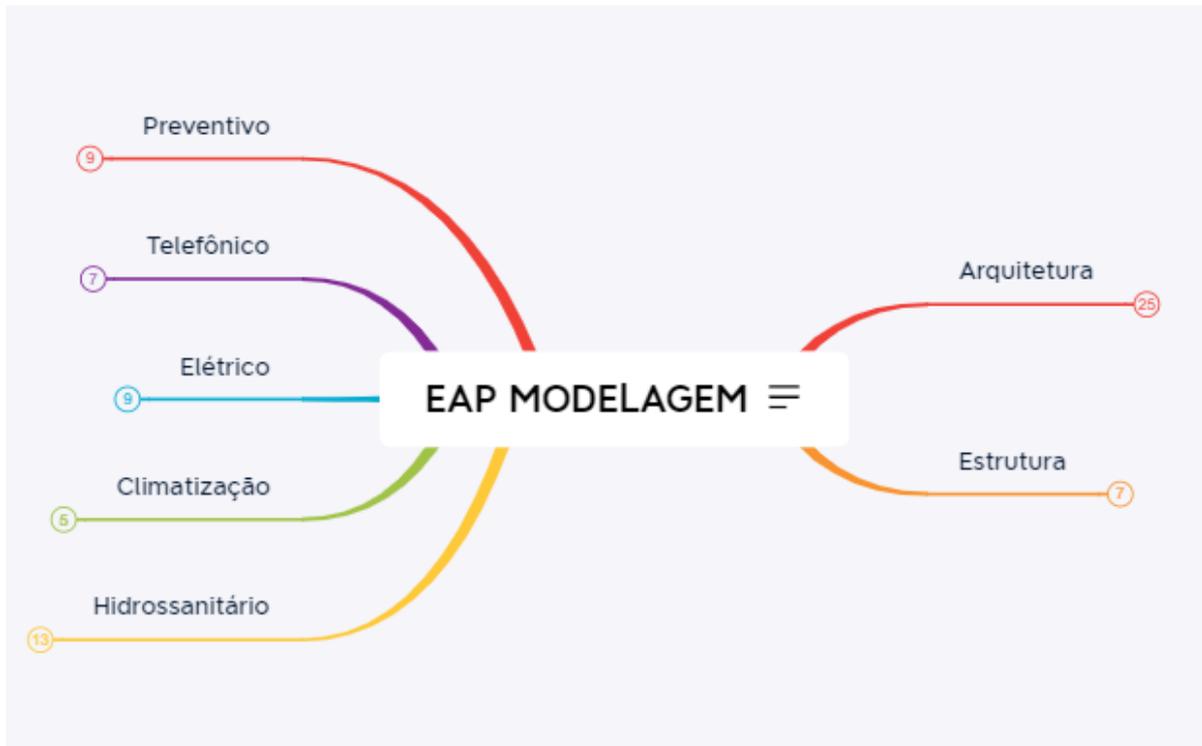
de maneira próxima à real, enquanto os mais baratos, como as caixas octogonais elétricas, e as instalações dos conjuntos moto-bomba, possuem um nível de detalhe menor, cuja representação se dá apenas por um modelo genérico.

Outro aspecto relevante da construção virtual é a padronização das nomenclaturas, que é uma maneira de organizar o processo de modelagem, documentação e extração da informação. Além disso, é uma maneira de criar uma metodologia replicável e que possa suprir a maioria das necessidades de projetos de mesma tipologia. Para o referido projeto, os padrões são separados em grupos de tal maneira: os arquivos, os níveis, os materiais, os elementos de arquitetura e estrutura e os elementos de sistemas.

Nos arquivos, a nomenclatura segue o padrão *PROJETO\_DISCIPLINA\_INFO.EXTRA*. Nos níveis, eles são separados de acordo com os elementos de referência de cada nível, os quais podem ser devido à estrutura, ou osso, e ao piso acabado. Portanto, são divididos entre ossos (NO) e acabados (NA) ao seguir a nomenclatura padrão *NÚMERO\_NO(A)\_NOMEDOPAVIMENTO*. Nos materiais, a nomenclatura segue o padrão *DISCIPLINA\_ELEMENTO DE REFERENCIA\_MATERIAL1\_MATERIAL2\_DADOS GEOMÉTRICOS* em vista de facilitar a gestão da informação por meio de filtros nos softwares. Por fim, nos elementos, o padrão é dado pela respectiva disciplina de projeto, de modo que haja separação entre os padrões arquitetônico e estrutural com os de sistemas. Para elementos de arquitetura e estrutura, segue-se o padrão *FAMILIA\_TIPO\_MATERIAL\_DADOSGEOMETRICOS\_LOCALIZAÇÃO1\_LOCALIZAÇÃO O2* enquanto, para os grupos de sistemas, adota-se *ABREVIACÃO SISTEMA\_NOMEDOSISTEMA\_MATERIAL\_INFORMAÇÃO EXTRA*.

Como a construção virtual é dividida em três etapas, conforme relatado anteriormente, organizam-se os itens modelados por disciplina e etapa de projeto. Na Figura 9, estão resumidos esses itens modelados. Destaca-se que os itens ausentes na Figura 9 não são modelados. Ademais, reforça-se que os elementos de projeto devem ser modelados somente no arquivo da disciplina a que pertencem com a finalidade de evitar duplicidade de elementos no modelo federado. Como exemplo, cita-se que todos os elementos estruturais devem ser modelados no arquivo de estrutura apenas.

Figura 9: Modelagem BIM por disciplina.



Fonte: Autoria própria.

Destaca-se que as incompatibilidades são encontradas por ferramentas específicas do *Navisworks* além da verificação visual do coordenador BIM. Todas elas são reportadas, periodicamente e por meio de uma rotina preestabelecida, através da plataforma *BIM Collab*, com a finalidade de facilitar a comunicação entre os integrantes da equipe de modelagem.

Além disso, os problemas detectados por inspeção visual durante a modelagem no *Revit* também são registrados em relatórios e armazenados em nuvem no *Google Drive*. A respeito desses relatórios, agregam-se, mais tarde, a eles os problemas detectados computacionalmente. Então, com o objetivo de resolver tais problemas, são encaminhados aos projetistas via e-mail e discutidos durante as reuniões de coordenação.

#### 4.2.2 Verificação da Informação

Ao término de cada etapa de modelagem, são agendadas, via e-mail, numa data e horário consensual entre todos os agentes, construtora e projetistas, reuniões periódicas para a correção das incompatibilidades. Para os ausentes nesses compromissos, pode-se optar por

um segundo encontro, presencial ou por videoconferência, com o objetivo de repassar as decisões tomadas e alinhar os problemas encontrados e não solucionados.

Como meio de comunicação interno da equipe de gerenciamento, utiliza-se a plataforma do *Slack* para registrar ações específicas e o *Pipefy* para constatar os finais das etapas além de atividades relacionadas ao cronograma. Além disso, pode-se recorrer ao e-mail a qualquer instante para o compartilhamento de documentos relevantes.

As informações pertinentes a quantidades de material são extraídas por meio de duas formas distintas. Em relação aos itens de instalações, são levantados no software *Revit* e exportados para uma planilha eletrônica, na qual são compiladas as informações. De modo a automatizar a geração dessas tabelas e de alimentar parâmetros específicos de cada situação, é utilizado o plugin *Dynamo*. Quanto às demais quantidades de material, são extraídas diretamente do software *Navisworks* e, em seguida, alinhadas com a planilha central de quantitativos. Então, essas informações são analisadas posteriormente e utilizadas para a elaboração do caderno de quantitativos de revestimento cerâmico da fachada externa e de pisos e paredes internas onde serão executados.

Os projetos para a produção são elaborados em dois softwares, no *Revit* e no *Dalux Viewer*. Ademais, servem como fonte atualizada e compatibilizada de informação para a execução da obra, ou seja, agem como facilitadores da montagem das atividades segundo as etapas de construção. No *Revit*, elabora-se todo o conteúdo de apoio o qual, no *Dalux Viewer*, pode ser usado, por meio de dispositivos móveis, quando as atividades de execução ocorrerem.

Como o projeto lida com muita informação, deve-se garantir que o modelo final seja de qualidade. Para tanto, um programa de controle de qualidade é desenvolvido de forma que englobe tanto os aspectos de locação de elementos quanto a identificação e a organização dos dados inseridos neles. Esse programa é implementado com o auxílio de dois softwares somados a uma etapa de verificação normativa visual.

A primeira ferramenta de auxílio é o *Clash Detective*, o qual possibilita verificar computacionalmente as interferências físicas entre os elementos. Isso é realizado por meio do mapeamento das inconsistências da modelagem, oriundas de duplicações, erros de posicionamento ou do próprio modelo, além de incompatibilidades entre as disciplinas. Todavia, o modelo não consegue representar fielmente a realidade em alguns aspectos, devido às limitações do software e ao nível de detalhamento definido neste projeto. Portanto, uma tolerância é estabelecida nas verificações a fim de filtrar os problemas encontrados, mas também solucionar ou, ao menos, reportar aqueles que realmente afetem o processo.

A segunda ferramenta é o *Dynamo*; mais especificamente as rotinas de programação visual dele. Essas rotinas são utilizadas com a finalidade de analisar as inconsistências de parâmetros e de características dos elementos. Além disso, com elas, pode-se alimentar ou mapear e corrigir os elementos do modelo de maneira automatizada, o que garante a qualidade das informações extraídas posteriormente.

Por fim, são realizadas verificações visuais no modelo de coordenação com a finalidade de buscar incompatibilidades normativas, sejam essas informadas em normas técnicas ou no código de obras da cidade, além da experiência da equipe da empresa em projetos. Esse procedimento é realizado de forma prudente e racional de maneira complementar a todas as verificações automáticas executadas pelos softwares. Desse modo, garante-se que o modelo de construção virtual atenda as normativas exigidas para o projeto e para a execução do empreendimento.

#### **4.2.3 Uso da Informação**

Após realizadas todas as verificações, está prevista a entrega de relatórios e demonstrações do andamento da construção virtual da obra. Além disso, os quantitativos de materiais são levantados para compras para, então, serem fornecidos projetos para a produção.

A respeito dos relatórios de incompatibilidades, são escritos três textos, separados por disciplina e pertinentes a cada fase da construção virtual, além de um compilado de todas as incompatibilidades mapeadas durante o serviço. Esses relatórios são encaminhados, por e-mail, ao responsável e à engenheira da obra, e entregues na reunião de alinhamento. Ademais, fotos e vídeos que detalham os processos da modelagem podem ser compartilhados com essas partes como complemento aos relatórios.

Sobre a implementação da metodologia BIM à construção, ela é feita de maneira federada, isto é, todos os modelos das disciplinas são unificados num único ambiente virtual a fim de compor o empreendimento. Nesses modelos, destacam-se os arquivos em formato “.ifc” e “.nwd”, os quais são o formato universal BIM e a da Autodesk Navisworks respectivamente, além do protocolo para a utilização do modelo no canteiro de obras pelo engenheiro responsável e das vistas panorâmicas, estas últimas mais com finalidade de compor o material de divulgação do empreendimento comercial.

Em relação ao levantamento de quantitativos de material, é elaborado em forma de relatório, o qual é organizado, de acordo com os padrões construtivos, pela área de execução,

por tipologia e localização dos revestimentos cerâmicos da fachada, dos pisos e das paredes da edificação.

Por fim, os projetos para a produção são entregues para a etapa da execução da obra. Esses documentos contemplam diversos aspectos relevantes, tais como a previsão de passagens na estrutura, a marcação de alvenaria e vãos de esquadrias, além do posicionamento e da configuração dos medidores de água, gás e energia elétrica juntamente com a central de gás, dos quadros elétricos e do hidrante. Também fornecem o detalhamento da execução dos revestimentos de fachada e a compatibilização de regiões críticas, as quais contemplam o hall de entrada e a região dos medidores nos corredores. A fim de simplificar a produção, o que contempla a supressão das demandas e o auxílio na execução dos trabalhos, e de proporcionar ganhos tanto na produtividade quanto na qualidade final, os projetos para a produção são feitos no formato de pranchas de execução compatibilizadas.

Com tudo isso, a construtora pode, enfim, executar a obra. A qualquer instante da execução, ela pode entrar em contato com a equipe de gestão do projeto para solicitar informações, mas também relatar o consumo a fim de atualizar essas informações.

## 5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo, será analisado o processo de gerenciamento de projetos Otus, junto ao grupo de processo e suas respectivas áreas do conhecimento do guia PMBOK, buscando analisar as etapas do gerenciamento da coordenação, seus resultados e, por fim, recomendar melhorias pontuais.

### 5.1 RESULTADOS: GESTÃO DE PROJETOS EM BIM

O objetivo da Otus na execução do projeto do estudo de caso era reduzir 99% dos erros de obras provenientes do projeto da construtora, dentre os quais se destacam as incompatibilidades de intersecção entre tubos e vigas e entre janelas e pilares, além de reajustes necessários para atender os requisitos para a aprovação da parte normativa. Inicialmente, algumas dessas incompatibilidades foram revisadas na fase de projeto, em parceria com a equipe de execução ou com os projetistas responsáveis, a fim de propor soluções em conjunto.

Cumprido esse objetivo, o foco voltou-se para a redução de custos da empresa contratante. O primeiro deles foi a quantidade de horas de trabalho do engenheiro, a qual pôde ser reduzida por meio da compatibilização e revisão durante a execução do produto. Desse modo, o tempo gasto com a comunicação entre o engenheiro e o projetista da empresa contratada foi minimizado. Durante a compatibilização e a revisão, pôde-se corrigir alguns erros de projeto ao mesmo tempo que a quantidade de materiais de construção foi redefinida. Por conseguinte, os custos com os materiais foram diminuídos assim como os custos provenientes das horas trabalhadas pela equipe de execução, visto que o tempo desperdiçado com retrabalho para a correção das incompatibilidades foi minimizado. Foi importante também realizar, e compartilhar com as partes envolvidas no projeto, uma simulação visual de custos, conforme os quantitativos.

Outro objetivo traçado na execução da obra foi auxiliar os projetistas da construtora na personalização dos apartamentos de alto padrão – dentre os sessenta e seis, havia previsão de que metade deles fosse personalizada ao estilo do cliente final. Por causa disso, foram levantadas as demandas dos revestimentos cerâmicos de fachada e interno por cor e tipo de cerâmica. Além disso, os quantitativos foram revistos, principalmente o revestimento de argamassa e acabamento, que foi entregue no painel BI (*Bussiness Intelligence*).

### 5.1.1 Gestão do tempo

Internamente, foram utilizadas 600 horas para a realização dos serviços prestados pela Otus: 250 horas de coordenação e 350 horas de modelagem dos projetos. Além da coordenação, do levantamento de informações e do gerenciamento, muito tempo foi direcionado para a modelagem dos projetos, uma vez que eles tiveram que ser transcritos do 2D para o 3D. No decorrer dessas 600 horas, ocorreram quinze reuniões, na obra, para validar soluções, mais as reuniões de compatibilização, nas quais os problemas detectados eram apresentados para discussão. Durante a discussão, compreendia-se como eram executadas algumas atividades, eram apresentadas as pranchas de alvenaria, e eram validadas as marcações em conjunto com a equipe de execução com a finalidade de verificar se as simulações estavam condizentes com a realidade da obra.

A prancha de furos teve o mesmo processo e, para viabilizá-los, houve doze reuniões com os projetistas, tanto internamente quanto reuniões de coordenação, em que todas as partes interessadas participavam. Nelas, as soluções propostas foram acatadas até o projeto avançar para o modelo executivo.

### 5.1.2 Incompatibilidades

Foram identificadas um total de 139 incompatibilidades na obra. A Tabela 5 resume a quantidade de incompatibilidades por disciplina.

Tabela 5: Número de incompatibilidades por disciplina.

<b>Disciplina</b>	<b>Número de incompatibilidades</b>
Arquitetônico	70
Estrutural	15
Hidrossanitário	37
Elétrico/Telefônico	13
Preventivo	4
<b>Total</b>	<b>139</b>

Fonte: Otus Soluções em Engenharia Ltda (2019).

Dentre as disciplinas para cada projeto isoladamente, percebeu-se que a arquitetura foi a que apresentou o maior número de incompatibilidades no empreendimento imobiliário (setenta), quase o dobro do hidrossanitário (trinta e sete), que foi a segunda em maior número de inconsistências. Além disso, foram divididos os graus de impacto das incompatibilidades no empreendimento imobiliário numa escala de quatro graus, os quais são, em ordem crescente: minoritário, normal, majoritário e crítico. Da Tabela 6, que resume o número de incompatibilidades por grau de impacto, constata-se que a maioria das 139 inconsistências foram de impacto normal, com 4,3% críticas, o que, mesmo assim, é muito.

Tabela 6: Número de incompatibilidades por grau de impacto.

<b>Grau de impacto</b>	<b>Número de incompatibilidades</b>
Minoritário	20
Normal	98
Majoritário	15
Crítico	6

Fonte: Otus Soluções em Engenharia Ltda (2019).

Para este TCC, são selecionadas as três amostras críticas de maior risco do empreendimento, o que compreende ao impacto financeiro e aos desperdícios na obra. Com base em Pittigliani (2018), fez-se um levantamento estimado para precificar o valor de custo de cada uma dessas incompatibilidades, tal que foi possível precificar apenas dois deles, conforme é relatado em seguida. Enfim, durante esse levantamento, discussões foram realizadas com os engenheiros e cenários hipotéticos do que poderia acontecer na obra foram levantados, que são citados em seguida.

#### *5.1.2.1 As três maiores incompatibilidades críticas do empreendimento*

Conforme mencionado, informam-se as três amostras críticas de maior risco do empreendimento. A primeira incompatibilidade foi verificada ao constatar que duas vigas, aparentemente em balanço, não estavam bem posicionadas nem apresentavam pilar de apoio. Foi resolvida com a elevação da laje da lixeira em 40 cm e com a criação de uma rampa de acesso ao ambiente. Com essa solução, foi orçada uma economia de R\$8.309,20.

A segunda incompatibilidade selecionada foi a da prumada que desce na viga de transição e no corredor principal de acesso do empreendimento. Apesar de alguns desvios, por outros pontos do projeto, terem sido propostos e executados, a construtora não conseguiu traçar uma solução que possibilitasse que essa parte fosse executada na obra. Logo, tampouco foi possível precificar um valor que resolvesse essa incompatibilidade.

Por fim, a terceira incompatibilidade foi constatada numa outra prumada que também desce numa viga de transição. Após muitas modificações, estimou-se uma economia de R\$44.225,00.

Na gestão de custos dessas três incompatibilidades, economizou-se, então, cerca de R\$54.000,00. Se somar esse valor com a economia das demais incompatibilidades, resulta-se num valor próximo de R\$120.000,00. Obteve-se um retorno sobre o investimento (ROI) de três vezes para a construtora.

### **5.1.3 Prancha de furos**

Após divulgadas as incompatibilidades, bem como alguns de seus impactos financeiros, foram disponibilizados os quantitativos na prancha de furos. Enquanto a construtora tinha previsto 75% da quantidade de furos, 95% dessa quantidade foi prevista pela Otus, ou seja, foram previstos de 2090 furos, com um custo de R\$ 160,00 por furo. Ademais, foram previstas e indicadas as montagens das caixinhas que cortassem os tubos antes da concretagem de maneira a validar o valor com o responsável da marcação da obra. Após a validação do engenheiro, durante a execução, na pós-concretagem, gerou-se uma economia, para a construtora, de R\$66.800,00, valor esse superior ao investimento que a construtora fez no escopo completo da coordenação.

### **5.1.4 Prancha de alvenarias**

Focou-se nas marcações de alvenaria conforme o gabarito. Isso reduziu os riscos de erro e de não conseguir o aval de início de habitação, o *Habite-se*, pelo órgão público competente, para a legalização do empreendimento pela prefeitura.

### **5.1.5 Ganhos de produtividade e na qualidade da execução**

Foram estudados, junto à equipe da engenharia da construtora, os projetos de modo a melhorá-los e otimizá-los ao nível de execução da obra. Isso resultou num ganho no dia a dia da obra, sobretudo em questão de tomadas de decisões.

Também foram obtidos ganhos na produtividade e na qualidade da execução por conta das pranchas de marcações. Além das pranchas já citadas, também foram entregues pranchas de instalações compatibilizadas para os projetos elétrico, hidráulico e preventivo em locais críticos. Isso foi necessário para dar suporte ao engenheiro de obras, porque os projetos iniciais, por serem em 2D, dificultavam na execução. Essa última prancha, no entanto, não foi confeccionada pela Otus, mas sim foi uma necessidade que surgiu da construtora em vista do processo de Sucesso do Cliente, realizado pela Otus. Na planta baixa compatibilizada, os projetos de todas as disciplinas foram entregues em uma única prancha. Além disso, o detalhamento da execução do revestimento de fachada foi entregue junto com os quantitativos de cerâmica e uma prancha de suporte.

### **5.1.6 Maior poder de negociação e facilidade de compras**

Como a cerâmica custava 12% do valor da obra desse edifício, o que representava um total de R\$3.600.000,00, a Otus entregou os quantitativos para facilitar e antecipar essa compra. Esses quantitativos chegaram ao nível de cerâmica por apartamento, quase chegando ao nível de placa, de fácil acesso ao painel BI junto ao relatório. Com isso, a construtora conseguiu um poder de barganha maior com a empresa fornecedora de cerâmica. Decidiu-se, então, que, caso sobrasse cerâmica, o material seria estocado. Já se faltasse, o custo por quantidade seria maior uma vez que o pedido seria requisitado em cima da hora e para uma quantidade bem mais baixa. Como foi comprado cerâmica em excesso e com antecedência, reduziram-se os custos com esse quantitativo.

### **5.1.7 Projetos realistas com acesso à rede**

Foram utilizados modelos BIM federados, com acesso *online* para o engenheiro de execução, e que podem ser visualizados por disciplina, para filtrar alguma etapa ou pavimento do empreendimento. Só não foi possível gerenciar as informações, pois o *Dalux* funciona apenas como um visualizador.

### **5.1.8 Visualização**

Os projetos em canteiro de obras podem ser visualizados, com um design realista, de uma forma acessível em ambiente virtual. Por meio do *Dalux*, os projetos compatibilizados são passados, com clareza, para a mão de obra. Ademais, qualquer pessoa com acesso ao código QR de alguns setores do projeto pode visualizá-los em realidade virtual.

### **5.1.9 Satisfação do cliente final**

Foi feita a personalização de dois apartamentos ao nível de obras, por meio da modelagem das mudanças deles com foco na quantidade de materiais. Após essa modelagem ser repassada para a construtora, esta precificou em cima disso para determinar o valor a ser cobrado para realizar a personalização demandada pelo cliente, quem pode acessar a personalização de forma virtual via código QR. Além disso, foi feito o balancete de custos atual e estimado com essa personalização.

## **5.2 RESULTADO: PROCESSO DE GERENCIAMENTO OTUS COMPARADO AO GUIA PMBOK**

Divulgados os principais resultados obtidos na gestão do projeto do empreendimento de 2019, esta seção realiza um comparativo entre o modo de gestão daquela época com o atual. Para facilitar essa comparação, é dividida de acordo com a área do conhecimento do método. Em algumas delas, alguns pontos são aprofundados melhor.

### 5.2.1 Integração

Quadro 3: Integração.

<b>INTEGRAÇÃO</b>
2019
<p>DESCRIÇÃO: Desenvolver o plano de gerenciamento de projetos é, para a Otus, estabelecer um plano de comunicação integrada entre o cliente, os fornecedores de projeto e a equipe de coordenação da Otus – as partes interessadas. Conforme sugerido em 4.2.1, na integração, os recursos são definidos enquanto é feito um acordo entre os projetistas e a construtora para estabelecer um cronograma. Além disso, os projetos devem ser entregues no formato executivo, conforme elucidado em Romano (2003). Caso não sejam entregues nesse formato, devem ser acertados com os projetistas. Por fim, estabelece-se um ambiente comum de dados tanto para troca de arquivos quanto para a comunicação das partes interessadas a exemplo do que é relatado em 4.2.1.</p>
2021
<p>DESCRIÇÃO: Não ocorreram grandes mudanças nesta área do conhecimento.</p>

Assim como em Rokoei (2015), verificou-se que a área de integração do guia PMBOK está ligada ao sistema integrado de entrega de projetos BIM - os processos de integração Otus. Em resumo, esses processos funcionam como um sistema de colaboração de dados dos projetos e desenvolvimento de planos de gerenciamento, como os planos de projeto e de execução, citados no capítulo. Tudo isso é administrado pelo gerente BIM, que é o principal responsável pelo alinhamento das integrações de cada etapa dos processos até o fim da fase ou projeto. Segundo Fazli et al. (2014), os principais benefícios da área de integração são a melhora na unificação da consolidação, da articulação e das ações integradas. Em suma, a área de integração não teve grandes mudanças para serem citadas nessa comparação analítica qualitativa. Todavia, os processos do guia PMBOK continuam a ser executados de maneira que, em cada novo projeto, melhorias pontuais sejam levantadas e implementadas em busca da melhoria contínua do processo Otus.

## 5.2.2 Escopo

Quadro 4: Escopo.

<b>ESCOPO</b>
2019
DESCRIÇÃO: No projeto de 2019, o cliente fazia um pré-escopo de modo que a Otus fizesse o escopo de fato no tempo estipulado pelo cronograma. Isso é relatado em detalhes na seção 4.2.1, especificamente no segundo e no terceiro parágrafo da página 51.
2021
DESCRIÇÃO: Atualmente, o escopo é feito junto a construtora e os fornecedores de projeto, que o validam. Ademais, as interações com o cliente são planejadas, e coletas os requisitos de informações necessários para que o escopo seja definido e criado a EAP do projeto.

Segundo Murgia et al. (2017), existem duas vantagens que se referem à coleta de requerimentos dos projetos e definição do escopo, tal que uma é a visualização, geração mais veloz do projeto e rápida avaliação de várias alternativas de projetos. Além disso, Fazli et al. (2014) indicam que os principais benefícios para o projeto de um escopo bem definido pelos processos do guia PMBOK são maior clareza e controle da coordenação da gestão dos projetos. Isso tudo pode ser verificado nos projetos da Otus, visto que o escopo do projeto era definido com menos informações, o que o tornava menos eficiente e preciso para a produção do cronograma. Atualmente, todas as partes interessadas dos projetos participam da validação de escopo para que a Otus e a construtora definam um sequenciamento realista de atividades de planejamento da coordenação. Com os requisitos das informações mais completos e com uma qualidade melhor, a estrutura analítica dos projetos é definida ao sequenciar os processos e as atividades de todas as fases do projeto. Dessa forma, aumenta-se a confiabilidade e a previsibilidade do cronograma. Por fim, o gerente BIM, com abordagens do Guia PMBOK, é o principal responsável pela validação e controle das atividades do escopo do projeto.

### 5.2.3 Cronograma

Quadro 5: Cronograma.

<b>CRONOGRAMA</b>
2019
<p>DESCRIÇÃO: A partir da EAP, definido no escopo, eram sequenciadas, em 2019, as macro e micro atividades do gerenciamento e coordenação para a definição do planejamento do cronograma, o qual não foi pego com os projetistas, uma vez que precisou ser validado junto com a construtora, que alinhou com os fornecedores. Mais informações sobre o cronograma podem ser lidas em 4.2.1.</p>
2021
<p>DESCRIÇÃO: Hoje, o cronograma é criado junto com os projetistas e clientes, que o aprovam. Além disso, estimam-se as durações das atividades, com validação junto à construtora e aos projetistas a fim de monitorar o tempo de cada etapa. Atualmente, também é monitorado o engajamento das pessoas com a finalidade de resultar no sucesso do cliente e projeto.</p>

Segundo Dornelas (2013), no desenvolvimento do plano de gerenciamento do empreendimento, as ferramentas do BIM auxiliam durante o desenvolvimento colaborativo entre as diversas equipes e fornecedores. Nelas, são incorporadas as informações relativas a custos, tempo e recursos e, então, é capaz de gerar automaticamente um cronograma. Portanto, pode-se entender que um cronograma de projeto bem definido resulta em um esforço maior na etapa de planejamento do projeto. Contudo, isso acarreta uma redução geral de custos, de tempo e de desenvolvimento da obra, conforme citado na Figura 7, referente à curva de MacLeamy, no capítulo 2.

Notou-se que a mudança do processo de cronograma melhorou o planejamento e a execução das macros e micros atividades de maneira a dividi-las pelo tempo de duração de cada atividade, o que resultou em maiores engajamento e monitoramento das atividades realizadas pelas equipes. Portanto, todos os processos do PMBOK são contemplados nessa

etapa e percebeu-se que uma melhor definição das atividades do escopo resultou em uma melhora qualitativa da entrega do cronograma.

#### 5.2.4 Custos

Quadro 6: Custos.

<b>CUSTOS</b>
2019
DESCRIÇÃO: No empreendimento de 2019, os custos dos projetos eram administrados pela construtora. A Otus era contratada como uma opção para realizar o gerenciamento desses custos, conforme relatado na seção 5.1, com ênfase nos itens 5.1.2, 5.1.3 e 5.1.6.
2021
DESCRIÇÃO: Atualmente, esse modelo de gerenciamento de custos ainda é administrado pela construtora. No entanto, hoje existe maior clareza dos custos, porque todo o projeto é feito de uma maneira mais eficiente, devido aos novos recursos de software e mão de obra.

Segundo Fazli et al. (2014), os principais benefícios do guia PMBOK referentes ao BIM são as reduções ou controle do planejamento, estimativas, orçamentos e custos de um empreendimento. Percebe-se que o planejamento e o gerenciamento dos custos de aquisições são entregues à construtora com mais clareza hoje do que no passado, em virtude do ganho na maturidade do processo. A principal entrega do processo de coordenação sobre os custos se refere aos indicadores finais de economia da construtora sobre as verificações e uso do projeto. Percebe-se que a Otus atua mais com uma gerenciadora de processos operacionais de controle de custos do que realmente a tomadora de decisão sobre as aquisições, as quais ficam a cargo da construtora.

### 5.2.5 Qualidade

Quadro 7: Qualidade.

<b>QUALIDADE</b>
2019
<p>DESCRIÇÃO: No empreendimento de 2019, a qualidade do projeto era medida por meio do modelo BIM e a partir da redução do número de inconsistências entre as disciplinas nos projetos técnicos de construção. Nessa medição, planejavam-se os indicadores que seriam determinados para monitoramento e gerenciamento. Por exemplo, os erros de inconsistências eram marcados e classificados conforme o grau de erro no projeto, conforme discutido em 5.1.2. Mais informações dessa parte do estudo de caso podem ser consultadas ao retomar as seções 4.2.2 e 4.2.3.</p>
2021
<p>DESCRIÇÃO: As ações para melhoria do planejamento, gerenciamento e controle dos projetos da Otus agora são feitas por meio de uma estruturação dos processos com BPMN (<i>Business Process Model and Notation</i>) para entender cada etapa padrão do processo de gerenciamento. Para isso, foi investido em novas ferramentas computacionais e na capacitação do time, sobretudo a dos coordenadores de projetos BIM. Também foi implementado o sucesso do fornecedor a fim de poder ajudar os responsáveis pelos projetos a entregá-los melhor, com a utilização das ferramentas já citadas, e com reuniões mais periódicas e eficientes entre os projetistas e a Otus. Por fim, foi investido na ferramenta <i>Solibri</i>, visto que ela ajuda nas verificações dos dados dos modelos BIM de forma mais automatizada tanto a nível de dados quanto a nível técnico e a nível de operação do empreendimento.</p>

Segundo Rokoei (2015), a detecção das incompatibilidades em BIM age como um fator de qualidade ao permitir a visualização delas e possibilitar a modificação e análise desde as de menor grau de impacto no projeto até as de maior grau de impacto. Percebe-se que, entre as áreas de conhecimento do PMBOK, a área de qualidade do projeto foi a que teve as maiores

mudanças. Além disso, nota-se que a qualidade do projeto coordenado pela Otus está relacionada à colaboração dos dados do projeto entregues pela construtora e seus fornecedores a fim de que o gerenciamento do projeto seja eficiente a níveis técnico e operacional. Por fim, enumeram-se as principais ações responsáveis pela melhora da qualidade: treinamentos de capacitação da equipe interna e de fornecedores de projetos e investimento em ferramentas BIM, como, por exemplo, as ferramentas *Solibri* e *Construflow*.

### 5.2.6 Recursos

Quadro 8: Recursos.

<b>RECURSOS</b>
2019
<p>DESCRIÇÃO: Os recursos dos projetos são os dados para colaboração dos projetos BIM, projetistas, equipes internas e externas e pranchas técnicas. Antes, a Otus fazia o recurso da modelagem dos projetos ao transcrevê-los de 2D para 3D. Para informações adicionais sobre os recursos do BIM, pode-se retomar à seção 4.2.1, páginas 54 a 56, e à seção 4.2.2.</p>
2021
<p>DESCRIÇÃO: Atualmente, os projetos já vêm modelados antes de passarem pela Otus, e, por isso, a empresa não trabalha mais com essa parte específica. Os outros recursos continuam os mesmos.</p>

Fazli et al. (2014) salientam que o principal benefício da área de conhecimento, em relação ao BIM, é a melhora da organização dos projetos, processos e pessoas. Para Rokoei (2015), a colaboração e a construção em grupo por meio do BIM são equivalentes ao que a gestão de recursos do guia PMBOK considera como gerenciamento do projeto. O processo de planejamento e de gerenciamento dos recursos são definidos em conjunto pelo coordenador BIM e a construtora na fase ainda inicial do projeto para estimar todas as entregas finais de cada etapa. O desenvolvimento e o gerenciamento das equipes são essenciais para o êxito da entrega final do projeto e para a execução de outros processos do guia PMBOK, como já mencionado anteriormente.

### 5.2.7 Comunicação

Quadro 9: Comunicação.

COMUNICAÇÃO
2019
<p>DESCRIÇÃO: Em 2019, a comunicação era realizada via telefone, e-mail e aplicativos de trocas de mensagem. Além disso, aconteciam reuniões, ao fim de cada etapa, a respeito dos projetos, além de reuniões auxiliares com os projetistas. As informações das etapas do projeto eram gerenciadas por meio do <i>Google Drive</i> e <i>Pipefy</i>, citados na seção 4.2.1 do capítulo 4, referente ao estudo de caso.</p>
2021
<p>DESCRIÇÃO: Atualmente, todavia, o processo de comunicação foi intensificado com a melhora e a clareza do processo de gerenciamento da Otus. Com a melhor comunicação com o cliente e com os fornecedores, e com a aquisição de ferramentas como o <i>Constuflow</i>, essas melhorias se tornaram fundamentais para o sucesso das entregas da Otus.</p>

Fazli et al. (2014) fizeram uma análise dos benefícios e desafios da adoção do BIM em trinta projetos da construção civil em três continentes. Os resultados apontaram uma maior clareza para enxergar as consequências das decisões tomadas pelo gerente do projeto, uma vez que o próprio BIM possibilita comparações entre diferentes decisões a serem escolhidas. Isso também ocorre no projeto da Otus, visto que o ambiente do BIM proporcionou uma melhora da comunicação entre as partes interessadas, o que também está em consonância com o Guia PMBOK e possibilitou maior entendimento dos objetivos a serem alcançados e, assim, cumprir os requisitos do cliente. Por isso, é possível ver uma grande evolução desde o planejamento, o gerenciamento e o monitoramento dessas comunicações da análise desde o estudo de caso do capítulo 4 ao processo atual. O investimento em ferramentas de qualidade, como o *Construflow*, ajudou nessa evolução processual. Portanto, nota-se que a área da qualidade está ligada aos processos de comunicação no processo de coordenação da Otus.

### 5.2.8 Riscos

Quadro 10: Riscos.

<b>RISCOS</b>
2019
DESCRIÇÃO: No empreendimento de 2019, não era claro o mapeamento de riscos embora houvesse ciência dos riscos técnicos, os quais eram mitigados pelos projetistas via os meios de comunicação
2021
DESCRIÇÃO: Conforme foi adquirida experiência em projetos, os riscos, tais como o cronograma atrasar, de responsabilidades técnicas da Otus ou dos projetistas, são deixados bem claros para os clientes atualmente. Tudo é registrado e monitorado de uma forma ágil e clara para que se possa prevenir esses possíveis riscos. Por isso, atualmente, são feitas análises qualitativas e quantitativas de cada risco, as quais são apresentadas ao cliente. Ademais, os cronogramas são mais claros, o que diminui principalmente os riscos de atraso.

A área de riscos está totalmente ligada à previsão de erros que aconteceram na etapa de projeção, ou seja, a preparação da execução da obra de acordo com Romano (2003). O processo de coordenação em si é um meio de planejar o gerenciamento desses riscos ao buscar identificar os riscos por meio de ferramentas de qualidade de modo a preparar o processo desde a organização do escopo e do cronograma. Em si, os processos de riscos são dependentes de todo o planejamento e monitoramento dos processos das áreas do PMBOK. Atualmente, a Otus busca prever esses riscos ao planejar e implementar respostas aos que ocorreram nos projetos anteriores, como o do capítulo 4. No entanto, deve ser a área do PMBOK que mais precise se reinventar, além de ser necessário analisar qualitativa e quantitativamente os projetos realizados com a finalidade de evitar desperdícios na execução da obra.

### 5.2.9 Aquisições

Quadro 11: Aquisições.

<b>AQUISIÇÕES</b>
2019
<p>DESCRIÇÃO: No projeto de 2019, não foi necessária nenhuma aquisição, porque o cliente já tinha contratado outros fornecedores. Nessa época, a Otus foi apenas um fornecedor contratado, nesse caso, para o gerenciamento do projeto.</p>
2021
<p>DESCRIÇÃO: Atualmente é planejado, junto com cliente, a necessidade de investimento em ferramentas computacionais e na contratação de mão de obra adicional. Além dos projetistas, discute-se a necessidade da contratação de um orçamentista, parceiro da Otus nesse caso, a fim de dar suporte no gerenciamento de custos e até no planejamento.</p>

Conforme Rokoei (2015), a gestão da aquisição é possível por meio de estimativas quantitativas de materiais produzidos pelo BIM. Também auxilia na aquisição de produtos e serviços externos necessários para a equipe de obra trabalhar (FAZLI et al., 2014). Essas características estão presentes no processo de coordenação da Otus, conforme explicitado no próximo parágrafo.

No início do projeto, são planejadas, junto ao cliente, todas as aquisições necessárias, desde softwares a mão de obra adicional para que, ao longo dele, as aquisições sejam conduzidas e controladas pela construtora. Busca-se cumprir o que foi definido no plano de projeto. A Otus propõe algumas parcerias de serviços, desde projetistas a plataformas, a fim de o planejamento da obra ser eficiente. Em relação ao processo de aquisições do Guia PMBOK, está mais relacionado com a construtora, apesar de a Otus prover assessoramento externo se necessário.

### 5.2.10 Partes interessadas

Quadro 12: Partes interessadas.

<b>PARTES INTERESSADAS</b>
2019
<p>DESCRIÇÃO: As partes interessadas do projeto são a Otus e a construtora e, desde 2019, o gerenciamento do projeto guia-se com base no sucesso do cliente, o qual já foi mencionado em 5.1. Ademais, esse gerenciamento envolve troca de ideias entre as partes e monitora o engajamento de cada uma delas.</p>
2021
<p>DESCRIÇÃO: Não ocorreram grandes mudanças nesta área do conhecimento.</p>

A área de processo das partes interessadas, continua semelhante ao projeto analisado no estudo de caso, portanto não ocorreram grandes mudanças a serem indicadas nesta pesquisa.

### 5.3 DISCUSSÃO SOBRE A ANÁLISE QUALITATIVA DE RESULTADOS APRESENTADOS

Dessas análises, conclui-se que, no estudo de caso do empreendimento coordenado pela Otus Engenharia, houve ganhos na gestão de tempo do empreendimento, na previsão de incompatibilidades, em ganhos na produtividade e na qualidade da execução dos projetos.

Percebeu-se que, das dez áreas do PMBOK, as áreas de custos, riscos e aquisições tiveram melhorias pontuais enquanto as áreas de integração e partes interessadas continuaram semelhantes.

Em relação às áreas de qualidade, escopo, cronograma e comunicação, houve mudanças consideráveis, segundo as análises dos materiais e da entrevista realizada. Parte dessas melhorias ocorreram principalmente pelo fato de a empresa ter buscado novas ferramentas que otimizassem o gerenciamento do processo e treinamentos das equipes

internas. Além disso, a maturidade do processo evoluiu conforme a experiência adquirida na realização de novos projetos.

Mesmo com poucas mudanças, notou-se a importância da área de integração devido à similaridade com a metodologia BIM. Isso acontece porque o BIM conta com um sistema integrado de entrega de projetos, ou seja, todas as outras áreas dependem do planejamento, da execução e do monitoramento desta área para a entrega final e a conclusão dos objetivos definidos pela coordenação. Isso melhora a unificação, a consolidação e as ações integradas entre os projetos.

Em relação à área de riscos, percebeu-se que com planejamento e implementação de respostas aos erros que ocorreram nos projetos anteriores, como explicado no capítulo 4, é possível se ter uma maior prevenção. Portanto, nota-se que essa deve ser a área do PMBOK que mais precise se reinventar, para que, a cada projeto realizado, sejam mais claras as informações qualitativas e quantitativas dos riscos e, assim, evitar possíveis erros no processo de coordenação, com um melhor planejamento.

Por fim, recomenda-se que, ao final de cada projeto, as novas informações sejam armazenadas para futuros estudos de casos em busca da revisão e da melhoria dos processos do guia PMBOK junto à metodologia BIM.

## 6 CONCLUSÃO

Nesta pesquisa, procurou-se estudar sobre os fundamentos da gestão de projetos, guia PMBOK e metodologia BIM para que fosse realizada uma análise das referências teóricas das duas áreas junto a um estudo de caso de um empreendimento residencial de Santa Catarina.

Ao longo do trabalho, foram necessários buscar referências em outras pesquisas de temas semelhantes, que englobassem e relacionassem as áreas do PMBOK com a metodologia BIM, para corroborarem com os resultados desta pesquisa. Segundo os estudos de Rokoei (2015), entende-se que existe uma equivalência entre as áreas do guia PMBOK e a metodologia BIM, conforme resumo na Tabela 2 no capítulo 2.

Buscou-se, nesta pesquisa, entender essa equivalência no processo de coordenação da Otus, ao analisar as mudanças positivas e negativas nas áreas e processo do guia PMBOK, de 2019 e de 2021.

Ao final, verificou-se que os objetivos foram atendidos. Nesse sentido, verificou-se que o impacto da coordenação dos projetos, utilizando modelos de informações e colaborações, está totalmente ligado ao ganho de produtividade na construção do empreendimento, por meio de uma gestão eficiente dos projetos, monitoramento de indicadores e principalmente pelo uso da metodologia BIM. Também foi possível avaliar as práticas do gerenciamento de projetos em BIM da Otus na gestão de projetos da construção civil baseada no Guia PMBOK. Além disso, foram caracterizados os modelos de processo de projeto de edificações, foram identificados os processos de coordenação e de compatibilização dos projetos construtivos do empreendimento em 2019 por meio da colaboração e modelagem dos projetos construtivos. Por fim, foram analisadas as transformações e entregas de resultados do gerenciamento de projeto do processo de coordenação e de compatibilização do projeto de 2019.

Recomenda-se, portanto, a realização de novos estudos para o maior número de informações de projetos de coordenação e monitoramento dos processos em vista da melhoria contínua. Além do que, como este TCC limitou-se ao Guia PMBOK em detrimento de outros fundamentos de gestão, esses novos estudos podem explorá-los. Portanto, como trabalhos futuros, sugere relacionar o BIM com metodologias ágeis de gestão de projetos da construção civil, analisá-lo com o ciclo PDCA na gestão de projetos desse setor, além de analisar os ganhos de produtividade da aplicação do BIM com o *Lean Construction*.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E. L. G. DE; PICCHI, F. A. Relação entre construção enxuta e sustentabilidade. **Ambiente Construído**, v. 18, n. 1, p. 91–109, 2018.

BEW, M.; RICHARDS, M. BIM maturity model. In: **Construct it Autumn 2008 Member's Meeting**. Brighton: Brighton, 2008.

DORNELAS, R. L. **A tecnologia BIM e o gerenciamento da integração: uma proposta colaborativa**. Disponível em: <[https://pmkb.com.br/wp-content/uploads/2013/07/PUC-MINAS\\_ARTIGO\\_RAMON-DORNELAS\\_PMI.pdf](https://pmkb.com.br/wp-content/uploads/2013/07/PUC-MINAS_ARTIGO_RAMON-DORNELAS_PMI.pdf)>. Acesso em: 6 jul. 2021.

EASTMAN, C. et al. **Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Porto Alegre: Bookman, 2013.

FAZLI, A. et al. Appraising Effectiveness of Building Information Management (BIM) in Project Management. **Procedia Technology**, v. 16, p. 1116–1125, 2014.

FGV; IBRE; SINDUSCON. **Produtividade na Construção**. São Paulo - SP: FGV, 2016.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 3ª ed. São Paulo: Atlas, 1991.

GOMES, F. O. **Implantação BIM em uma empresa de projetos de infraestrutura: estudo e caso**. [s.l.] Monografia (Especialização em Gestão de Projetos da Construção), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo - SP, 2017.

KHOSROSHAHI, F.; ARAYICI, Y. Roadmap for implementation of BIM in the UK construction industry. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 19, n. 6, p. 610–635, 2012.

MANZIONE, L. **Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM**. [s.l.] Tese (Doutorado em Engenharia), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo - SP, 2013.

MURGUIA, D. et al. Process Integration Framework for the Design Phase of a Residential Building. **Procedia Engineering**, v. 196, n. June, p. 462–469, 2017.

NAGGAR, V. D. C. **Proposta de uma ferramenta de medição de desempenho da cadeia logística da saúde: um estudo de caso do município de Florianópolis**. [s.l.] Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção Civil), Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC, 2019.

OLIVEIRA, A. F. DE. **Gerenciamento/Coordenação de Projetos através do BIM 4D: (BIM – Building Information Modeling)**. [s.l.] Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil), Centro Universitário do Vale do Ipojuca UNIFAVIP-DeVry, Caruaru - PE, 2015.

OTUS ENGENHARIA. **Plano de Execução BIM - Unique Place**. Florianópolis - SC: Otus, 2019.

PELISSER, G. B.; FRANÇA, S. L. B. Aplicação do Guia PMBOK para melhoria do gerenciamento de obra - Estudo de caso em empreendimento residencial multifamiliar. In: **XVII Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia**. Resende - RJ: SEGeT, 2020.

PITTIGLIANI, R. **Análise de Custos de Interferências de um Projeto Residencial Multifamiliar Modelado e Compatibilizado com o Auxílio de Ferramentas da Plataforma BIM**. [s.l.] Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil), Departamento de Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC, 2018.

PORTELLA, G. A. **Estudo da aplicação da norma ABNT NBR ISO 21500 aliada ao Guia PMBOK® na área de custos do gerenciamento de projetos de uma empresa de construção civil**. [s.l.] Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção), Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Pampa, Bagé - RS, 2015.

POSSI, M. et al. **Gerenciamento de Projeto Guia do Profissional: Abordagem Geral e Definição de Escopo**. 1ª ed. Rio de Janeiro - RJ: Brasport, 2006.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE INC. **Guia PMBOK®: um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos**. 6<sup>a</sup> ed. Chicago, IL, Estados Unidos: Independent Publishers Group, 2017.

RADÜNS, C. D. **BIM aplicado a obras de infraestrutura (BiiM): mini e pequenas centrais hidrelétricas**. [s.l.] Dissertação (Mestrado em Engenharia), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo - RS, 2013.

ROKOOEI, S. Building Information Modeling in Project Management: Necessities, Challenges and Outcomes. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 210, p. 87–95, 2015.

ROMANO, F. V. **Modelo de Referência para o Gerenciamento do Processo de Projeto Integrado de Edificações**. [s.l.] Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC, 2003.

RUNESON, P.; HÖST, M. Guidelines for conducting and reporting case study research in software engineering. **Empirical Software Engineering**, v. 14, n. 2, p. 131–164, 2009.

SHAQOUR, E. N. The role of implementing BIM applications in enhancing project management knowledge areas in Egypt. **Ain Shams Engineering Journal**, 2021.

SILVA, B. D. R. **Desenvolvimento de uma sistemática para o gerenciamento de projetos de implantação de franquias utilizando metodologias ágeis**. [s.l.] Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção Civil), Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC, 2019.

SUCCAR, B. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in Construction**, v. 18, n. 3, p. 357–375, 2009.

SUCCAR, B.; SHER, W.; WILLIAMS, A. An integrated approach to BIM

competency assessment, acquisition and application. **Automation in Construction**, v. 35, p. 174–189, 2013.

TOBIN, J. Measuring BIM's disruption: understanding value networks of BIM/VDC. **AECbytes**, n. 4 abr., p. 1–5, 2013.

ZACKO, A.; ANTUNES, E. G. P. **Análise de fatores que interferem na produtividade da construção civil**. Criciúma - SC.: UNESC, 2019.

ZOU, Y.; KIVINIEMI, A.; JONES, S. W. A review of risk management through BIM and BIM-related technologies. **Safety Science**, v. 97, p. 88–98, 2017.

