

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

ÉRICO ALBUQUERQUE DE OLIVEIRA

**IMPLEMENTAÇÃO E USO DO BIM EM ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA:
ESTUDO DE CASOS EM MACEIÓ/AL**

MACEIÓ – AL

2019

ÉRICO ALBUQUERQUE DE OLIVEIRA

**IMPLEMENTAÇÃO E USO DO BIM EM ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA:
ESTUDO DE CASOS EM MACEIÓ/AL**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação de Arquitetura e Urbanismo – Dinâmicas do Espaço Habitado da Universidade Federal de Alagoas como requisito para a obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Victor Rodrigues Barbosa.

MACEIÓ – AL

2019

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto – CRB-4 – 1767

O48i Oliveira, Érico Albuquerque de.
Implementação e uso do BIM em escritórios de arquitetura : estudo de casos em Maceió/AL / Érico Albuquerque de Oliveira. – 2019.
160 f. : il. color.

Orientador: Ricardo Victor Rodrigues Barbosa.
Dissertação (mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Alagoas. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Maceió, 2019.

Bibliografia: f. 144-151.

Apêndice: f. 152-156.

Anexo: f. 157-160.

1. Modelagem de informação da construção. 2. Escritórios (Arquitetura) - Maceió (AL). 3. Projeto arquitetônico. 4. Edificações - Inovações tecnológicas. I. Título.

CDU: 72.011:004.4(813.5)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

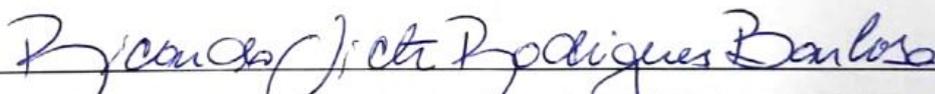
ÉRICO ALBUQUERQUE DE OLIVEIRA

**IMPLEMENTAÇÃO E USO DO BIM EM ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA:
ESTUDOS DE CASO EM MACEIÓ/AL**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação de Arquitetura e Urbanismo – Dinâmicas do Espaço Habitado da Universidade Federal de Alagoas como requisito para a obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

APROVADO EM: 04 / 10 /2019

BANCA EXAMINADORA



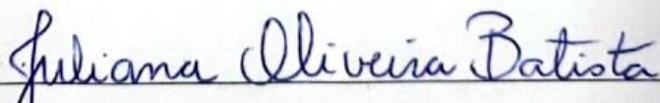
PROF. DR. RICARDO VICTOR RODRIGUES BARBOSA

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – UFAL



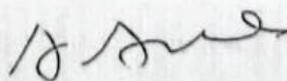
PROF. DR. DILSON BATISTA FERREIRA

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – UFAL



PROF.^a DR.^a JULIANA OLIVEIRA BATISTA

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – UFAL



PROF. DR. MAX LIRA VERAS XAVIER DE ANDRADE

Departamento de Expressão Gráfica – UFPE

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por todas as bênçãos concedidas e por me dar sabedoria para o desenvolvimento desse trabalho.

Agradeço aos meus familiares, em especial, aos meus pais, Assis e Marijôse, pela educação que me proporcionaram, me ensinaram os princípios da dignidade e da perseverança para ir em busca dos meus objetivos; ao meu irmão Élisson, pelo companheirismo e à minha noiva, Renata, pelo amor, participação e apoio. Também agradeço à minha avó, Zezé, por sempre se fazer presente, e à minha tia, Marijane, pela motivação. Aos meus afilhados, Lucca e Cauã, pelo carinho. Ademais, agradeço à minha família e amigos pela compreensão da minha ausência em alguns momentos.

Agradeço aos professores Ricardo e Dilson, pelo acolhimento e confiança. Aos meus companheiros de mestrado, discentes e docentes, pela amizade e ensinamentos. Aos membros da banca examinadora pela contribuição para o melhoramento da dissertação.

Aos escritórios participantes da pesquisa, por terem colaborado para o desenvolvimento deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas (FAPEAL), pelo apoio financeiro.

RESUMO

Os processos produtivos, do projeto à execução, são estritamente vinculados à alta produtividade e inovação tecnológica aplicadas às edificações. Assim, as empresas de projeto necessitam renovar constantemente seus processos a fim de maximizar sua posição competitiva e atingir melhores resultados. Experiências em diversos países comprovam a tendência da adoção do *Building Information Modeling* (BIM), que possui a capacidade de armazenar informações necessárias ao longo do ciclo de vida das edificações. Diante do exposto, o trabalho teve como objetivo analisar, por meio de estudo de casos, a implementação do BIM e seu uso sobre os procedimentos projetuais em escritórios de arquitetura em Maceió-AL. Os procedimentos metodológicos adotados foram fundamentados em pesquisa qualitativa de caráter exploratório. Foi realizado estudo de casos múltiplos em três escritórios de arquitetura em Maceió. Como parâmetro para análise dos escritórios selecionados, tomou-se como referência um escritório de arquitetura com destaque nacional no uso do BIM. O estudo se deu a partir de análise documental, entrevistas estruturadas, semiestruturadas e conversas informais. Em seguida, os dados coletados no estudo de casos foram organizados, avaliados e comparados com o estudo de referência e os conceitos encontrados a partir da revisão bibliográfica. Os resultados evidenciaram que após a implementação do BIM, houve aumento na produtividade, redução de erros projetuais e maior controle das informações de projeto nos escritórios analisados em Maceió. Entretanto, estes foram classificados ainda em estágios iniciais do BIM, não explorando toda potencialidade da metodologia. Observou-se que apenas um escritório tem capacidade para utilizar BIM no nível mais avançado. Conclui-se que há necessidade de avanços no meio profissional de Maceió quanto à implementação e ao uso do BIM nos escritórios de arquitetura, tanto no aproveitamento dos recursos tecnológicos que potencializam os processos colaborativos entre todos os agentes atuantes na construção civil, como nas práticas e políticas que regulamentem o desenvolvimento de projetos em BIM.

Palavras-chave: Building Information Modeling; Modelagem da Informação da Construção; Escritórios de projeto de Arquitetura; Processo de Projeto; Inovação Tecnológica.

ABSTRACT

The production processes, from conceptual design to execution, are strictly linked to the high productivity and technological innovation applied to buildings. Thus, project companies need to constantly renew their processes in order to maximize their competitive position and achieve better results. Experiences in several countries demonstrate the trend towards adoption of Building Information Modeling (BIM), which has the capacity to store information needed throughout the life cycle of buildings. In view of the above, the work aimed to analyze, through case studies, the implementation of BIM and its use on design procedures in architectural offices in Maceió-AL. The methodological procedures adopted were based on qualitative exploratory research. A multiple case study was carried out in three architecture offices in Maceió. As a parameter for the analysis of the selected offices, a nationally prominent architecture office in the use of BIM was taken as reference. The study was based on document analysis, structured interviews, semi-structured interviews and informal conversations. Then, the data collected in the case studies were organized, evaluated and compared with the reference study and the concepts found from the literature review. The results showed that after the implementation of BIM, there was an increase in productivity, reduction of design errors and greater control of project information in the offices analyzed in Maceió. However, these were still classified in the early stages of BIM, not exploiting the full potential of the methodology. It was noted that only one office is capable of using BIM at the most advanced level. It is concluded that there is a need for advances in the professional environment of Maceió regarding the implementation and use of BIM in architecture offices, both in the use of technological resources that enhance collaborative processes among all agents involved in construction, in the practices and policies that regulate the development of projects in BIM.

Keywords: Building Information Modeling; Architectural design companies; Project Process; Technologic innovation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Metodologia de Pesquisa.	24
Figura 2: Capacidade de influenciar o custo final de um empreendimento de edifício ao longo de suas fases.	28
Figura 3: Fases sequenciais do processo de projeto.	31
Figura 4: Utilização do Sketchpad – Software em CAD.	34
Figura 5: Avanço Tecnológico.	44
Figura 6: Método tradicional de armazenamento de dados projetuais.	47
Figura 7: Comparação entre intercâmbio de informações em processos de projeto 2D e BIM.	52
Figura 8: Níveis de maturidade BIM no Reino Unido.	55
Figura 9: Adoção do BIM no mundo.	57
Figura 10: Coletânea Implementação do BIM elaborada pela CBIC.	59
Figura 11: Caderno de Apresentações de Projetos em BIM.	60
Figura 12: Ciclo de Vida da Edificação em BIM.	63
Figura 13: Estágios de Capacidade BIM em Escritórios.	66
Figura 14: Estágios de Maturidade BIM em Escritórios.	67
Figura 15: Dimensões do modelo BIM.	80
Figura 16: Nível de Maturidade.	82
Figura 17: Terminal de Ônibus Sacomã, em São Paulo, projetada pelo escritório Contier Arquitetura, em 2002.	85
Figura 18: Estrutura organizacional do Estudo de Caso 1.	96
Figura 19: Linha do Tempo – Estudo de Caso 1.	97
Figura 20: Estrutura do Estudo de Caso 2.	108
Figura 21: Linha do Tempo – Estudo de Caso 2.	110
Figura 22: Estrutura do Estudo de Caso 3.	119
Figura 23: Linha do Tempo – Estudo de Caso 3.	119

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Aspectos para otimização da produtividade na construção civil.....	17
Quadro 2: Softwares em BIM disponíveis no mercado para a elaboração de projetos em BIM.	38
Quadro 3: Matriz de Maturidade BIM – Competências BIM – Tecnologia – Software.	70
Quadro 4: Matriz de Maturidade BIM – Competências BIM – Tecnologia – Hardware.....	70
Quadro 5: Matriz de Maturidade BIM – Competências BIM – Tecnologia – Rede.	71
Quadro 6: Matriz de Maturidade BIM – Competências BIM – Processos – Liderança e Gerenciamento.....	71
Quadro 7: Matriz de Maturidade BIM – Competências BIM – Políticas – Preparatória.	72
Quadro 8: Matriz de Maturidade BIM – Competências BIM – Políticas – Regulatória.	72
Quadro 9: Matriz de Maturidade BIM – Competências BIM – Políticas – Contratual.....	73
Quadro 10: Passos para que a implementação do BIM seja bem-sucedida de acordo com Hardin e McCool.	75
Quadro 11: Quadro-síntese acerca da implementação do BIM na Contier Arquitetura.....	87
Quadro 12 : Quadro-síntese acerca da tecnologia para uso do BIM na Contier Arquitetura. ..	89
Quadro 13: Quadro-síntese acerca da organização para uso do BIM na Contier Arquitetura.	92
Quadro 14: Quadro-síntese acerca da gestão BIM e fluxo de trabalho na Contier Arquitetura.	93
Quadro 15: Quadro-síntese acerca da integração com agentes externos na Contier Arquitetura.	94
Quadro 16: Quadro-síntese acerca do estágio de implementação do BIM na Contier Arquitetura.	95
Quadro 17: Quadro-síntese acerca da implementação do BIM no Estudo de Caso 1.	100
Quadro 18: Quadro-síntese acerca da Tecnologia para uso do BIM no Estudo de Caso 1.	102
Quadro 19: Quadro-síntese acerca da organização para uso do BIM no Estudo de Caso 1...	103
Quadro 20: Quadro-síntese acerca da Gestão BIM e fluxo de trabalho no Estudo de Caso 1.	105
Quadro 21: Quadro-síntese acerca da integração com agentes externos no Estudo de Caso 1.	106
Quadro 22: Quadro-síntese acerca do Estágio de implementação do BIM no Estudo de Caso 1.	108
Quadro 23: Quadro-síntese acerca da implementação do BIM no Estudo de Caso 2.	112

Quadro 24: Quadro-síntese acerca da tecnologia para uso do BIM no Estudo de Caso 2.	114
Quadro 25: Quadro-síntese acerca da organização para uso do BIM no Estudo de Caso 2...	115
Quadro 26: Quadro-síntese acerca da Gestão BIM e fluxo de trabalho no Estudo de Caso 2.	116
Quadro 27: Quadro-síntese acerca da integração com agentes externos no Estudo de Caso 2.	117
Quadro 28: Quadro-síntese acerca do estágio de implementação do BIM no Estudo de Caso 2.	118
Quadro 29: Quadro-síntese acerca da implementação do BIM no Estudo de Caso 3.....	121
Quadro 30: Quadro-síntese acerca da tecnologia para uso do BIM no Estudo de Caso 3.	123
Quadro 31: Quadro-síntese acerca da organização para uso do BIM no Estudo de Caso 3...	124
Quadro 32: Quadro-síntese acerca da gestão BIM e fluxo de trabalho no Estudo de Caso 3.	125
Quadro 33: Quadro-síntese acerca da integração com agentes externos no Estudo de Caso 3.	126
Quadro 34: Quadro-síntese acerca do estágio de implementação do BIM no Estudo de Caso 3.	127
Quadro 35: Comparativo entre os escritórios quanto à implementação do BIM.	131
Quadro 36: Comparativo entre os escritórios quanto aos desafios iniciais na implementação do BIM.....	131
Quadro 37: Comparativo entre os escritórios quanto aos benefícios após a implementação do BIM.....	132
Quadro 38: Comparativo entre os escritórios quanto à tecnologia utilizada.	134
Quadro 39: Comparativo entre os escritórios quanto à organização.	135
Quadro 40: Comparativo entre os escritórios quanto à gestão BIM.	136
Quadro 41: Comparativo entre os escritórios quanto à gestão BIM - fluxo de trabalho.	138
Quadro 42: Comparativo entre os escritórios quanto à integração com agentes externos.	140
Quadro 43: Comparativo entre os escritórios quanto aos estágios de implementação do BIM.	141

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
AECO	Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação
AL	Alagoas
AsBEA	Associação Brasileira de Escritórios de Arquitetura
BCA	Building and Construction Authority
BDS	Building Description System
BIM	Building Information Modeling
CAD	Computer Aided Design
CAU	Conselho de Arquitetura e Urbanismo
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CREA	Conselho Regional de Engenharia e Agronomia
DWF	Autodesk's Design Web Format
DWG	Autodesk's Drawing Graphic Format
DXF	Autodesk's Drawing Exchange Format
EUA	Estados Unidos da América
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
GB	Gigabytes
GDL	Geometric Description Language
GIT	Georgia Institute of Technology
GLS	Government Soft Landings
GSA	General Services Administration
HTML	Hyper Text Markup Language
IAI	International Alliance for Interoperability
IFC	Industry Foundation Classes

LOD	Level of Development ou Level of Detail
MB/s	Megabytes por segundo
MIT	Massachusetts Institute of Technology
NBR	Norma Brasileira
OPUS	Sistema Unificado do Processo de Obras
PDF	Package Definition File
RAM	Random Access Memory
RGD	Rijksagebauwendienst
RVT	Formato padrão do software Revit
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
TI	Tecnologia da Informação
UFAL	Universidade Federal de Alagoas
UFCS	Universidade Federal de Santa Catarina
UFSCar	Universidade Federal de São Carlos
Unicamp	Universidade Estadual de Campinas
USACE	U.S. Army Corps of Engineers
USP	Universidade de São Paulo
WYSIWYG	What You See Is What You Get

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
1.1. Justificativa	18
1.2. Objetivos	19
1.3. Procedimentos metodológicos da pesquisa.....	20
1.3.1. Revisão Bibliográfica	20
1.3.2. Percepção do Problema.....	21
1.3.3. Pesquisas de Campo.....	21
1.4. Estrutura do trabalho	24
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	26
2.1. O processo de projeto.....	26
2.1.1. Importância do projeto para a edificação.....	27
2.1.2. Etapas do processo de projeto.....	29
2.1.3. O processo de projeto e os agentes envolvidos no empreendimento.....	29
2.1.4. A relação entre projeto e produção	32
2.1.5. Evolução da representação e das ferramentas de projeto	33
2.1.5.1. CAD 2D	33
2.1.5.2. CAD 3D	35
2.1.5.3. BIM.....	36
2.2. Tecnologia da informação.....	44
2.2.1. Definição de tecnologia da informação	45
2.2.2. Relação entre tecnologia da informação e construção civil.....	46
2.2.3. Modificações do processo de projeto a partir do uso da tecnologia da informação ..	47
2.3. Building Information Modeling (BIM).....	48
2.3.1. Definição de BIM	50
2.3.2. BIM no Mundo	53
2.3.3. BIM no Brasil	57

2.3.3.1. Normatização e Legislação	58
2.3.3.2. Entidades de Classe e Associações	59
2.3.3.3. Pesquisa e Ensino.....	60
2.3.4. Princípios do BIM.....	61
2.3.4.1. Modelagem paramétrica e visualizações múltiplas	61
2.3.4.2. Abordagem do ciclo de vida da edificação	62
2.3.4.3. Ambiente de projeto colaborativo e interoperabilidade.....	63
2.3.5. Implementação do BIM	65
2.3.5.1. Benefícios	76
2.3.5.2. Dificuldades e desafios	77
2.3.5.3. Dimensões do modelo BIM	78
2.3.5.4. Nível de detalhamento do modelo BIM.....	80
2.3.5.5. O BIM e a colaboração entre escritórios de projeto	82
3. ESTUDO DE REFERÊNCIA.....	84
3.1. Perfil do escritório.....	84
3.2. Implementação do BIM no escritório Contier Arquitetura.....	84
3.3. Nível de tecnologia para o uso do BIM no escritório Contier Arquitetura.....	87
3.4. Organização do escritório	89
3.5. Gestão em BIM no escritório.....	92
3.6. Integração com agentes externos	93
3.7. Estágio de implementação do BIM.....	94
4. ESTUDO DE CASOS.....	96
4.1. Estudo de Caso 1	96
4.1.1. Perfil do escritório	96
4.1.2. Implementação do BIM	97
4.1.3. Tecnologia para uso do BIM	100
4.1.4. Organização do escritório	102

4.1.5. Gestão BIM no escritório.....	103
4.1.6. Integração com agentes externos	105
4.1.7. Estágio de implementação do BIM no escritório.....	106
4.2. Estudo de Caso 2.....	108
4.2.1. Perfil do escritório	108
4.2.2. Implementação do BIM	110
4.2.3. Tecnologia para uso do BIM	112
4.2.4. Organização do escritório	114
4.2.5. Gestão BIM no escritório.....	115
4.2.6. Integração com agentes externos	117
4.2.7. Estágio de implementação do BIM no escritório.....	117
4.3. Estudo de Caso 3.....	118
4.3.1. Perfil do escritório	118
4.3.2. Implementação do BIM	119
4.3.3. Tecnologia para uso do BIM	121
4.3.4. Organização do escritório	123
4.3.5. Gestão BIM no escritório.....	124
4.3.6. Integração com agentes externos	125
4.3.7. Estágio de implementação do BIM no escritório.....	126
5. ANÁLISES E DISCUSSÕES	128
5.1. Quanto ao perfil dos escritórios	128
5.2. Quanto à implementação do BIM	128
5.3. Quanto à tecnologia	132
5.4. Quanto à organização dos escritórios.....	134
5.5. Quanto à gestão BIM nos escritórios	136
5.6. Quanto à integração com agentes externos	139
5.7. Quanto aos estágios de implementação do BIM nos escritórios.....	140

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	142
REFERÊNCIAS.....	146
APÊNDICE A - ROTEIRO SEGUIDO NAS ENTREVISTAS.....	154
ANEXO A - DECRETO Nº 9.377, DE 17 DE MAIO DE 2018	159

1. INTRODUÇÃO

Os setores da construção civil desenham um cenário futuro no qual os processos produtivos, desde do projeto até a execução das obras, estarão intimamente ligados à produtividade e inovação tecnológica aplicadas às edificações. Racionalização e aumento nos níveis de produção serão encarados como fatores imprescindíveis para o desenvolvimento sustentável e eficiente (KASSEM, 2015).

O aumento da competitividade faz com que a indústria esteja em constante busca por novas formas que propiciem o aumento da produtividade, a partir da confecção de produtos com custos reduzidos e com maior qualidade, de forma a atender às necessidades dos consumidores. Além disso, observa-se notória preocupação de como os processos produtivos impactam sobre o meio ambiente e sobre as questões sociais (KASSEM, 2015).

Dessa forma, com o objetivo de incorporarem as mudanças evolutivas e se destacarem no mercado, faz-se necessário que as empresas acompanhem essas mudanças, atualizando-se, aprimorando seus equipamentos e empregando as últimas novidades tecnológicas como estratégia competitiva (SMART MARKET REPORT, 2014).

Cabe destacar que várias peculiaridades no setor da construção civil tornam difícil o desenvolvimento deste setor e contribuem para que seu grau de produtividade, competitividade e qualidade se classifiquem abaixo de outros ramos industriais. No caso brasileiro, é possível notar que a indústria da construção civil manifesta sinais de conservadorismo, no qual pouco se investe em pesquisa e desenvolvimento. Logo, é carregada de um grande atraso em tecnologia no que se refere à utilização de técnicas construtivas inovadoras. Outrossim, percebem-se altos índices de desperdício de materiais e de retrabalho, além de uma qualidade insatisfatória de serviços e produtos elaborados. Boa parcela desses problemas está ligada à cultura fragmentada do setor, o qual é constituído por inúmeras empresas de pequeno e médio porte que não prezam pela qualificação de seus funcionários, além de não se preocuparem o suficiente com investimentos em tecnologias inovadoras, em planejamento e em gestão (FIESP, 2008).

Diante desse cenário, grande parte dos escritórios de arquitetura e de engenharia necessitam reorganizar seus processos a fim de potencializar sua competitividade e obter melhores resultados (EASTMAN, 2014). Nesse sentido, Kymmel (2008), fez um levantamento no qual apresenta alguns aspectos que devem ser otimizados na indústria da construção civil a fim de aprimorar os processos neste setor (Quadro 1).

Quadro 1: Aspectos para otimização da produtividade na construção civil.

Redução de riscos	- Antecipação de problemas - Melhoria na comunicação - Melhoria da segurança - Colaboração dos agentes
Redução de custos	- Paralelismo com outras indústrias - Aplicação de conceitos de Engenharia Simultânea e Produção Enxuta - Pré-fabricação
Redução de tempo	- Melhoria no planejamento - Otimização dos prazos
Aumento da qualidade	- Aumento da qualidade do projeto - Aumento da qualidade da construção
Melhoria na performance ao longo do ciclo de vida	- Melhoria na manutenibilidade dos componentes - Otimização do uso de energia no projeto

Fonte: Kymmel, 2008. Adaptado pelo autor, 2019.

A partir dos aspectos elencados, observa-se que o *Building Information Modeling* (BIM) apresenta-se como uma ferramenta para auxiliar na otimização dos processos inerentes à indústria construtiva. O BIM surge como uma evolução ao *Computed Aided Design* (CAD) e permite o armazenamento informações necessárias ao longo do ciclo de vida do projeto, além do gerenciamento de informações relativas à concepção, operação, manutenção e gerenciamento da edificação. Os projetos desenvolvidos em BIM são capazes de abrigar uma quantidade muito maior de informações em comparação aos projetos realizados em *softwares* CAD, que representam apenas entidades gráficas (EASTMAN, et. al., 2014).

Além disso, o BIM permite a integração entre várias disciplinas de projetos (arquitetônico, elétrico, hidráulico, sanitário e outras) presentes ao mesmo tempo em um único ambiente de modelagem, o que possibilita maior facilidade na detecção de interferências, antecipando erros de projeto e reduzindo, de forma significativa, o processo de compatibilização projetual (EASTMAN, et. al., 2014). Dessa forma, essa tecnologia propicia a diminuição do tempo de trabalho e garante maior qualidade e diminuição de erros projetuais (SUCCAR, 2009).

Além do exposto, há a previsibilidade do que será construído antes da execução da obra, por meio de simulações computacionais. A partir da elaboração automática de um modelo tridimensional, é permitida a visualização simultânea da edificação ainda durante a fase de projeto, com a possibilidade de ver os resultados em escalas variadas de detalhes. Além disso, essa possibilidade proporciona uma nova dinâmica para a concepção do projeto, uma vez que permite rápida geração de diferentes formas projetuais e a visualização prévia de como estas impactarão o ambiente após a construção do projeto (ASBEA, 2013).

Nesse contexto, a implementação do BIM pressupõe a reestruturação dos escritórios por meio de uma nova sistematização dos processos, de uma nova forma de organização de trabalho e de um método de processo de projeto diferente, de modo completamente integrado. Por outro lado, a implementação do BIM implica a necessidade de novas qualificações dos profissionais envolvidos e a utilização de computadores que suportem as ferramentas necessárias neste método projetual (EASTMAN, et al. 2014).

1.1. Justificativa

Observa-se o crescimento da aplicação dos conceitos do BIM em escritórios de arquitetura e engenharia, sobretudo nos países desenvolvidos, integrando os elementos projetuais, construtivos e os procedimentos gerenciais por meio do desenvolvimento de modelos virtuais (KASSEM, 2015).

Experiências em diversos países comprovam a tendência da adoção desse método de projeto que demonstra alto potencial para uso na elaboração de projetos no setor da construção civil, otimizando a produtividade e contribuindo para o aumento da qualidade dos serviços oferecidos pelos agentes desse setor (KASSEM, 2015).

A migração da representação dos projetos em CAD para a elaboração de projetos em BIM mostra-se irreversível, como ocorreu, há algum tempo atrás, com a substituição do projeto na prancheta para o computador. Ademais, a elevada competição no mercado da construção civil faz com que haja a adoção de novos métodos projetuais e novas ferramentas tecnológicas, o que leva os escritórios de projeto à implementação da modelagem da construção a fim de aperfeiçoar seus processos e produtos (MENEGOTTO, 2012).

Instigados pelas vantagens possibilitadas pelo BIM, já no início do século XXI alguns profissionais da construção civil acompanharam a evolução desse método projetivo. Após pouco tempo, o uso da modelagem da informação da construção se intensificou devido ao aprimoramento das ferramentas BIM e, também, devido aos incentivos para a compra de licenças destes *softwares*, proporcionando a aquisição dos mesmo por parte de vários escritórios. Entretanto, este fato não significou o aproveitamento do seu potencial no desenvolvimento de projetos (MENEZES, 2011).

De acordo com Menezes (2011), entre os motivos que complicam a implementação efetiva do BIM nos escritórios de projeto brasileiros destacam-se a carência de profissionais especializados, a resistência à mudança no método de projeto e os altos custos com

equipamentos e com cursos de capacitação. Assim, a fim de não correrem riscos, muitos escritórios evitam a adoção do BIM e optam por aguardar sua consolidação.

Frente a esse cenário, torna-se relevante analisar como a modelagem da informação está sendo inserida na construção civil dentro do contexto brasileiro. Para tanto, são imprescindíveis estudos científicos que promovam a ampliação do conhecimento acerca dessa ferramenta, assim como sua difusão no Brasil, de modo que os escritórios de projeto no país sintam confiança quanto ao uso do BIM (GOETZE, 2014).

Vale destacar que é evidente o progresso tecnológico dos softwares em CAD e sua importância para o desenho técnico. Contudo, a utilização do BIM para a elaboração de projetos demonstra grande vantagem em comparação à projeção em CAD.

Algumas iniciativas da federação brasileira foram, e estão sendo, realizadas para o estímulo do uso do BIM no país. Um exemplo é o Plano Brasil Maior, desenvolvido pela Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), que tem como uma das diretrizes o aumento da utilização do BIM para o crescimento do setor da construção civil (PLANO BRASIL MAIOR, 2013). Outrossim, recentemente foi publicado no Diário Oficial o decreto de Nº 9.377/2018, que institui a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM e sua difusão no país (BRASIL, 2018).

Contudo, o BIM ainda carece de destaque no Brasil. A modelagem da informação pode ser entendida como um método de projeto de grande potencial, porém de uso muito restrito, fato que dificulta o principal propósito do BIM, que é possibilitar e otimizar a integração dos agentes envolvidos na indústria da construção civil.

Muitas empresas optam, ainda, por continuar com os métodos tradicionais, estabelecendo-se na zona de conforto e desenvolvendo projetos utilizando softwares em CAD ou, até mesmo, ferramentas BIM, porém que são utilizadas apenas para a representação de projetos.

Entretanto, Martins (2018) destaca que o BIM está crescendo, principalmente, nas regiões Sul e Sudeste, sendo ainda pouco estimulado no Nordeste do país. Dessa forma, o presente trabalho buscou analisar como o BIM e seus conceitos são utilizados e disseminados nos escritórios de arquitetura em Maceió-Alagoas, haja vista que a maioria dos escritórios e empresas de arquitetura e engenharia na cidade optam pelo uso de softwares com a plataforma CAD (BARBOSA, 2018).

1.2. Objetivos

O objetivo geral da presente pesquisa foi analisar, por meio de estudo de casos, a implementação e o uso do BIM sobre os processos projetuais em escritórios de arquitetura localizados na cidade de Maceió, em Alagoas.

Para tanto, foram necessários estabelecer os seguintes objetivos específicos:

- Compreender as etapas de projeto e sua relação com o BIM;
- Compreender as modificações do processo de projeto a partir do uso da tecnologia da informação
- Identificar necessidades e demandas dos escritórios para expansão das possibilidades de uso do BIM em Maceió;
- Sugerir procedimentos que possam contribuir para a implementação do BIM em escritórios de arquitetura em Maceió.

1.3. Procedimentos metodológicos da pesquisa

Os procedimentos metodológicos foram fundamentados em uma pesquisa qualitativa de caráter exploratório por meio de estudo de casos múltiplos. A abordagem em destaque é considerada qualitativa, pois priorizou-se a qualidade das informações, dando maior relevância a itens específicos (GIL, 2008). Conforme descrito por Benbasat, Goldstein e Mead (1987), o uso de estudos exploratórios é adequado em pesquisas relacionadas à introdução de sistemas de informação novos. Esse campo de estudo está em frequente mudança, onde surgem novos elementos constantemente, implicando na necessidade de novas pesquisas. Para os autores, o processo de introdução de uma tecnologia recente é considerado complexo. Assim, uma pesquisa fundamentada em estudos de campo pode auxiliar na análise dos impactos ocasionados por uma tecnologia, facilitando a identificação das transformações. Com relação ao estudo de casos múltiplos, Yin (2001) afirma que a análise de mais de um caso torna a pesquisa mais consistente e possibilita maiores generalizações.

Assim, os procedimentos metodológicos adotados compreenderam três etapas distintas: (1) revisão bibliográfica, (2) percepção do problema e (3) pesquisas de campo, que são descritas a seguir.

1.3.1. Revisão Bibliográfica

Para a pesquisa de referencial teórico abordando os conceitos relevantes para o estudo, foram delimitados três assuntos fundamentais a serem abordados: processo de projeto, tecnologia da informação e BIM. Por ser um tema relativamente novo no cenário brasileiro,

algumas referências citadas são de literatura estrangeira e de guias desenvolvidos por organizações consideradas referência em BIM, como a Autodesk, por exemplo. As pesquisas quanto à conceituação, implementação e uso do BIM foram embasadas nas bibliografias de Succar (2009, 2012 e 2016), Ruschel (2013), Eastman (2014) e Kassem (2015), além de consultas de outros trabalhos produzidos no campo do processo de projeto com foco no uso do BIM na indústria da construção civil.

1.3.2. Percepção do Problema

Para entendimento do funcionamento das ferramentas BIM em processos projetuais em BIM, houve o estudo e o treinamento prático de softwares em BIM. Foram escolhidos três softwares: o Autodesk Revit, o Autodesk Navisworks e o CAD/TQS. A escolha do Revit deu-se por ser o programa em BIM mais utilizado e disseminado no campo da arquitetura. A escolha do Navisworks deu-se por ser o programa em BIM mais utilizado e disseminado no campo da engenharia civil e do CAD/TQS por ser um software em BIM criado para o desenvolvimento de projetos estruturais. Paralelamente foi analisado a funcionalidade da interoperabilidade entre os softwares citados. Para avaliar a interoperabilidade por meio de IFC, foram utilizados os programas Autodesk Revit e o CAD/TQS na versão estudante.

Além disso, realizou-se estágio de docência na disciplina “Computação na Arquitetura e Urbanismo 1”, no curso de graduação de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), com carga horária total de 60h., no qual foi ministrado um curso básico sobre BIM e sobre o software Autodesk Revit pelos docentes Dr. Dilson Batista Ferreira e a Ma. Poliana Lopes de Oliveira. Assim, foi possível compreender o funcionamento dessa ferramenta BIM e identificar as possíveis dificuldades no seu entendimento e no aprendizado do BIM por parte dos alunos e as melhorias que, aparentemente, o mesmo poderia proporcionar.

Por fim, para a percepção do problema e para a análise dos escritórios maceioenses a serem estudados, além da pesquisa teórica, foi realizado o estudo de um escritório de arquitetura com destaque nacional no uso do BIM. A escolha e a análise do escritório serviu para compreender como referência se deu a partir de pesquisas bibliográficas. Analisou-se a implementação do BIM no referido escritório, bem como o seu uso nos processos de projetos.

1.3.3. Pesquisas de Campo

Segundo Yin (2001), existem várias estratégias para a realização de pesquisas de campo, por exemplo: o levantamento, o experimento, a pesquisa histórica, a análise de arquivos e o estudo de caso.

Outrossim, a seleção das estratégias para o desenvolvimento de uma pesquisa depende necessariamente de três fatores: o tipo de pesquisa, o domínio que o investigador tem acerca dos acontecimentos e o foco, o qual pode ser classificado em fenômenos contemporâneos ou em fenômenos históricos (YIN, 2001).

Conhecendo que problema exposto trata-se da produção de uma pesquisa introduzida na realidade, uma vez que necessita da participação de escritórios de arquitetura, optou-se pelo estudo de casos como estratégia de pesquisa, tendo em vista que suas peculiaridades se encaixam nos objetivos do presente trabalho.

Para Yin (2001), o tipo de estudo de caso mais concludente e consistente é o que envolve múltiplos casos. O autor também afirma que, para a escolha da quantidade de casos necessários, o investigador deve refletir acerca do número de amostras que deseja ter na pesquisa. Ademais, Yi (2001) reforça que ter dois ou mais casos confere uma produção ainda mais forte do que ao se fazer o estudo de apenas um caso.

Embora se trate de uma metodologia de projeto de recente aplicação na indústria construtiva brasileira, sobretudo no Nordeste do Brasil, existindo obstáculos na obtenção de dados acerca da utilização da modelagem da construção, sabe-se que alguns escritórios em Maceió utilizam BIM. A partir dessa constatação, foi utilizado estudo de casos em escritórios de arquitetura na cidade de Maceió que possuíssem algum nível de envolvimento na implementação do BIM, bem como seus processos e políticas.

A seleção dos entrevistados, a fim de identificar os escritórios que, supostamente utilizam BIM, deu-se por meio do Conselho de Arquitetura e Urbanismo de Alagoas (CAU-AL), do Conselho Regional de Engenharia e Agronomia, em Alagoas (CREA-AL) e de indicações e contatos com centros de treinamento de softwares e conceitos BIM. O contato com os entrevistados se deu por meio de reuniões presenciais, telefonemas e por e-mail.

Na etapa de pesquisa de campo, buscou-se compreender a realidade dos escritórios de arquitetura durante o processo de implementação do BIM e a forma de como essa metodologia é utilizada. Os escritórios estudados foram acompanhados periodicamente, a partir da realização de visitas quinzenais. A coleta de dados ocorreu a partir de entrevistas estruturadas e semiestruturadas, diálogos informais e análise documental.

As entrevistas foram realizadas com os principais membros das empresas (arquitetos, gerentes e coordenadores de projetos). Para a coletar as informações pertinentes à pesquisa, foi

elaborado um roteiro a ser seguido nas análises em cada escritório, o qual foi fundamentado a partir das referências bibliográficas pesquisadas e encontra-se no Apêndice A. O roteiro buscou incluir informações referentes às características dos escritórios, como tipos de projetos realizados, estrutura organizacional, número de funcionários, gestão do escritório, implementação e uso do BIM.

O primeiro escritório entrevistado definiu os pontos com maior relevância para as análises. As informações coletadas em cada entrevista foram inseridas em relatórios. Os escritórios também permitiram análise de documentos e arquivos, que aconteceu dentro dos seus estabelecimentos.

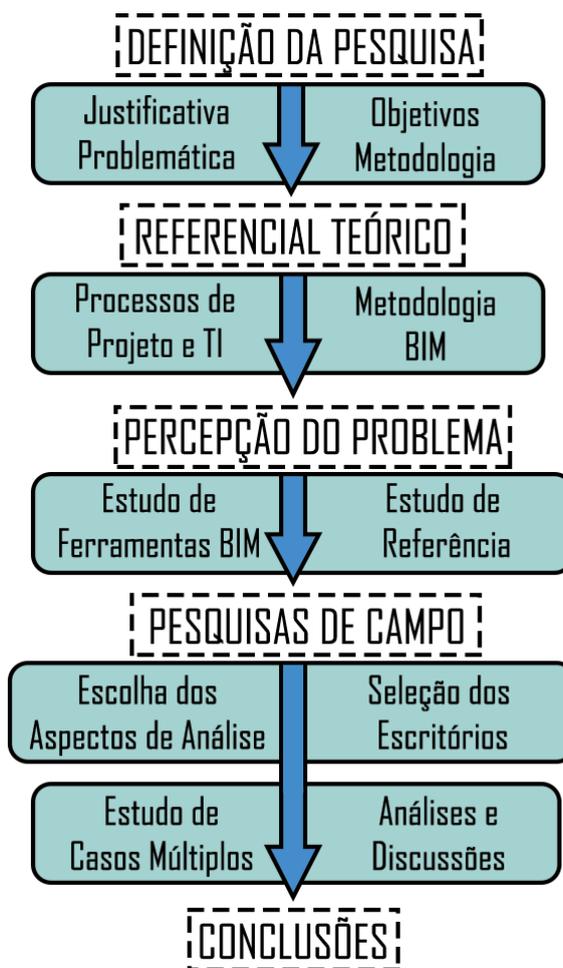
A escolha dos escritórios analisados levou em consideração a presença de casos similares, com o uso efetivo do BIM. Buscou-se por escritórios com usos diferenciados, tornando possível a comparação e a diversidade de resultados.

Posteriormente, os dados coletados, a partir do estudo de casos, foram organizados, avaliados e comparados com o estudo de referência e os conceitos encontrados nas pesquisas bibliográficas realizadas. Por conseguinte, os dados foram analisados e discutidos.

Na última fase, houve a elaboração das considerações finais da pesquisa, apresentando-se as principais conclusões do estudo e sugestões de procedimentos que possam contribuir para a implementação do BIM em escritórios de arquitetura em Maceió e para o desenvolvimento de trabalhos futuros.

Os procedimentos metodológicos utilizados foram resumidos na Figura 1:

Figura 1: Metodologia de Pesquisa.



Fonte: acervo do autor, 2019.

1.4. Estrutura do trabalho

O presente trabalho é composto por seis capítulos. No primeiro capítulo, referente à introdução, consta a descrição do contexto em que o trabalho está situado, contendo a contextualização referente ao BIM e ao mercado da construção civil. No mesmo capítulo, consta a apresentação do tema e da justificativa da presente pesquisa, além dos seus objetivos e procedimentos metodológicos utilizados.

No segundo capítulo são apresentados o referencial teórico-conceitual adotado, a partir da revisão bibliográfica dos temas relevantes para a produção da pesquisa. Realizaram-se investigações referentes ao panorama da metodologia BIM em escala nacional e no exterior, considerando as iniciativas para a adoção da modelagem da construção e o seu desenvolvimento. Ademais, foram apresentados os principais conceitos do BIM, os benefícios e os desafios para a sua aplicação na indústria da construção. Também foram levantadas informações acerca dos agentes atuantes na construção civil que têm relação com o BIM.

Assim, buscou-se abordar os escritórios de arquitetura, sua inclusão no mercado construtivo, a implementação do BIM, seus impactos nesses escritórios e a relação destes com os agentes atuantes na construção da cidade.

No terceiro capítulo é apresentado o estudo de um escritório de arquitetura adotado como referência nacional no uso do BIM para a presente pesquisa. Observou-se como se deu a implementação do BIM no referido escritório e o uso da metodologia BIM nos projetos desenvolvidos pela empresa.

O quarto capítulo é apresentada a descrição dos dados coletados nos estudos de casos com a caracterização dos escritórios de arquitetura de Maceió que possuem algum nível de envolvimento com o BIM como ferramenta projetual, além do método de implementação e seu uso no processo de projeto.

No quinto capítulo realizou-se a análise e a discussão geral acerca dos casos estudados, confrontando o estudo de referência e os dados encontrados na biografia apresentada no capítulo 2.

Por fim, são apresentadas as principais conclusões do estudo e sugestões referentes à implementação do BIM em escritórios de arquitetura em Maceió.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta a base teórico-conceitual que fundamenta o presente trabalho. Nele serão abordadas as questões referentes desde o processo de projeto, passando pela discussão acerca da evolução da representação e das ferramentas de projeto, até chegar no BIM, seus princípios e sua implantação nos escritórios de arquitetura.

2.1. O processo de projeto

O conceito de **projeto** foi apresentado por diversos autores a partir de pontos de vistas variados, de acordo com a época e área de conhecimento nas quais o termo foi atribuído. Lawson (2005) definiu a ação de projetar como um processo mental de ordenação de ideias por meio da manipulação de informações de diferentes naturezas, com a finalidade de conceber um produto. Para o autor, o projeto pode ser descrito por dois aspectos: o primeiro como *produto* (a partir da realização de uma solução) e o segundo como *processo* (a partir da procura respostas que resolvam problemas).

Para a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1977), o projeto foi definido como uma descrição quantitativa e qualitativa dos atributos técnicos, financeiros e econômicos de um produto de arquitetura e engenharia fundamentado em estudos, informações, elementos, representações, especificações técnicas, cálculos, disposições especiais e normas.

Para Rodriguez (1992), o projeto foi definido como uma técnica para o desenvolvimento de ideias que passa pelas fases de: idealização, simulação (que visa a análise) e implementação (escala de produção).

Melhado (1994), conceituou o projeto como uma atividade que faz parte do processo de construção, na qual o mesmo é responsável pela produção, organização, registro e exteriorização das peculiaridades físicas e tecnológicas definidas para uma construção, que devem ser levadas em consideração na fase de execução.

Oliveira (2005) apresentou duas abordagens do conceito de projeto referentes à construção, sendo a primeira ligada ao conjunto de dados técnicos e geométricos, que singularizam a edificação, e a segunda a partir da análise projetual como um processo de busca de técnicas e métodos construtivos com a finalidade de conceber um produto final que atenda às necessidades previamente dispostas.

Entretanto, Tzortzopoulos (1999) destacou dois padrões inseridos no conceito de projeto: o projeto como *técnica criativa*, o qual é fundamentado na representação de modelos

pelos projetistas a partir de informações previamente determinadas, e o projeto como *processo gerencial*, que é criado por um conjunto de etapas com nível gradativo de detalhamento.

O processo de criação projetual baseia-se na atuação de dois fatores complementares: reconhecimento do problema e concepção da solução. Esses componentes, problema e solução, são interligados e podem ser elaborados de maneira conjunta a partir de croquis, desenhos técnicos e modelos (TZORTZOPOULOS, 1999).

Para Tzortzopoulos (1999), o processo de criação do projeto engloba o estágio de análise, onde há o entendimento do problema a partir da coleta de informações, com posterior cruzamentos e análises das mesmas, seguida da síntese, com a elaboração de soluções. Por fim, a avaliação, onde ocorre a averiguação do desempenho da solução.

Fabricio (2002) salientou que, dentre as principais competências intelectuais exercidas no ato de projetar, destacam-se a aptidão analítica e de síntese (idealizando o problema a partir dos dados fornecidos), a capacidade criativa, o raciocínio, o conhecimento sobre o assunto (produzido por experiências passadas dos projetistas), a representação e a forma como as soluções são comunicadas.

A maneira como as soluções são representadas e comunicadas no projeto é fator essencial no processo projetual. Esta é concebida, geralmente, por meio de desenhos e esquemas que objetivam a exteriorização da criação e a interação com a própria criatividade. Do mesmo modo, a solução pode ser transmitida a outros agentes participantes que podem acrescentar novos elementos e exercer influência na solução inicial, o que faz do projeto um processo de participação social que resulta da interação entre vários agentes. Dessa forma, o processo de projeto configura-se como uma atividade multidisciplinar e resultante da comunicação de um número cada vez mais elevado de profissionais especializados com auxílio constante de novos recursos e equipamentos tecnológicos (FABRICIO, 2002).

A partir de uma visão contemporânea, podemos conceituar o projeto como uma consequência das atividades mentais peculiares de cada projetista e, também, da interação entre os diversos agentes ligados ao projeto, além do ambiente técnico que apoia esses processos mentais (FABRICIO, 2002).

2.1.1. Importância do projeto para a edificação

O projeto possui papel indispensável na definição do produto final, o qual permite a otimização dos métodos construtivos e contribui de forma direta com o aumento da satisfação dos indivíduos que utilizam a edificação (OLIVEIRA, 2005).

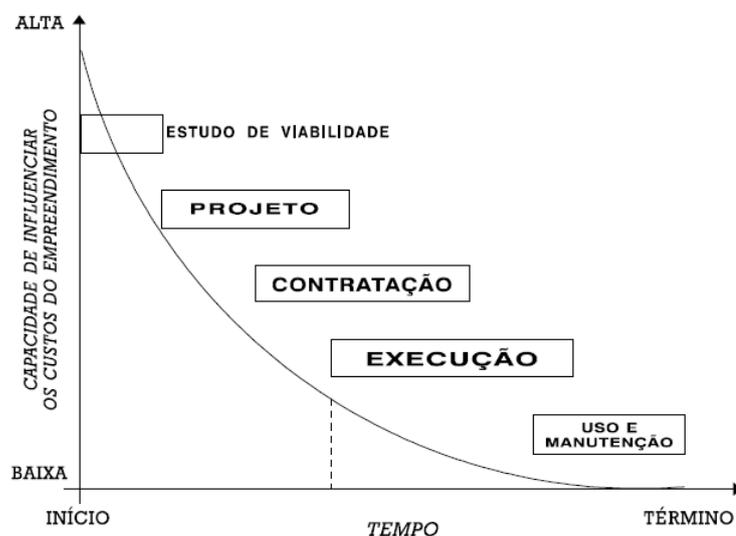
As primeiras etapas de definição do projeto são as que conferem maior agregação de valor ao produto avaliado pelo cliente. Outrossim, Melhado (1994) destacou que a qualidade do produto final está profundamente ligada ao processo de desenvolvimento do projeto.

Dessa forma, o projeto pode ser observado como um procedimento estratégico que reflete as necessidades do empreendedor por meio do reconhecimento das exigências dos clientes e como um processo produtivo que objetiva a eficiência dos métodos que serão utilizados e gerarão o produto final, antecipando a construção a partir de representações (MELHADO, 1994). Nesse sentido, Barros (1999) destacou que o projeto é um componente estratégico no processo de atualização tecnológica da indústria da construção civil, sendo o método de projeto um componente estratégico que auxilia na obtenção de maiores níveis de competitividade.

Melhado (2001), Fabricio (2002) e Oliveira (2005) afirmaram que o projeto interfere em todo o processo de produção das construções, uma vez que nele estão definidos os métodos construtivos e os materiais que serão utilizados na edificação, fato que agrega qualidade e eficiência na execução, além de ter influência direta nos custos da obra.

A possibilidade de antecipar soluções projetuais, a partir do reconhecimento de problemas nas primeiras fases de projeto, contribui significativamente para a diminuição dos custos da obra. Assim, quanto mais rápido os problemas forem constatados e suas soluções encontradas, maiores serão os ganhos no custo final da construção (OLIVEIRA, 2005). A Figura 2 mostra a capacidade da interferência do projeto com relação aos custos e ao tempo, conforme as fases de projeto.

Figura 2: Capacidade de influenciar o custo final de um empreendimento de edifício ao longo de suas fases.



Fonte: Melhado, 1994.

2.1.2. Etapas do processo de projeto

Não existe um consenso quanto às subdivisões das etapas do processo de projeto, variando segundo a abordagem de cada autor. Nesse sentido, tratamos de apresentar algumas das subdivisões encontradas na literatura.

De acordo com a NBR 13.531 (ABNT, 1995), as etapas de projeto podem ser subdivididas em: levantamento, programa de necessidades, estudo de viabilidade, estudo preliminar, anteprojeto, projeto legal, projeto básico (não obrigatório) e projeto executivo.

Melhado (1994) considera como etapas do processo de projeto: programa de necessidades, estudo preliminar, anteprojeto, projeto executivo, projeto produtivo; planejamento, execução e entrega. Para Tzortzopoulos (1999), as etapas de projeto englobam: planejamento, concepção do empreendimento, estudo preliminar, anteprojeto, projeto legal, acompanhamento de obra e acompanhamento de uso.

Fabricio (2002) divide as atividades de projeto em: criação do negócio e elaboração do programa (aspectos financeiros e escolha das características do produto); projeto do produto (projeto em si), orçamento (verificação de custos), projeto de produção (escolha dos materiais, escolha das ferramentas necessárias e pormenores de construtibilidade), planejamento de obra (delimitação e acompanhamento de cronogramas e fluxo orçamentário), projeto “as built”, e, por fim, avaliação pós ocupação. Ademais, ainda há a etapa de inepção – imprescindível ao projeto –, na qual ocorre a averiguação da viabilidade do empreendimento com relação à demanda de consumidores (FABRICIO, 2002).

2.1.3. O processo de projeto e os agentes envolvidos no empreendimento

Assim como em outros setores industriais, na indústria da construção civil é observado o crescimento da complexidade, de organizações e do volume de informações para obtenção do produto final (KASSEM; 2015). Dessa forma, é importante destacar a necessidade de se modelar os processos de projeto, com o intuito de conferir melhorias no gerenciamento. Kassem (2015) destacou que, ao modelar o processo de projeto, é possível obter uma referência que auxiliará na tomada de decisões e que, ao arquivar informações, estas poderão ser utilizadas futuramente no planejamento de novas construções, otimizando a destinação de recursos.

Inúmeros agentes contribuem no processo de projeto de uma obra, cujas contribuições variam a depender de cada fase de desenvolvimento da construção. Para Fabricio (2002), existem três “esferas” de desenvolvimento de uma construção, as quais são gerenciadas por esses diversos agentes: projeto do produto, operação imobiliária e a própria construção.

Segundo Melhado (1994), são quatro os principais agentes que agem no decorrer do desenvolvimento de uma edificação: os indivíduos responsáveis pelo projeto, os empreendedores, os construtores e os usuários. Porém, podemos destacar, ainda, os fomentadores das construções, que são os agentes que elaboram o conceito do produto.

Nesse sentido, os fomentadores são os agentes responsáveis por procurar o terreno e, baseando-se na análise do mercado imobiliário, montam um programa de necessidades que contém as características principais do produto que desejam construir, a depender da sua localização e da demanda reconhecida. O programa de necessidades envolve questões relacionadas ao negócio, como: público-alvo, terreno, espaço demandado, questões funcionais, orçamento e prazo disponível. Assim, o programa de necessidades serve como suporte para o trabalho dos projetistas para elaboração do empreendimento.

Para efetiva realização de projetos, os fomentadores contratam profissionais especializados em diferentes disciplinas da construção civil: arquitetura, estrutura, instalações prediais etc. Contudo, a configuração das equipes de projeto pode variar dependendo do empreendimento. Cada profissional é responsável pela elaboração do projeto de sua área específica e sua atuação acontece gradualmente, em conformidade com as etapas da construção.

Um dos maiores desafios no processo de projeto é justamente a segmentação desses profissionais da construção civil, os quais estão vinculados a diferentes empresas que, comumente, estão situadas em diferentes localidades, provocando a atuação separada desses profissionais.

No geral, o gerenciamento das informações acontece de maneira diferenciada por cada um desses agentes, a depender da sua formação. Este é um dos fatores que podem gerar dificuldades na comunicação e problemas de incompatibilidade de projetos. Assim, é fundamental o intercâmbio de informações de maneira sistemática e a colaboração entre os indivíduos envolvidos na construção da obra (TZORTZOPOULOS, 1999).

Ademais, nos projetos atuais, as atividades estão cada vez mais particularizadas, observando-se aumento na variedade de profissionais especialistas. O envolvimento de cada um no processo integral torna-se cada vez menor. Assim, o montante de informações isoladas a serem distribuídas e compatibilizadas torna-se cada vez maior. Desta forma, os documentos de projeto passam por muitas alterações, de acordo com o avanço e a introdução de novos agentes contribuintes no processo (GRILO, 2002).

Conforme Tzortzopoulos (1999), boa parte dos projetistas atribuem as falhas e incompatibilidades de projeto à carência de integração entre os profissionais a partir das primeiras etapas de projeto e, também, à quantidade reduzida de informação disponíveis.

Outrossim, os projetistas apontam dificuldades na comunicação entre os agentes participantes. Além disso, a autora afirma que os projetistas também atuam de maneira restrita nos campos que lhe competem, não permitindo a obtenção de um olhar integral do processo em que estão envolvidos.

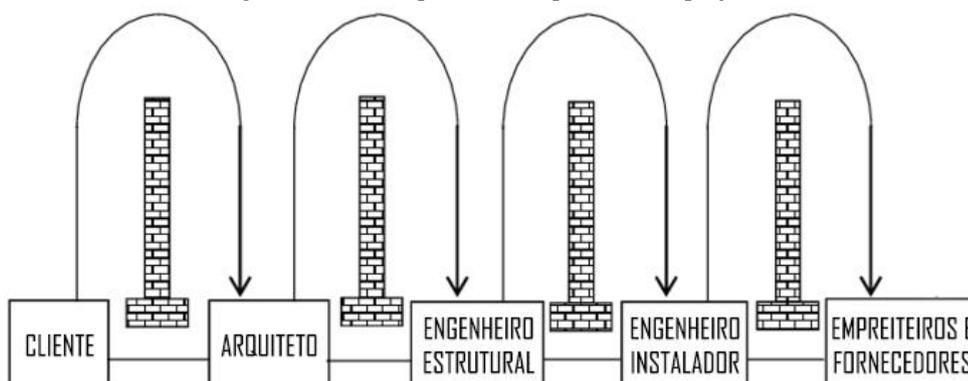
O processo de projeto é um componente de grande relevância para conformação final da construção. Entretanto, este encontra-se, em diversas ocasiões, nas mãos de projetistas que comumente não possuem conhecimento suficiente dos aspectos da construtora para a qual desempenham serviços, no tocante ao sistema de produção da empresa e à integração com os outros projetos e profissionais que participarão do processo (FABRICIO, 2002).

Os profissionais de projeto estão se distanciando das decisões estratégicas na indústria da construção civil e aumentando cada vez mais o foco nas especialidades inerentes às suas formações, reduzindo a visão do “todo”. Assim, é necessário investir em ferramentas e métodos que facilitem a integração e a compatibilização de dados, em decorrência da grande variedade dos especialistas atuantes (GRILO, 2002).

A carência de planejamento, a integração limitada entre os profissionais, a segmentação entre etapas sequenciais e os desafios na integração entre o projeto e a construção provocam a fragilidade na qualidade dos processos de projetos que repercute, de forma direta, na qualidade da obra (GRILO, 2002).

Evbuomwan e Anumba (1998) desaprovam a forma como o processo de projeto é desenvolvido, baseado em fases sequenciais (Figura 3). Neste método, o projeto é elaborado pelos arquitetos e os dados são repassados aos demais projetistas para a complementarem o trabalho. Esse fato impede uma maior colaboração entre os profissionais nas primeiras soluções criadas. Diversas desvantagens desse processo de projeto estão relacionadas aos problemas de comunicação entre os profissionais, à fragmentação do processo, às considerações atrasadas de aspectos referentes à construtibilidade e, por fim, aos problemas na troca e validação dos dados.

Figura 3: Fases sequenciais do processo de projeto.



Fonte: Evbuomwan e Anumba, 1998. Adaptado pelo autor, 2019.

Verifica-se que, nesse processo sequencial e fracionado, a possibilidade de colaboração entre os agentes envolvidos é demasiadamente reduzida e problemática. Assim, as propostas de modificações feitas por um profissional de determinada especialidade demandam a revisão de projetos até mais amadurecidos de outros profissionais, fato que provoca retrabalho excessivo e o atraso em toda produção (FABRICIO, 2002).

Evbuomwan e Anumba (1998) salientaram a necessidade urgente de implementação de estratégias que facilitem a integração entre os variados profissionais desde as primeiras etapas de projeto e sugerem um modelo fundamentado no trabalho participativo dos indivíduos envolvidos utilizando-se o projeto como componente central.

Dessa forma, o processo de projeto deve acontecer com a participação de todos os envolvidos, permitindo a criação de um produto com mais qualidade. Essa cooperação entre os profissionais favorece a troca de informações e maior consistência nas decisões projetuais, envolvendo, também, o cliente e a obra.

2.1.4. A relação entre projeto e produção

Muitos projetos desenvolvidos na construção civil não levam em consideração as técnicas de construção que serão utilizadas para a execução das obras (FABRICIO, 2002). A inexistência de detalhamentos de projeto que auxiliem na obtenção de informações para a construção do empreendimento faz com que profissionais que comumente atuam na execução de obras (engenheiros, mestres de obras, pedreiros) tenham a obrigação de improvisar soluções que deveriam ser previamente discriminadas no projeto (FABRICIO, 2002). Várias decisões são adiadas para a fase de obra, segregando as atividades e os profissionais de projeto e os de construção, provocando inúmeras dificuldades e erros de execução de obra (OLIVEIRA, 2005).

Barros (1999) destaca que existe grande descontentamento por parte das empresas em relação aos projetos para execução, uma vez que, quando entregues, os mesmos não atendem inteiramente à produção.

Existe forte tendência de maiores investimentos em projetos desenvolvidos para produção nas empresas da indústria da construção. Contudo, diversos projetos para produção não têm êxito no canteiro de obras, haja vista que, apesar de disponibilizar informações e modulações, esses projetos muitas das vezes não são suficientes para a execução precisa do serviço pelos agentes envolvidos. Vale salientar que, diversas vezes, os projetos para a produção são desenvolvidos apenas após as compatibilizações, na fase de projeto executivo, limitando

ganhos com racionalização, o que não aconteceria se a produção estivesse previamente embutida em etapas anteriores (BARROS, 1999).

Além disso, a carência de conhecimento dos projetistas referente às técnicas construtivas e o afastamento dos arquitetos projetistas de aspectos pertinentes à obra provocam soluções de projeto que não funcionam no canteiro de obras. Dessa forma, o projeto, na obra, é considerado um guia que sofre diversas modificações em decorrência da execução.

Observa-se, portanto, que é necessário compreender, de modo integrado, os processos de projeto e produção para que as soluções produzidas sejam executadas efetivamente e colaborem para a melhoria dos processos, para a diminuição dos custos e para a melhoria na qualidade das obras.

2.1.5. Evolução da representação e das ferramentas de projeto

A representação gráfica em duas dimensões para a elaboração de projetos consiste no desenvolvimento de plantas, cortes e fachadas, tanto para a análise, quanto para o produto da proposta de projeto. Como em um processo tradicional, sem o uso de equipamentos computacionais, existe o registro da informação a partir de desenhos bidimensionais através de um processo de abstração e memorização do profissional projetista. Embora seja possível a inserção de automação do processo no CAD 2D, o produto final é a ilustração abstrata que reduz todas as informações espaciais referente às construções: plantas, cortes e fachadas. Assim, os agentes incluídos no processo são impostos a efetuar a mesma abstração para entenderem o projeto e ler as formas e os detalhes construtivos a partir de simbologias e desenhos bidimensionais (FERREIRA, 2007).

Entretanto, não há dúvidas de que os computadores foram de extrema importância para o mercado de arquitetura. O fato é que a evolução de softwares para projetos possibilitou uma grande melhoria na representação de desenhos, como será abordado a seguir.

2.1.5.1. CAD 2D

O sistema CAD (*Computer Aided Design*) surgiu na década de 1960 com o primeiro software em CAD, o Sketchpad (Figura 4), desenvolvido por Ivan Sutherland (SUTHERLAND, 2003).

Figura 4: Utilização do Sketchpad – Software em CAD.



Fonte: Sutherland, 2003.

De acordo com Ferreira (2007), os sistemas CAD apresentam funções que facilitam diversos serviços para o projetista, sejam a partir de representações bidimensionais ou tridimensionais, como, por exemplo, o cálculo de volumes e áreas, que simplificam e auxiliam a tomada de decisões.

O CAD é definido por Groover (2001) como toda atividade de projeto que abrange a utilização de um sistema computacional para criar, modificar, analisar e documentar projetos para construções de obras. Ainda segundo o autor, o projeto auxiliado por computador apoia o profissional de projeto na elaboração do produto e seus elementos em um prazo menor, bem como o desenvolvimento de um maior número de possibilidades de projeto no decorrer do processo de concepção do mesmo. Além disso, tem o potencial de conferir desenhos de forma padronizada, garantindo maior legibilidade e resultando em melhorias na documentação de projetos, em comparação aos projetos representados com desenhos manuais.

Quando a prancheta eletrônica passou a ser utilizada no setor da construção civil, os escritórios de arquitetura e de engenharia trocaram vários projetistas de pranchetas por um número menor de funcionários usuários de CAD, ainda que pagando salários maiores. Entretanto, estes profissionais apresentavam maior produtividade, tornando os escritórios mais competitivos no mercado (ITO, 2007).

A utilização da modelagem da informação da construção na elaboração de projetos, poderá trazer transformações estratégicas aos escritórios de projeto, tendo em vista que o

sistema exige novas formas de organizar e pensar o projeto e a equipes de profissionais que irão desenvolvê-lo, além de exigir maiores investimentos em equipamentos (ITO, 2007).

Mesmo com todo desenvolvimento tecnológico presente na atualidade, os sistemas CAD 2D ainda são bastante utilizados, no Brasil, para fins de representação e documentação de projetos. Este fato pode ser compreendido devido, em parte, à falta de revisões curriculares nas universidades, à atualização dos profissionais do setor construtivo ou à resistência às mudanças – o que podem constituir futuros temas de pesquisa (MARTINS, 2011).

2.1.5.2. CAD 3D

A utilização do CAD 3D, apesar de ser muito conhecido na construção civil, é utilizado com mais assiduidade para estudos de volumetrias e para apresentações de maquetes eletrônicas e fotos realistas (FERREIRA, 2007). Além disso, as representações tridimensionais possibilitam que os leigos em leitura de representações técnicas entendam o projeto mais facilmente.

O projeto tridimensional contribui para a percepção e na compreensão do espaço, além de proporcionar a criação de soluções mais adequadas às peculiaridades dos usuários e dos clientes (SOUZA, 2009). Ademais, os sistemas CAD podem criar objetos 3D por meio de técnicas para a composição de sólidos e superfícies. Estas são ferramentas baseadas em elementos primitivos, como linhas, pontos, círculos etc. Um modelo desenvolvido por meio de uma ferramenta CAD 3D é apenas uma representação de componentes geométricos, no qual não é possível inserir muitas informações acerca do edifício. A partir dele pode-se extrair plantas, cortes e fachadas. Contudo, faz-se necessário editar e inserir informações em textos bidimensionais para que os projetos sejam completados (TSE, 2005).

A utilização de sistemas CAD para a modelagem de objetos 3D permite ao usuário a criação e as alterações dos modelos geométricos do projeto e dos seus componentes, a partir de elementos primitivos disponíveis na ferramenta (GROOVER, 2001). Entretanto, softwares baseados em objetos são mais aprimorados e apropriados para a projeção de obras, uma vez que possuem a capacidade de armazenar dados nos próprios modelos tridimensionais desenvolvidos.

Cabe ressaltar que os softwares baseados em elementos primitivos, a exemplo do AutoCAD e o Microstation, foram criados entre os anos 1980 e 1990 – praticamente na mesma época que os programas baseados em objetos, como o ArchiCAD e o Allplan, que são sistemas BIM (TSE, 2005).

Entretanto, os programas baseados em objetos requerem maior potencial de processamento em hardware e, conseqüentemente, mais memória e recursos gráficos. A obtenção desses recursos não era possível em épocas anteriores. Outrossim, sua implementação exigia a padronização de processos projetuais – outro aspecto que impediu que o BIM fosse aceito pelo mercado e recebesse mais atenção no seu desenvolvimento, sendo, então, mais recorrente em ambientes acadêmicos (TSE, 2005).

De acordo com Tse e Wong (2005), os softwares baseados em entidades primitivas passaram a ser utilizados de maneira crescente e definitiva, com a vantagem de serem mais leves e com custos mais baixos em comparação às ferramentas baseada em objetos, o que resultou na adoção de formatos CAD como padrão no setor construtivo.

Para Kymmel (2008), a visualização computacional em três dimensões possibilitada pelos programas eletrônicos também pode ser considerada como um problema para alguns projetistas, pois os modelos projetados apontam visivelmente as incompatibilidades e erros apresentados no projeto, fazendo com que respostas imediatas precisem ser tomadas. Logo, é fundamental que o usuário possua certo nível de entendimento projetual e de execução de obras para apresentar soluções de projeto; fato que pode ocasionar em um tempo maior para o desenvolvimento do modelo.

Além disso, Goetze (2014) acredita que existe uma discrepância tecnológica com relação ao ensino nas universidades e a realidade no mercado construtivo. Para o autor, as universidades não preparam os profissionais recém graduados para o uso das ferramentas tecnológicas mais atuais, sendo também um obstáculo na contratação de profissionais especializados em softwares tridimensionais de projeto.

2.1.5.3. BIM

A sigla BIM, em português, significa Modelagem de Informação da Construção. Para muitos, o termo BIM parece ser recente, mas essa metodologia de projeto era discutida desde 1974, quando o professor Charles M. Eastman criou o conceito de modelagem de informação. Para Eastman (2014), “a proposta do BIM é otimizar o processo e a produtividade na indústria da construção civil”.

Ainda segundo o autor, os objetos paramétricos são bases para as ferramentas BIM, as quais possuem um conjunto de famílias de objetos previamente definidos, contendo características específicas. Existem softwares em BIM desenvolvidos para disciplinas de arquitetura, estrutura, instalações prediais e entre outros. Há também ferramentas BIM que

englobam praticamente todas as disciplinas necessárias para o desenvolvimento de projetos construtivos.

As ferramentas ou softwares adotados para a elaboração de modelos BIM foram elaborados por empresas de diversas naturezas, abrangendo todas as partes que compõem as dimensões do BIM. Dessa forma, as empresas desenvolvem ferramentas para produção de projetos, planejamento, análise de custos e outros fins (EASTMAN, 2014).

O Georgia Institute of Technology (GIT), situado em Atlanta-EUA, adota a seguinte classificação para os softwares em BIM (GIT, 2014):

- Softwares preliminares;
- Softwares de projeto arquitetônico;
- Softwares de projeto estrutural;
- Softwares BIM de construção;
- Softwares para fabricação;
- Softwares de análise ambiental;
- Softwares de gerenciamento;
- Softwares de orçamento e especificação;
- Softwares de gerenciamento de manutenção e operação das construções;
- Softwares para projetos de instalações prediais.

No Quadro 2 foram elencadas as inúmeras opções de programas computacionais utilizados para a elaboração de projetos em BIM disponíveis no mercado, atualmente.

Quadro 2: Softwares em BIM disponíveis no mercado para a elaboração de projetos em BIM.

DISCIPLINA	SOFTWARE	FABRICANTE
ARQUITETURA	AllPlan	Nemetschek Company
	ArchiCAD	Graphisoft
	AECOsIm	Bentley Systems
	DDS-CAD Architecture	Nemetschek Company
	Digital Project	Gehry Technologies
	Revit Architecture	Autodesk
	Vectorworks	Nemetschek Company
ESTRUTURA	AllPlan	Nemetschek Company
	AECOsIm	Bentley Systems
	CAD/TQS	TQS Informática Ltda
	Eberick	AltoQi
	ProSteel 3D	Bentley Systems
	Revit Structure	Autodesk
	Tekla Structures	Tekla
INSTALAÇÕES COMPLEMENTARES	ArchiCAD MEP	Graphisoft
	AutoCAD MEP	Autodesk
	AECOsIm	Bentley Systems
	DDS-CAD	Nemetschek Group
	Revit MEP	Autodesk
	QiBuilder	AltoQi
COMPATIBILIZAÇÃO, GERENCIAMENTO, PLANEJAMENTO E CONSTRUÇÃO	Navisworks	Autodesk
	ProjectWise Navigator	Bentley Systems
	Solibri Model Checker	Nemetschek Group
	Synchro Professional	Synchro Ltd
	Vico Office	Vico Software
COMPARTILHAMENTO DE MODELOS BIM	EDM Server	Jotne
	Open Source BIMserver	BIMserver
	Revit Server	Autodesk
	Teamwork	Graphisoft

Fonte: Silva, 2016. Adaptado pelo autor, 2019.

2.1.5.3.1. Exemplos de softwares em BIM para projetos arquitetônicos:

Para o desenvolvimento de projetos arquitetônicos, no contexto brasileiro, podem-se citar os seguintes programas computacionais em BIM como os mais utilizados: Revit Architecture, da Autodesk; ArchiCAD, da Graphisoft; e Vectorworks, da Nemetschek.

O Revit Architecture é o software em BIM mais disseminado no Brasil (KASSEM, 2015). É constituído por famílias de objetos e diversos tipos pertencentes às famílias. Famílias são os componentes construtivos (paredes, portas, janelas, pilares, vigas e outros) e os tipos são as variações desses componentes (parede internas ou externas, janela de correr, janela basculante, porta de madeira, porta de alumínio de 70cm e outros) (EASTMAN, 2014).

As famílias de objetos apresentam propriedades paramétricas fixas, contudo é permitido a alteração de valores ou a criação de outros tipos de objetos. Outrossim, também há a possibilidade de alterar uma família e gerar novos parâmetros, o qual também pode ser realizado utilizando fórmulas, “fixando” forma com que a família de objetos se comporta, conforme a necessidade do usuário.

Diversos fabricantes do setor construtivos já desenvolvem e disponibilizam bibliotecas com seus componentes, tendo em vistas que a elaboração de famílias a partir do software Revit é necessária para que o software seja utilizado no Brasil, uma vez que boa parte dos componentes existentes na biblioteca padrão da empresa Autodesk é originado nos EUA, seguindo normas e modelos padrões deste país (KASSEM, 2015).

Cabe destacar que a ferramenta BIM permite a extração de dados dos objetos a partir de tabelas, as quais podem ser utilizadas em outros programas. Os relatórios criados podem ser exportados como diversos formatos computacionais, como o HTML¹ e o TXT². A ferramenta também permite que sejam exportados arquivos no formato IFC³ (EASTMAN, 2014).

A ferramenta Graphisoft ArchiCAD foi lançada em 1984 e foi o primeiro software BIM disponível no mercado. Trata-se de um software bastante utilizado no continente europeu (EASTMAN, 2014).

Assim como o Revit, o software gera automaticamente plantas, cortes, fachadas, tabelas de componentes e esquadrias, renderizações e animações. Enquanto os projetos são modelados, a documentação é gerada de automaticamente. A cada alteração no modelo virtual,

¹ *Hypertext Markup Language*. Em português, Linguagem de Marcação de Hipertexto.

² Documentos de texto simples.

³ *Industry Foundation Classes*. Foi desenvolvido pela buildingSMART® e fornece uma solução de interoperabilidade entre diferentes aplicativos de software. O formato estabelece padrões internacionais para importar e exportar objetos de construção e suas propriedades. Disponível em: <https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/revit-products/learn-explore>. Acesso em: 14 set. 2019.

as plantas, os cortes, as fachadas e todas as demais vistas são automaticamente atualizadas (CRESPO; 2007).

A ferramenta requer o mesmo tipo de elaboração projetual apresentado pelo software Revit com relação às bibliotecas. O desenvolvimento de objetos parametrizados pelo ArchiCAD pode ser feito por meio de GDL⁴, porém demanda habilidade técnica e de programação, tornando o serviço mais complexo. Contudo, como o software existe há mais tempo, há uma grande variedade de elementos e bibliotecas disponíveis. Tanto o ArchiCAD, como o Revit, possui ferramentas que permitem aos projetistas trabalhem simultaneamente no desenvolvimento do mesmo projeto (EASTMAN, 2014).

O Vectorworks é um software em CAD desenvolvido pela empresa alemã Nemetschek. É utilizado para a elaboração e documentação de projetos. De forma similar aos programas apresentados acima, também possibilita o armazenamento de uma infinidade de dados e a visualização de representações bidimensionais e do modelo através de perspectivas, além de tabelas e planilhas (EASTMAN, 2014).

O Vectorworks possibilita a importação e exportação de dados de outros programas, gerando arquivos com as terminações DWG⁵, DXF⁶ e IFC (NEMETSCHEK, 2018).

Essa ferramenta BIM é considerada um programa do tipo WYSIWYG, que significa “o que se vê é o que se obtém”. Assim, em qualquer etapa do projeto, o desenho que está sendo visto na tela equivale ao que será obtido no momento da impressão da vista, incluindo espessuras de linha, cores, fontes e vários outros elementos gráficos (NEMETSCHEK, 2018).

Grande parte dos usuários do Vectorworks o utilizam como um software CAD híbrido. Assim, a ferramenta é usada para a elaboração de um modelo de visualização para estudo e, posteriormente, o transforma em representações em CAD 2D. Também há usuários quem o utilizam apenas como ferramenta 2D, sem ter conhecimento que o Vectorworks também pode ser utilizado para o emprego dos conceitos BIM (EASTMAN, 2014).

2.1.5.3.2. Exemplos de softwares em BIM para projetos estruturais

Para elaboração de projetos estruturais, no Brasil, as ferramentas BIM mais utilizadas são: CAD/TQS, Eberick, Revit Structure e Tekla Structures.

⁴ *Geometric Description Language*.

⁵ A Autodesk criou o formato .dwg em 1982, quando lançou o software AutoCAD. Os arquivos DWG contêm todas as informações que o usuário insere em um desenho CAD. É um dos formatos de dados de projeto mais usados, encontrado em quase todos os ambientes de projeto. Disponível em: <https://www.autodesk.com.br/products/dwg>. Acesso em: 14 set. 2019.

⁶ *Drawing Exchange Format*. É um arquivo de intercâmbio para modelos de CAD.

O CAD/TQS é um software computacional utilizado para o desenvolvimento de projetos estruturais de concreto em alvenaria estrutural, armado e protendido. O software é desenvolvido e pertencente à empresa brasileira TQS Informática Ltda. Segundo a mesma, a ferramenta abrange todas as fases de um projeto, desde a criação da estrutura, passando pelo estudo de esforços e flechas, o dimensionamento e o detalhamento de armaduras, até a produção do projeto final. É um programa integrado e completo para a projeção em BIM, não apenas de uma ferramenta de análise ou de representação (TQS, 2018).

O Eberick é um software em BIM pertencente à empresa brasileira AltoQi. O software foi desenvolvido para produção de projetos de estruturas em concreto armado pré-moldado ou moldado *in loco*, estruturas mistas e alvenaria estrutural, com ferramentas que englobam todas as fases do projeto (ALTOQI, 2018).

O Revit Structure é outro programa da Autodesk fundamentado no conceito BIM, o qual é usado para elaboração de projetos estruturais, desenho e documentação. O software possibilita a modelagem em três dimensões a partir de arquivos no formato CAD e DWG ou a partir da conexão direta aos modelos tridimensionais do programa Revit Architecture, na qual atualizam os modelos e as demais informações do projeto automaticamente (AUTODESK, 2018).

O programa Tekla Structures engloba o projeto estrutural integralmente, possibilitando o detalhamento dos elementos estruturais abrangendo todos os dados necessários para a sua fabricação, sobretudo de estruturas metálicas. Após a criação dos modelos, o software gera representações automáticas de montagem e de fabricação, além de listas de materiais (TEKLA, 2018).

2.1.5.3.3. Exemplos de softwares em BIM para projetos complementares

Para elaboração de projetos complementares podemos destacar os softwares: Revit MEP, da Autodesk; ArchiCAD MEP, da Graphisoft; DDS-CAD MEP; e QiBuilder, da AltoQi.

O Autodesk Revit MEP foi desenvolvido para a criação de sistemas hidráulicos de modo automático, a partir da escolha dos equipamentos hidráulicos integrantes, e permite diferentes alternativas de *layout*. Contudo, faz-se necessário o desenvolvimento de componentes que estejam em conformidade com os padrões do setor da construção civil brasileira ou o *download* gratuito de objetos elaborados pelos fabricantes nacionais. O programa possibilita a checagem de interferências, a geração de dados quantitativos, de incompatibilidades e a exportação de informações para estudo de desempenho em outros programas (AUTODESK, 2018).

A ferramenta MEP para o ArchiCAD possibilita aos usuários a elaboração, edição ou importação de sistemas hidráulicos, dutos e tubulações, em coordenação com o Virtual ArchiCAD Building. O software também permite a checagem de erros projetuais, bem como a importação de arquivos em 3D do AutoCAD MEP, por meio do formato IFC. Contudo, esse software foi desenvolvido para que os usuários coordenem os projetos de disciplinas complementares em um sistema comum ao ArchiCAD (GRAPHISOFT, 2018).

O DDS-CAD MEP trata-se de um software BIM originado na Noruega, destinado à projeção de disciplinas de instalações prediais. Diferente de outros programas de projetos complementares, o DDS-CAD MEP é uma plataforma autônoma, não uma ferramenta ou um plug-in de outro produto que depende de outros softwares CAD ou BIM (DATA DESIGN SYSTEM, 2018). O software possibilita o desenvolvimento de modelos de construção de modo direto ou a execução de projetos em plantas bidimensionais ou modelos tridimensionais importados de projetos de arquitetura ou de estrutura. A ferramenta BIM suporta a importação de arquivos no formato DWG ou DXF. Além disso, permite a importação e exportação no formato IFC a partir de um arquivo ou a partir de uma conexão com um servidor de modelo BIM (DATA DESIGN SYSTEM, 2014).

O QiBuilder é um programa com sistema BIM desenvolvido pela AltoQi, com o qual é possível desenvolver projetos hidráulicos, sanitários, elétricos, de alvenaria estrutural e cabeamento estruturado, além de projetos de SPDA, prevenção de incêndio e gás.

2.1.5.3.4. Exemplos de softwares em BIM para compatibilização, gerenciamento, planejamento e execução de obras:

Para compatibilização, gerenciamento, planejamento e execução de obras, podemos destacar os seguintes softwares: Navisworks, da Autodesk; e Solibri Model Checker, da Nemetschek.

O Navisworks possibilita que os modelos elaborados de diversas disciplinas sejam unidos em um único modelo de informação da construção, no qual o mesmo é sincronizado. O software permite que os membros da equipe que estão desenvolvendo os projetos compartilhem, integrem, revisem e otimizem os modelos de projeto. Além disso, os recursos do Navisworks possibilitam a coordenação, a simulação da construção e a análise de todo o modelo para revisão de projetos integrados. O programa apresenta ferramentas para a incorporação de cronogramas aos modelos, a identificação, a coordenação de conflitos e interferências, a colaboração e uma visão integral sobre os possíveis problemas (AUTODESK, 2018).

O Solibri auxilia na visualização e na checagem de problemas construtivos, antes e durante à execução da obra. O software também é capaz de fornecer informações que podem ser extraídas ao longo do ciclo de vida do empreendimento e utilizado para diversas atividades que compreendem, por exemplo, cálculo de áreas, acessibilidade e análise da construção quanto ao código de obra. O programa é considerado uma relevante ferramenta BIM, visto que abrange o modelo de coordenação e de navegação, bem como a checagem de interferências. Além disso, tem a capacidade de validar informações pertinentes ao modelo (NEMETSCHEK, 2018).

A ferramenta BIM também pode ser usada para análises orçamentárias e de quantificações. O programa pode ser ajustado para validação de modelos para diversos fluxos de trabalho, como por exemplo: análises de estrutura, de energia ou de agendamento 4D (NEMETSCHEK, 2018).

2.1.5.3.5. Exemplos de softwares para compartilhamento de modelos BIM

Para compartilhamento de modelos BIM, destacamos os softwares: Revit Server, da Autodesk; Teamwork, da Graphisoft; e Open Source BIMserver, da BIMserver.

O Revit Server é uma ferramenta utilizada como servidor BIM para o software Revit que possibilita o compartilhamento de dados de baseados no servidor para projetos desenvolvidos somente no Revit (AUTODESK, 2018).

O modelo em BIM projetado no Revit pode ser acessado e editado por todos os componentes da equipe simultaneamente a partir do Revit Server. Com o compartilhamento de informações baseadas no servidor, várias instâncias do Revit Server são instaladas em locais distintos e configuradas a fim de possibilitar a execução de funções específicas que suportem a colaboração em projetos por meio de uma rede de área ampla do tipo WAN (AUTODESK, 2018).

O Teamwork, da Graphisoft, é o software de servidor para o ArchiCAD. O mesmo foi desenvolvido para permitir que vários indivíduos e equipes colaborem de forma efetiva em um único modelo BIM projetado com o uso da ferramenta ArchiCAD (GRAPHISOFT, 2018). O software é baseado em uma tecnologia cliente-servidor, na qual um ou mais aplicativos de servidores são conectados através da rede aos aplicativos clientes (GRAPHISOFT, 2018).

O Open Source BIMserver é um software com código aberto desenvolvido pela organização BIMserver, fundada na Holanda. Diferente dos exemplos anteriores, nesse modelo de servidor, que opera em IFC, são processadas diferentes disciplinas do modelo, armazenadas em um banco de dados. O sistema faz a integração dos modelos BIM mediante as solicitações dos usuários, que podem trabalhar em seus respectivos projetos, enquanto a base é atualizada

em tempo real. Os participantes podem receber notificações acerca das mudanças (BIMSERVER, 2018).

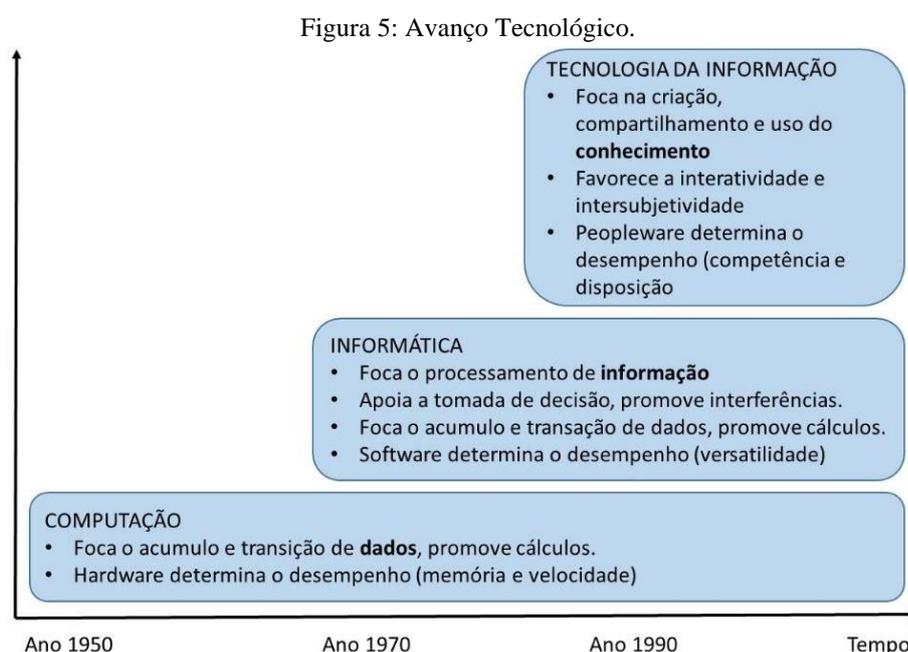
O modo de junção dos modelos demanda que os usuários convertam os modelos elaborados em BIM para o formato IFC, utilizando o programa em que o modelo foi criado. Para realização do processo contrário, do servidor para o programa BIM, o mesmo procedimento é requerido (BIMSERVER, 2018).

2.2. Tecnologia da informação

O desenvolvimento da tecnologia da informação é considerado um fator chave para o progresso da construção civil, uma vez que fornece o suporte à integração dos processos, bem como ao compartilhamento da informação, ao controle integrado e à colaboração. A tecnologia da informação é importante para a gestão do processo, o gerenciamento da informação e comunicação, a colaboração, o compartilhamento de conhecimento e a simulação (EASTMAN, 2014).

O modelo econômico e técnico da tecnologia da informação apareceu a partir da Revolução Industrial realizada pelos Estados Unidos, ainda no fim da Segunda Guerra Mundial, o que iniciou o processo de criação de novas indústrias. Estas mobilizaram a economia do país no pós-guerra, como as indústrias dos computadores eletrônicos, seus programas e equipamentos (PEREZ, 2009).

O avanço da tecnologia, seu desenvolvimento e o uso do computador deu-se por meio de diferentes estágios, de acordo como é demonstrado na Figura 5.



Fonte: SABBAG, 2007. Adaptado pelo autor, 2019.

2.2.1. Definição de tecnologia da informação

Segundo Nascimento (2003), o termo tecnologia da informação está ligado às tecnologias utilizadas para a coleta, o armazenamento, processamento e compartilhamento de dados eletronicamente. Para Laudon (2014), a tecnologia da informação pode ser caracterizada como um conjunto de elementos constituído por hardware e software, o quais são utilizados para capturar, processar, armazenar e disseminar dados como suporte às decisões.

De acordo com Sabbag (2007), a expressão tecnologia da informação surgiu em substituição à palavra informática. O objetivo principal da tecnologia de informação não era apenas gerenciar a informação, mas o conhecimento – fato que ocasionou uma nova ruptura, em decorrência dos estudos ligados à inteligência artificial.

A tendência do aumento do uso da tecnologia da informação confirmou-se em meados da década de 1990, possibilitando a diminuição de tempo das tarefas, a melhoria na qualidade e a customização dos produtos. Além disso, a tecnologia da informação viabilizou formas inovadoras de organização e controle, de configuração de novos canais de distribuição e a formação de parcerias entre diversas empresas (LAURINDO, 2000).

Em uma análise mais completa, a tecnologia da informação não trata somente de sistemas de informação e processamentos de dados, mas também de aspectos humanos, administrativos e organizacionais. Outrossim, devido alto poder de influência ocasionado pela tecnologia da informação sobre os processos, é fundamental o seu alinhamento com o negócio e a estratégia de cada empresa a fim que se torne possível alcançar os benefícios máximo da sua utilização (LAURINDO, 2000).

Assim, manifesta-se uma abordagem diferente para a expressão tecnologia da informação, possibilitando entender os conhecimentos aplicados no uso da informática, inserindo a mesma nas estratégias das empresas com o objetivo da obtenção de vantagens competitivas (NASCIMENTO; 2003). Dessa maneira, a implementação efetiva de sistemas de informação inovadores demanda não apenas visão e investimento, mas também carece de grandes transformações processuais, implicando na reestruturação da organização (EASTMAN, 2014).

Os aspectos técnicos e organizacionais devem ser analisados considerando a tecnologia da informação como uma ferramenta fundamental que possibilite originar novas estratégias empresariais e permitir novas oportunidades de negócio (LAURINDO, 2000).

As padronizações e as modificações na gestão das empresas são imprescindíveis para que haja o surgimento de tecnologias da informação inovadoras. Logo, conforme abordado por Nascimento (2003), para uso integral da tecnologia da informação é necessário conscientizar os profissionais acerca das vantagens da tecnologia e prover a capacitação adequada, investindo na equipe. A padronização dos processos é fundamental, além de fazer utilização da tecnologia de modo a agregar valor, desenvolvendo produtos e serviços novos. Além disso, o compartilhamento de informação entre os usuários, o armazenamento e a validade das informações, a integração de sistemas e a interoperabilidade deve conferir o gerenciamento de dados.

2.2.2. Relação entre tecnologia da informação e construção civil

Segundo Kassem (2015), a indústria da construção civil apresenta-se demasiadamente atrasada em comparação às demais indústrias na utilização de novas tecnologias da informação. Para o autor, grandes mudanças acontecem de forma gradual no setor construtivo. Escritórios de projeto, construtoras e afins estão aderindo às inovações tecnológicas para impulsionar seu poder de produção e sua competitividade.

Contudo, em decorrência dos riscos dessas tecnologias não serem aceitas facilmente por parte da indústria da construção, muitas organizações preferem implantar essas inovações apenas após a sua adoção ter sido consolidada no mercado em questão (KASSEM, 2015).

Eastman (2014) acredita que o baixo uso da tecnologia da informação na construção civil está relacionado com a baixa valorização e investimentos em inovações tecnológicas por parte do setor. Outrossim, o autor também menciona a carência de uma implementação integrada com sistemas de gestão e estratégias de negócios. Outro aspecto que merece menção são os custos elevados de programas computacionais, dos equipamentos e manutenção dos mesmos. Esse fato favorece o baixo investimento das empresas em tecnologia da informação, o que acaba impactando na indústria da construção, em sua totalidade.

Para que a introdução de novas tecnologias nessa indústria seja efetiva é imprescindível a participação e utilização das mesmas por parte de todos os agentes envolvidos na construção civil (EASTMAN, 2014).

Destaca-se que todas as informações projetuais geradas para a produção de uma obra são valiosas e devem ser armazenadas visando sua integridade e facilidade de acesso. A tecnologia da informação também tem o papel de auxiliar na otimização da gestão da informação e facilitar a organização dos processos.

A Figura 6 exemplifica como dá-se o método tradicional de armazenamento de informações de projetos.

Figura 6: Método tradicional de armazenamento de dados projetuais.



Fonte: CBIC, 2016.

2.2.3. Modificações do processo de projeto a partir do uso da tecnologia da informação

É senso comum que a tecnologia da informação possibilita inúmeras melhoras na construção civil. Outrossim, de acordo com Fabrício (2002), também modificam a maneira de como os projetos construtivos são desenvolvidos.

O uso de tecnologias da informação torna capaz a integração entre as partes envolvidas por meio de máquinas eletrônicas, mesmo que remotamente. Contudo, é importante ressaltar que a eficiência na colaboração de profissionais no processo de projeto é cada vez mais dependente da compatibilidade e da comunicação (EASTMAN, 2014).

As tecnologias da informação têm se espalhado aceleradamente entre os escritórios e os agentes envolvidos na construção da cidade. Contudo, nos dias atuais, o uso de novas tecnologias ainda é restrito e complexo. A carência de formação na utilização de ferramentas faz com que os projetistas tenham uma aproximação direta na prática, o que provoca, em muitos casos, o uso inadequado das mesmas (MARTINS, 2018). Assim, para que se possa extrair ao máximo o proveito das novas ferramentas, é imprescindível que haja investimento, também, na forma com que o processo de projeto é organizado e no gerenciamento da empresa, além do aprimoramento tecnológico dos sistemas. Esse investimento possibilitará a troca integral de dados e a comunicação entre os diversos membros e sistemas computacionais (MARTINS, 2018).

Por fim, podemos destacar que, embora a tecnologia da informação propicie a redução de tempo com processamento de informações e melhoria na qualidade do produto, é necessário estar alerta para o fato de que o uso inadequado ou a carência de conhecimento de ferramentas computacionais por parte dos projetistas pode acarretar em sérios problemas para as obras que serão construídas. Assim, é vital que os usuários tenham conhecimento prévio das funcionalidades e das possibilidades de cada software.

Além disso, os arquitetos precisam estar atentos ao modo com que a arquitetura e suas formas estão sendo produzidas. Os softwares são auxiliares no processo de projeto e jamais poderão ser limitadores no ato de projetar.

2.3. Building Information Modeling (BIM)

De acordo com Ayres (2009), o conceito de BIM, conhecido anteriormente como Modelagem de Produto, se fortaleceu no final da década de 1970 frente às muitas modificações na economia, como o desenvolvimento dos mercados e a forte pressão nas empresas, aliado à busca pela melhoria dos processos e tornando necessária uma abordagem que possibilitasse a união das diversas questões relacionadas ao produto, interessado em alcançar um mercado mais rígido quanto à qualidade, custos e tempo. A Modelagem do Produto apareceu como um significativo instrumento que contribuiu na criação, aceitação e fabricação do produto – o que refletiu no crescimento da produtividade e deu uma sobrevida aos negócios. A modelagem tem como base a junção de sistemas envolvidos na elaboração do produto e a utilização da tecnologia da informação servindo como alicerce para esses processos.

Quanto à indústria da construção civil, o crescimento na dificuldade dos processos resultou na necessidade de introduzir uma nova forma de pensar na indústria, procurando a prática de soluções utilizadas na área da manufatura. Assim, o entendimento de Modelagem de Produto atribuída por outros setores originou o conceito de BIM, como sendo uma modelagem que procura a integração entre os diversos processos relativos à construção da obra (EASTMAN, 1976).

Vários artigos sobre a Modelagem de Produto no setor da indústria construtiva foram elaborados entre as décadas de 1970 e 1980, nos Estados Unidos e em países europeus. Nos Estados Unidos, o conceito inicialmente foi chamado *Building Product Models* e intitulado como *Product Information Model* em países europeus (EASTMAN, 2014).

No ano de 1973, foi exposto por Gingerich⁷ um sistema que unia as representações tridimensionais aos componentes bidimensionais, possibilitando atualizações simultâneas dos componentes em todas as vistas, de acordo com as alterações projetuais. Ademais, era prevista uma interface que proporcionaria a adição de dados referentes aos materiais e a implantação de componentes como paredes, portas e janelas (AYRES, 2009).

Algumas das linhas iniciais apresentadas sobre BIM estão descritas no trabalho de Eastman, o qual foi publicado no AIA Journal, no ano de 1975. A definição trabalhada por Eastman chamou-se *Building Description System* (BDS), a qual era entendida por um sistema no qual a visualização dos componentes de projeto se baseavam em dados geométricos associados a outras propriedades. Assim, mais do que desenvolver desenhos, o sistema possibilitava a criação de relatórios e a obtenção automática do quantitativo de materiais, simulações de custos e outras possibilidades. Os projetos seriam produtos da junção dos componentes existentes na construção de obras que, ao sofrerem alterações, ocasionavam atualizações automáticas em todas as outras vistas (EASTMAN, 1976).

De acordo com Ayres (2009), no setor construtivo, a modelagem de produto apresentou-se na elaboração nos sistemas CAD pelo grupo de Douglas Ross no MIT, em meados da década de 1960. Inicialmente, o CAD foi criado como um instrumento que abriga informações de diversas disciplinas, possibilitando o trabalho de diferentes profissionais atuando ao mesmo tempo e a associação de inúmeras informações, facilitando a realização de simulações e análises. Contudo, o baixo poder processamento dos equipamentos tecnológicos daquele tempo não supria o grande número de informações produzidas pela complexa variedade de processos referentes aos projetos. Assim, as companhias desenvolvedoras de programas computacionais produziram, a princípio, a parte geométrica, mais simples de ser solucionada diante das tecnologias existentes (AYRES, 2009).

O progresso de programas em CAD foi separado por Kale e Arditi (2005) em três gerações. A primeira geração foi classificada como o desenho assistido por computador, a segunda como a modelagem geométrica e a última como a modelagem do produto.

A primeira geração de ferramentas computacionais para criação de projetos tinha como propósito a elaboração de representações fundamentadas em formas geométricas (linhas, círculos, retângulos etc.), na qual a junção desses elementos permitiria o desenho de objetos da

⁷ Jeffrey Z. Gingerich é um cientista que desenvolveu um método de ligação entre representações bidimensionais e tridimensionais a partir de sua pesquisa “*Computer Graphics Building Definition System*” na Universidade Estadual da Pensilvânia. Disponível em: <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=804005>. Acesso em: 15 set. 2019.

nossa realidade. A ideia era automatizar e transferir para as ferramentas computacionais o método de representação gráfica desenhado à mão.

Na segunda geração foi possível a adição de dados da terceira dimensão, proporcionando representações tridimensionais dos componentes geométricos, tornando possível a criação de maquetes eletrônicas. Os da última geração apareceram verdadeiramente em meados de 1980 e se fundamentavam na junção de dados geométricos e, também, de informações referentes aos elementos construtivos, como suas medidas, materiais, custos e diversas outras informações, o que gerou um vínculo de padrões e dados. O BIM está classificado na terceira geração, possibilitando a união de inúmeras informações na elaboração do modelo (KALE, 2005).

Para Kalay (2004), as ferramentas em CAD também passaram por três gerações. A primeira foi desenvolvida em duas áreas. A primeira área contribuiu para que engenheiros pudessem elaborar modelos referentes aos setores industriais automotivo e aeroespacial e a segunda na área no setor da construção civil, na qual as ferramentas contribuía no desenvolvimento de modelos geométricos de edifícios. A segunda geração foi reconhecida pela elaboração de programas que auxiliavam tanto na representação de projetos arquitetônicos, quanto na modelagem das obras. Assim, nesse tempo, a sigla CAD estava mais orientada para Desenho Auxiliado por Computador (*Computer Aided Drawing*) do que para Projeto Auxiliado por Computador (*Computer Aided Design*). Nessa fase foram percebidas melhorias na representação do projeto. Contudo, houve perdas no uso de ferramentas computacionais como suporte para análises na elaboração de projetos.

Na terceira geração, também classificada por Kale e Arditi (2005), Kalay (2004) explana que há o surgimento de softwares mais inteligentes, com o objetivo de retomar o foco do uso do computador como utensílio para suporte ao processo de projeto. Portanto, foram elaborados softwares voltados para a parametrização dos componentes existentes na construção civil, como paredes, portas, janelas, telhados etc., além da possibilidade da inserção de informações que permitem a realização de diversas análises.

2.3.1. Definição de BIM

A princípio, cabe destacar que o decreto N° 9.377 da Constituição Brasileira, publicado em 2018, define o BIM como a reunião de tecnologias e processos integrados que possibilita a elaboração, o uso e a atualização automática de modelos digitais de uma obra, facilitando a colaboração entre as partes envolvidas no empreendimento, abordando todo o seu ciclo de vida (BRASIL, 2018).

Eastman (2014) descreve BIM como uma tecnologia para a criação de modelos e um grupo integrado de processos para o desenvolvimento, compartilhamento de dados e análises de um protótipo da obra, o qual tem como propósito a união de diversos projetos de diferentes disciplinas a partir de um modelo central computadorizado da obra.

Para Eastman (2014), os modelos BIM são descritos por conterem elementos existentes em uma obra, representados por objetos paramétricos que “entendem” o que significam em uma construção e que podem ser ligados a diversas outras informações. Outrossim, os elementos possuem informações que demonstram seu papel na construção. Dessa forma, eles também podem ser usados em diversas ferramentas BIM, as quais podem fazer uso dos modelos para análises orçamentárias, checagem de erros, entre outras possibilidades. Os dados criados com o uso de programas em BIM são consistentes e não repetitivos, uma vez que as alterações em todas as vistas do projeto são realizadas de modo automático, facilitando o gerenciamento das representações criadas.

Para a projeção utilizando BIM, é essencial entender que o gerenciamento dos projetos envolve um conjunto composto por políticas, processos e tecnologias, no qual a forma de elaboração do modelo BIM é imprescindível para a representação projetual, facilitando o desenho de vistas e a própria criação do projeto. Contudo, o aspecto mais importante ao tratar-se de BIM é a possibilidade de armazenar e gerenciar os dados. A correta padronização e implementação da metodologia permite extrair informações mais precisas acerca da obra durante seu ciclo de vida, acarretando em melhorias significativas no processo de projeto e na construção de empreendimentos (SUCCAR, 2012).

Inicialmente, acreditava-se que o modelo seria o mesmo para todas as disciplinas, diferente do uso de diversas representações desagregadas para cada item, como ocorre de modo geral no CAD bidimensional. No entanto, pesquisas mais recentes mostram que o uso de apenas uma ferramenta não seria suficiente para abranger as demandas necessárias da projeção no setor da construção. Além disso, nos dias atuais, o modelo é visto de forma integrada, possibilitando o compartilhamento de diversos dados que não podem ser repetitivos. Esses dados não devem estar restritos em apenas uma fonte isolada, como ocorre no processo tradicional de projeto. No processo tradicional cada disciplina é desenvolvida em uma base de desenho e, na maioria das vezes, não é integrada com os projetos de outras disciplinas (EASTMAN, 2014).

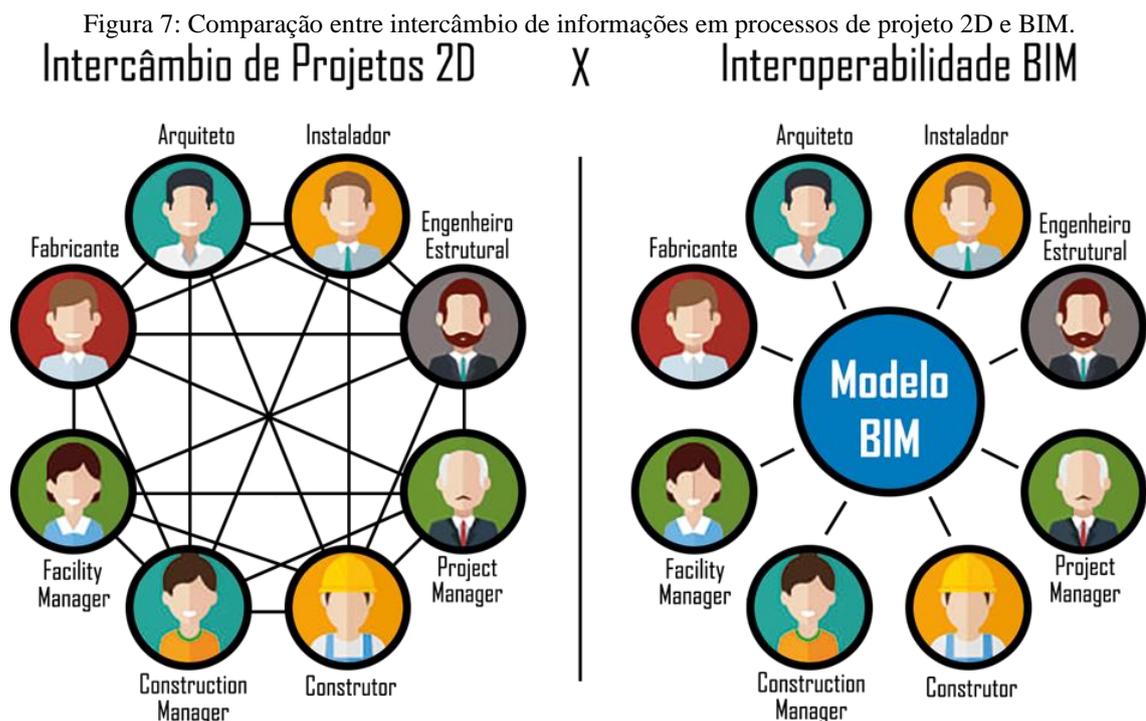
Para Ruschel (2013), a distinção entre BIM e o modelo 3D tradicional é que o 3D tradicional trata exclusivamente de representações em três dimensões da obra, enquanto o BIM é classificado como um protótipo do imóvel, contendo os pavimentos da edificação, áreas,

paredes, esquadrias, e outros componentes interligados por meio da parametrização. A autora também cita, em conformidade com Eastman (2014), que os projetos desenvolvidos em BIM podem ser analisados em três dimensões, além da inclusão de dados referentes ao empreendimento que podem ser utilizados por outros programas de análise, como simulações orçamentárias, estudos de insolação e outros.

Embora o modelo produzido em BIM e o modelo tridimensional permitam a elaboração de representações em duas dimensões, a partir dos modelos, ambos apresentam características particulares. O modelo BIM possibilita o desenvolvimento de vistas com geometrias bidimensionais de modo automático. Contudo, também possibilita a edição de modo manual (EASTMAN, 2014), enquanto o modelo tridimensional comum ainda demanda a introdução manual de alguns desenhos (FERREIRA, 2007).

As ferramentas BIM já são consideradas um aperfeiçoamento das ferramentas CAD, uma vez que estas conferem ao modelo BIM todas as informações referentes ao ciclo de vida de uma obra, por meio de uma base de dados específicos de um projeto.

Outrossim, em um modelo projetado em BIM, pode incluir todos os dados necessários referentes aos seus documentáveis, contemplando desde as primeiras etapas de projeto até durante e posteriormente à execução da obra, compreendendo todas as disciplinas em um modelo BIM central compartilhado, como pode ser analisado na Figura 7. Essas informações podem ser usadas para fins de visualizações e análises referentes à construção, além do planejamento da mesma (GOES, 2011).



Fonte: Goes, 2011. Adaptado pelo autor, 2019.

De acordo com Eastman (2014), as ferramentas BIM desenvolvidas atualmente foram originadas da modelagem voltada para objetos paramétricos e criadas inicialmente para projetos na indústria mecânica. Em um modelo que utiliza objetos paramétricos, o processo não acontece por meio da modelagem dos objetos; por exemplo, a criação de uma parede a partir da extrusão de um desenho retangular. Embora existam distinções entre os sistemas BIM e os sistemas CAD, percebe-se a existência de incertezas entre o que é apontado como um modelo BIM e um modelo tridimensional comum, mesmo que o mesmo tenha sido elaborado por um software que suporte o uso de BIM.

No BIM, os elementos da obra são objetos digitais contendo códigos que os caracterizam. A saber, uma parede é vista como um objeto que apresenta propriedades peculiares e compreende as informações e as características de uma parede como um elemento utilizado na própria construção civil, entendendo as associações que a mesma pode realizar com os diversos componentes de uma obra, como por exemplo, a conexão com esquadrias. Isto implica dizer que, nesse objeto, são atribuídas informações como largura, altura e comprimento, além de conter dados parametrizáveis, como quantitativo, materiais, fabricante e outras informações ligadas ao desempenho desses componentes construtivos (EASTMAN, 2014).

2.3.2. BIM no Mundo

A transformação cultural é um passo necessário para que se tenha êxito na implementação da metodologia BIM. Essa transformação não deve ocorrer apenas nos escritórios, mas deve ser no setor da construção civil como um todo. Desse modo, os setores públicos, em vários países, tomaram iniciativas que visam acelerar a adaptação ao uso do BIM.

Nos últimos anos, diversos países estabeleceram iniciativas para a determinação de diretrizes relacionadas à implementação e utilização do BIM que acarretaram no desenvolvimento de guias e manuais. Conforme afirmado por Succar (2009), esses guias foram elaborados, a princípio, na Finlândia, Noruega, Dinamarca, Holanda, EUA e outros países da Europa, o que fortaleceu o amadurecimento e uso do BIM, conferindo a criação de metodologias para sua aplicação. Nesses países, percebeu-se a elaboração de planos de pesquisa que englobam fatores técnicos, bem como fatores gerenciais.

Nos EUA, em 2003, a agência General Services Administration (GSA) elaborou um programa nacional nomeado 3D-4D-BIM Program. Em 2006, a utilização de BIM passou a ser exigido em todos os projetos financiados pela GSA – encarregada pelas edificações federais nos Estados Unidos, com exceção dos militares. Ao mesmo tempo, a GSA criou um inventário

BIM acerca do uso de 31.772.841m² referentes a áreas de escritórios públicos. Conforme afirmado pelo SmartMarket Report, em 2012, a utilização do BIM nos EUA foi de 40% no ano de 2009 e atingiu 71%, no ano de 2012 (KASSEM, 2015).

Também há uma crescente exigência do uso do BIM em projetos de obras públicas na Europa, sobretudo devido à Norma 2014/24/EU, na qual o parlamento europeu recomenda o uso da tecnologia para licitações de projetos públicos em todos os países membros da União Europeia (LIBRERO, 2018).

Na Dinamarca o uso de BIM é obrigatório em obras públicas com orçamento acima de 5,5 milhões de euros desde 2006 (KASSEM, 2015). Além disso, alguns órgãos do governo, como a Agência Dinamarquesa de Palácios e Propriedades, obrigam a utilização da metodologia BIM na elaboração de todos os seus projetos (KASSEM, 2015).

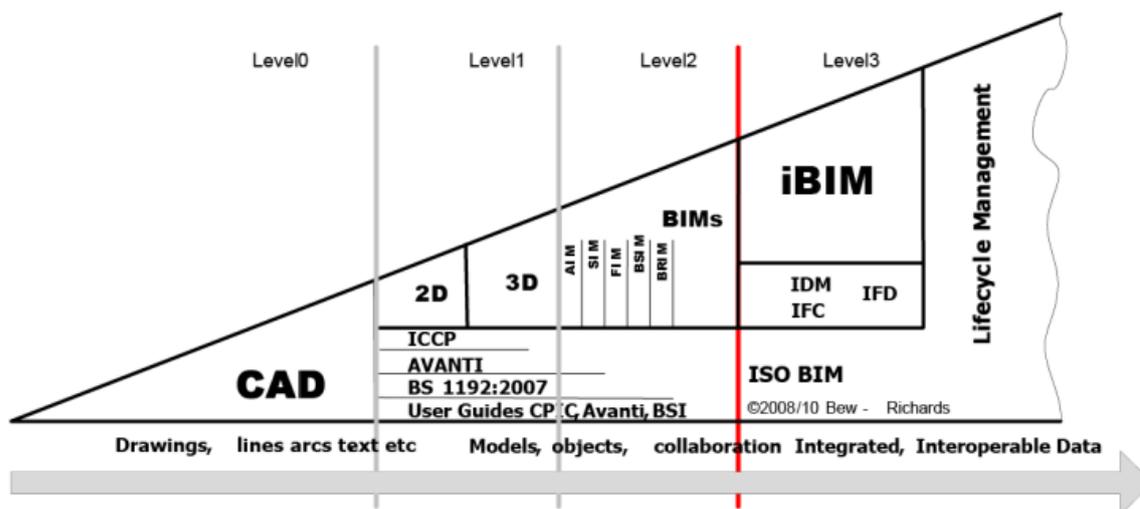
Na Finlândia, a Senates Properties é uma referência com relação ao BIM. Em outubro de 2007, passou a ser exigido o uso do BIM e do formato IFC em todas as obras públicas, embora não existirem orientações acerca de contratos disponíveis ao público. Em 2012, foi publicado um manual denominado COBIM, que orienta a utilização do BIM. Em uma pesquisa realizada no país com profissionais da área da construção civil, dentre 46 entrevistados, 65% afirmaram fazer uso do BIM em projetos construtivos (KASSEM, 2015).

Na Noruega, a utilização de BIM tornou-se obrigatória em todos os projetos públicos realizados após o ano de 2010. Contudo, ainda não existem documentos referentes a contratos acerca de aspectos de propriedade intelectual e legal relacionados à implementação do BIM. Recentemente, foi comunicado que todos os softwares BIM deveriam se ajustar ao formato OpenBIM, de livre acesso (KASSEM, 2015).

Na Holanda, após o ano de 2011, foi decretado que o BIM seria exigido na elaboração de todos os projetos do governo com orçamento que ultrapasse 10 milhões de euros. Esse plano de implementação do BIM no país é controlado pela Rijksgebouwendienst (RGD), que faz uso de guia e diretrizes do documento RVB BIM Norm, lançado em 2013 (KASSEM, 2015).

No Reino Unido, em 2011, foi elaborado um plano que tinha como objetivo o estímulo à utilização do BIM em projetos públicos e privados. Outrossim, o governo planejava a diminuição dos custos dos projetos do setor construtivo em 20%, bem como diminuir a emissão de carbono. O documento obrigou a utilização do BIM Nível 2 (Figura 8) até 2016 (KASSEM, 2015).

Figura 8: Níveis de maturidade BIM no Reino Unido.



Fonte: GCCG, 2011.

Devido inúmeros problemas na utilização do BIM, devido à ausência de sistemas, protocolos e normas, o governo do Reino Unido se responsabilizou pela emissão desses documentos. Em 2012, foi criada a estratégia denominada *Government Soft Landings (GLS)* ou Pousos Suaves do Governo, que tinha o intuito de auxiliar na transição entre a etapa conceitual do projeto e execução e a etapa de operação (KASSEM, 2015). O GLS sugeria que a estratégia BIM objetivasse a orientação, capacitação, materiais e métodos que auxiliassem a adoção da modelagem da informação, além do estímulo, através da obrigação de práticas BIM, a fim de garantir a entrega digital e mais confiável de modelos produzidos em BIM (KASSEM, 2015).

Outro documento elaborado no Reino Unido foi o “Construção 2025”, o qual trata de uma iniciativa governamental em união com o setor da construção civil com o objetivo de diminuir os gastos iniciais com obras e manutenção em 33%. Além disso, diminuir pela metade a emissão de gases causadores do efeito estufa no espaço urbano e reduzir, pela metade, o tempo entre as etapas de projeto conceitual e a execução de novos empreendimentos. No geral, estabelece um prazo que vai de 2016 até 2025, onde o país deve alcançar o nível de maturidade BIM Nível 3 (Figura 8) (KASSEM, 2015).

Na França, em 2014, foi publicado um relatório técnico no qual se objetivou a otimização da indústria construtiva. Uma das ações principais foi o incentivo ao aperfeiçoamento no uso de tecnologias da informação na construção civil e o uso do BIM. Além disso, essa medida buscou tornar obrigatória a adoção do BIM em licitações de projetos públicos a partir do ano de 2017 (KASSEM, 2015). Ainda estão sendo desenvolvidos guias e protocolos na França, contudo o guia de Planejamento de Projeto Executivo BIM, da Penn State University, vem sendo usado como base para a projeção em BIM. Outrossim, a Syntec

Ingénierie vem elaborando um guia referentes aos níveis de detalhe e representações no uso do BIM (KASSEM, 2015).

Na Espanha, as obras públicas tiveram que ser produzidas em BIM obrigatoriamente até o final de 2018. Além disso, no início de 2018, entrou em vigor a lei espanhola de Contratos do Setor Público, que exige o uso do BIM em projetos que requerem concursos públicos (LIBRERO, 2018).

Na Alemanha, apesar de 90% dos profissionais da construção do país tenham informado a necessidade de utilizarem BIM nos projetos, a adoção do BIM por parte do setor construtivo tem sido mais vagarosa em comparação aos outros países da Europa. Em 2015, um grupo denominado *Digital Building Platform* foi originado para elaborar uma estratégia de BIM implementação do BIM na Alemanha. Ficou definido que todos os projetos de transporte e infraestrutura do país serão feitos em BIM até o final de 2020 (BONATTO, 2016). Além disso, o país possui um sistema federal contendo 16 estados autônomos, semiautônomos e autoridades locais, o que acaba dificultando a criação de um mandato nacional para o uso do BIM (BONATTO, 2016). Contudo, vale destacar que, conforme a recomendação da Comissão Europeia, ficou delimitado que o BIM será exigido para concursos de projetos públicos, licitações e obras públicas a partir de 2020 para todos os países participantes da UE (BONATTO, 2016).

A mesma recomendação vale para a Áustria e outros países participantes. A Áustria está se preparando e, para tanto, criou a norma ÖNORM A 6241, que apresenta diretrizes para práticas em BIM e suas exigências para obras públicas até 2020 (BONATTO, 2016).

Com relação aos países asiáticos, a Public Procurement Service, organização governamental da Coreia do Sul, passou a exigir o uso de BIM no ano de 2012 para todos os projetos públicos no país e exige BIM desde 2016 para os projetos privados que contenham orçamento acima de 50 milhões de dólares (BONATTO, 2016).

Em Singapura, a modelagem da informação é exigida desde 2012 para a elaboração de projetos que demandam concursos públicos. Singapura foi o país que implementou um método sistemático de aprovação de projetos construtivos considerado o mais rápido mundialmente. Esse método foi implementado em 2008 pela organização governamental *Building and Construction Authority* (BCA). Nele, os projetistas enviam os projetos para que sejam analisados e posteriormente aprovados por meio de um portal eletrônico em um modelo BIM que apresente as informações necessárias para sua aprovação. Em 2011, passaram a abranger também os projetos de instalações prediais. O prazo para aprovação de projetos é de 26 dias,

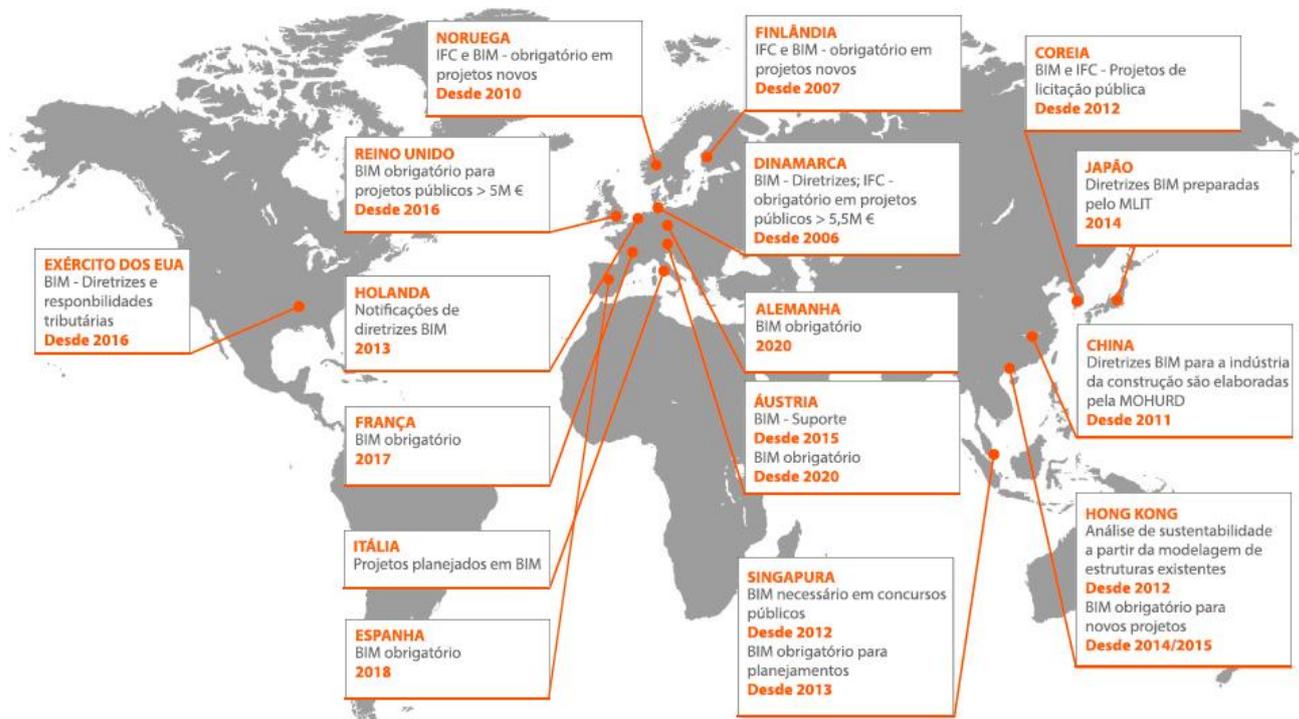
sendo que o objetivo é diminuir esse tempo para 10 dias. O propósito do BCA é obter 80% dos projetos em BIM até 2015 (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, 2016).

Na China, a Hong Kong Housing Authority exige que os projetos sejam desenvolvidos em BIM desde 2014 (BONATTO, 2016).

Na América do Sul, podemos destacar o Chile, onde o Ministério de Obras Públicas passou a exigir o uso de BIM em licitações de hospitais no ano de 2011 (BONATTO, 2016).

A Figura 9 mostra a adoção do BIM no mundo.

Figura 9: Adoção do BIM no mundo.



Fonte: Cadenas, 2017. Adaptado pelo autor, 2019.

2.3.3. BIM no Brasil

As transformações de antigos padrões adotados pelo setor construtivo no mercado brasileiro sempre encontram empecilhos iniciais. No período em que ocorreu a transição dos projetos realizados em prancheta para o uso de softwares CAD, diversos projetistas não concordaram com a mudança. Houve muita resistência e os motivos para a recusa dos usuários que não defendiam o uso do CAD foram: alto investimento, escassez de mão de obra e desafios nos padrões de desenho no Brasil. Nos dias atuais, o BIM atravessa esse mesmo problema. Contudo, diferente do CAD, várias iniciativas estão sendo criadas para que o BIM evolua no país (KASSEM, 2015).

Observa-se, no Brasil, desde 2007, um princípio de movimentação para a adoção do BIM por parte do setor privado (KASSEM, 2015). As empresas de grande porte do país deram início a uma série de projetos experimentais a fim de analisar a possibilidade no uso do BIM, considerando o aumento de produtividade, a diminuição de desperdícios e prazos, a melhoria na precisão dos orçamentos e a qualidade dos empreendimentos (DELATORRE, 2014).

De acordo com a SmartMarket Report (2014), observa-se que uso BIM está crescendo entre os prestadores de serviços brasileiros a uma velocidade mais acentuada em comparação a quaisquer outros países pesquisados. Os escritórios de projeto de arquitetura e de engenharia estão tomando a frente no caminho da elaboração de fluxos de trabalho e processos envolvendo BIM com o propósito de manterem-se competitivas em relação aos adversários estrangeiros.

Em comparação às iniciativas do poder público nessa área, o governo federal brasileiro, por meio do Plano Brasil Maior, que delimita a política tecnológica, industrial e comercial no âmbito exterior, elaborou, dentro da agenda estratégica do setor construtivo, o propósito de aumentar o uso de tecnologias computacionais aplicadas à indústria da construção civil e a introdução do sistema de classificação do BIM a partir da elaboração de normas BIM. Para atingir o objetivo, algumas providências foram tomadas, como o desenvolvimento de uma biblioteca de elementos construtivos em BIM, a qual foi disponibilizada na internet, onde o acesso é público; a implantação do BIM na elaboração de projetos das construções do Exército brasileiro e a difusão e complementação das normas brasileiras referentes ao BIM (KASSEM, 2015).

O Exército brasileiro elaborou um sistema informatizado denominado OPUS que se trata de uma plataforma de apoio à decisão que objetiva servir de suporte às funcionalidades de acompanhamento, planejamento, gerenciamento, execução e fiscalização de obras. Para colaborar com o uso do BIM no exército brasileiro, ocorreu o compartilhamento mútuo de informações entre o Exército do país e o centro tecnológico com foco em BIM do Exército do Estados Unidos (USACE) (KASSEM, 2015).

Além das ações citadas, diversas outras demonstram o aumento no interesse e evolução na utilização do BIM no Brasil, as quais serão explicitadas a seguir.

2.3.3.1. Normatização e Legislação

A estrutura regulatória dos processos projetuais e construtivos brasileiros é demasiadamente limitada. Até 2018, aproximadamente, não haviam leis ou decretos relacionados à utilização do BIM no Brasil. Com relação às normas, há uma comissão especial de pesquisa orientada à utilização do BIM, a ABNT/CEE-134 – Comissão de Estudo Especial

de Modelagem de Informação da Construção, criada em 2010, responsável pelo desenvolvimento das Normas ABNT NBR 15965, que trata sobre o sistema de classificação do BIM, e a ABNT NBR 12006, que trata da organização do BIM (KASSEM, 2015).

Como citado anteriormente, o decreto Nº 9.377 foi sancionado em 17 de maio de 2018 (Anexo A), introduzindo a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM no Brasil e sua difusão no território brasileiro, com o intuito de propiciar um ambiente apropriado ao investimento na tecnologia em destaque (BRASIL, 2018).

2.3.3.2. Entidades de Classe e Associações

Diversas entidades de classe e associações dispõem de uma importante tarefa na disseminação de tecnologias inovadoras. Algumas são responsáveis por representar os escritórios de projeto arquitetura e desenvolveram ações com a finalidade de incentivar o uso da modelagem da informação.

O Conselho de Arquitetura e Urbanismo (CAU) detém um Grupo de Trabalho voltado especialmente à pesquisa e ao incentivo do BIM, desde 2014. O Conselho impulsiona o uso e adoção do BIM nas fundações de ensino do Brasil (CAU, 2017).

A Associação Brasileira de Escritórios de Arquitetura (AsBEA), em cooperação com o CAU publicou, em 2013, um guia denominado “Boas Práticas em BIM”, com o objetivo de abordar as etapas conceituais e iniciais na adoção do BIM por parte de escritórios de arquitetura, a fim de incentivar o uso da metodologia (ASBEA, 2013).

A Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) elaborou uma coletânea (Figura 10) que auxilia à implementação do BIM em Incorporadoras e Construtoras. A coletânea contém cinco volumes e trata sobre os princípios, dificuldades, benefícios, e a utilização da metodologia BIM, além da sua implementação e viabilidade (CBIC, 2016).

Figura 10: Coletânea Implementação do BIM elaborada pela CBIC.



Fonte: CBIC, 2016.

2.3.3.3. Pesquisa e Ensino

Conforme descrito por Checcucci (2013), no ambiente acadêmico brasileiro percebe-se que vem crescendo a quantidade de pesquisas relacionadas ao BIM. O desenvolvimento de artigos referentes à metodologia de projeto cresceu em várias universidades. Os temas que mais se destacam são: processo de projeto, tecnologia, disseminação nas universidades e disseminação no setor da construção. Após a análise de 48 artigos acadêmicos, Checcucci (2013) afirma que 8 tratavam de temas relacionados ao processo de projeto, 7 sobre a difusão acadêmica, 28 abordando BIM como tecnologia e 5 analisando sua difusão.

Ruschel (2013) menciona o interesse da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) na elaboração de estudos científicos, tecnológicos e de inovação, no que se refere ao BIM, além da adesão no ensino da metodologia BIM nas universidades brasileiras: UFAL, UniCBE, Universidade Presbiteriana Mackenzie, UFSCar, Unicamp e USP e outras.

Em Santa Catarina, a Secretaria de Planejamento, em conjunto com a Universidade Federal de Santa Catarina, criou uma cartilha para o uso do BIM (Figura 11) e estão trabalhando para que esse material seja utilizado em obras públicas em 2019. É o primeiro estado brasileiro a tomar essa atitude (SANTA CATARINA, 2016).

Figura 11: Caderno de Apresentações de Projetos em BIM.



CADERNO DE APRESENTAÇÃO DE PROJETOS EM BIM

Fonte: Santa Catarina, 2016.

O BIM também está conquistando espaços no ensino de nível técnico, qualificando a produção da construção, simplificando a extração de informações e checagem de erros de

projeto. Foi com esse objetivo que a escola SENAI Orlando Laviero Ferraiuolo, em São Paulo, procurou maneiras para implementar o BIM no ensino do curso Técnico de Edificações (CUPERSCHMID, 2017).

2.3.4. Princípios do BIM

A metodologia BIM possibilita a prévia construção de uma obra virtualmente a partir do uso de programas computacionais. O BIM viabiliza a criação de um protótipo de um empreendimento que possibilita diversas análises e facilita o gerenciamento de projetos antes que o mesmo seja executado (KYMMEL, 2008). Para isso, o BIM contém princípios que o definem, os quais são expostos a seguir.

2.3.4.1. Modelagem paramétrica e visualizações múltiplas

Eastman (2014) menciona objetos paramétricos como componentes que portam definições geométricas com informações associadas, modificando de modo automático outros componentes associados ao próprio objeto. Ademais, a parametrização também possibilita que um objeto e suas características sejam automaticamente modificados, caso um de seus elementos sofra alterações, devido à hierarquia que pode ser previamente definida.

Assim, um elemento construtivo contém um conjunto limitado de parâmetros que determinam sua forma. A configuração desse elemento engloba esses parâmetros, demandando que o usuário possua conhecimentos dos dados que o compõem (EASTMAN, 2014).

A parametrização computacional fundamentada em objetos apareceu primordialmente em 1980 e apresentava como características a visualização de objetos paramétricos que delimitavam sua geometria, propriedades e atributos não geométricos. A parametrização viabiliza que os objetos sejam modificados automaticamente de acordo com a necessidade do projetista. Os desenvolvedores responsáveis pela elaboração e gerenciamento das ferramentas BIM predeterminam um conjunto de famílias de objetos para que os projetistas as alterem. Outrossim, esses desenvolvedores devem oferecer aos profissionais da construção civil a possibilidade de elaborar objetos paramétricos conforme sua necessidade no ato de projetar (EASTMAN, 2014).

A metodologia BIM alterou a maneira como os agentes envolvidos no setor construtivo concebem o processo de projeto. A começar do estudo preliminar até o gerenciamento da obra e das suas informações após a execução. Com a utilização do BIM é construído um modelo paramétrico que contém informações e as gerencia automaticamente, possibilitando também a

representação de diversas vistas, como planta baixa, cortes, elevações e perspectivas. Projetar em uma estrutura fundamenta em um modelo central unificado permite que as alterações efetuadas em uma vista ou em um componente do projeto ocorra em todas as outras vistas do modelo. Essas alterações também refletirão em todos os documentáveis existente no projeto, como as tabelas, por exemplo. Logo, reduz significativamente o número de erros projetuais, ao tempo que auxilia no aumento da produtividade (KYMMEL, 2008).

Outro ponto a ser destacado é que o uso de BIM possibilita a representação de vistas tridimensionais já nas primeiras fases do projeto. Essas representações auxiliam na checagem de incompatibilidades, simplificando o processo de análise em inúmeros pontos do projeto. Assim, diversos problemas decorrentes de erros projetuais que só seriam observados em fases posteriores, caso estivesse utilizando os modos tradicionais de projeto, já podem ser solucionados, reduzindo o retrabalho.

O gerenciamento de projetos também pode ser simplificado ao se utilizar BIM, com o uso de softwares que permitem a identificação de erros construtivos automaticamente, alertando acerca das incompatibilidades entre diversos projetos (KYMMEL, 2008).

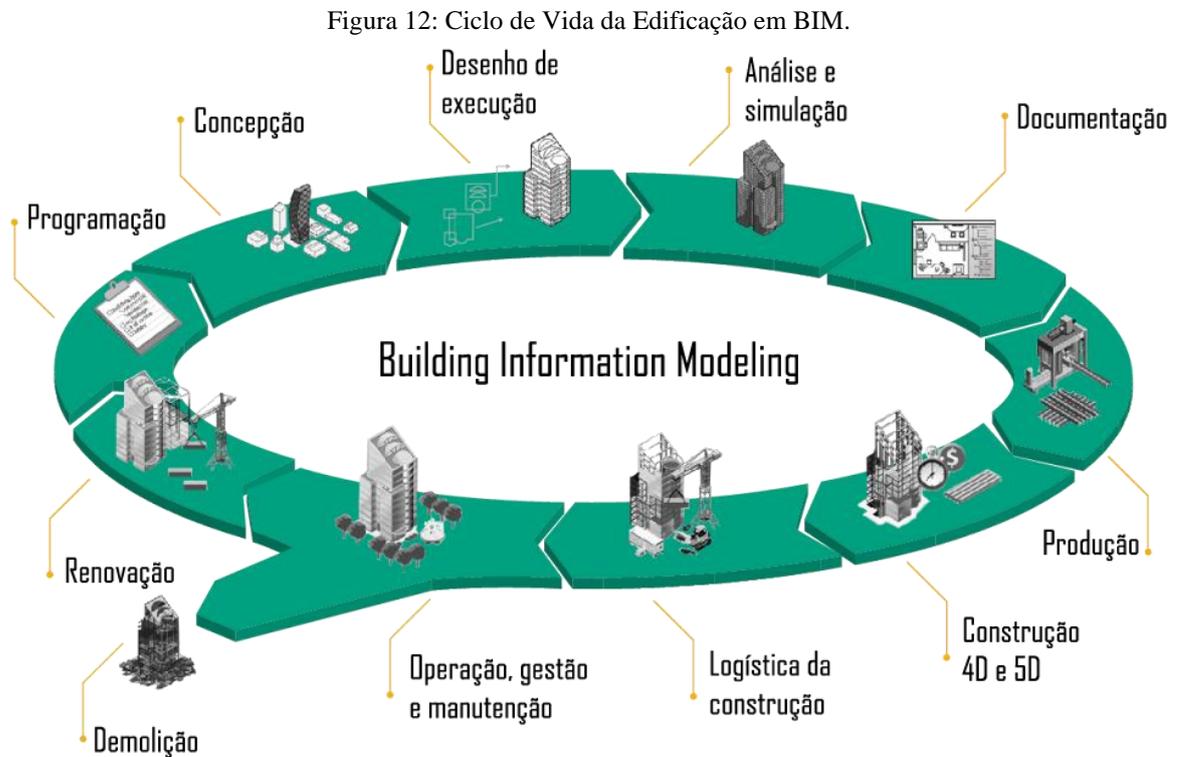
Devido a imensa quantidade de informações armazenadas nos modelos BIM, essa metodologia possibilita que sejam facilmente exibidos e extraídos documentos referentes a quantitativos e diversas informações que são atualizadas de acordo com as alterações nos projetos (EASTMAN, 2014). Assim, observa-se que, com a parametrização, as informações contidas nos modelos BIM vão muito além do modelo tridimensional comum. São dados que compreendem os padrões, peculiaridades e associações dos componentes arquitetônicos (EASTMAN, 2014).

Conclui-se, portanto, que a parametrização oferece uma forma poderosa para elaborar e modificar os componentes construtivos. Sem o uso de objetos parametrizados, a elaboração de projeto e a produção de modelos BIM provavelmente não seriam possíveis. A produção de projeto com o uso de ferramentas BIM poderia ser irrealizável sem um sistema que automatize a edição dos modelos (EASTMAN, 2014).

2.3.4.2. Abordagem do ciclo de vida da edificação

Um dos mais importantes princípios do BIM é a capacidade de gerenciar todo o ciclo de vida da construção, com o potencial de compreender a elaboração de atividades relacionadas ao projeto e a construção: antes, durante e depois da sua execução. O BIM pode facilitar a análise conceitual do projeto, a criação de programas de necessidades, o gerenciamento da obra,

as análises para o uso do empreendimento, a reforma ou mesmo o projeto de demolição, como pode ser observado na Figura 12 (EASTMAN, 2014).



Fonte: Wilo, 2017. Adaptado pelo autor, 2019.

A capacidade da realização de inúmeras simulações prévias propicia que sejam efetuadas avaliações de várias possibilidades, averiguando o melhor caminho a ser tomado (KYMMEL, 2008).

O BIM possibilita a ilustração do processo de construção, analisando como acontecerá o andamento da execução da obra em cada fase, auxiliando no planejamento das interferências de equipamentos, bem como deve ser disposto o canteiro de obras, por exemplo (EASTMAN, 2014). Outrossim, podem ser designadas orientações para a montagens dos equipamentos, assistindo à execução (KYMMEL, 2008).

O uso do BIM permite a prática de análises orçamentárias em todo o ciclo de vida da construção. Isso ocorre por meio de balanços comparativos dos diversos materiais contidos na base de dados dos modelos BIM, possibilitando, também, a verificação para o uso do edifício e na escolha de soluções que sejam mais convenientes a longo prazo (KYMMEL, 2008).

2.3.4.3. Ambiente de projeto colaborativo e interoperabilidade

A projeção em BIM possibilita a colaboração de várias disciplinas associadas ao modelo BIM. A medida que os participantes do projeto o elaboram, as informações são

inseridas em uma base de dados única, aumentando a confiabilidade e a quantidade de detalhes. Os participantes podem contribuir em várias partes do projeto individualmente e fazer uso dos produtos criados pelos outros membros da equipe a qualquer momento, facilitando na análise projetual de forma global. Projetar colaborativamente em equipe confere mais clareza na percepção dos projetos, precavendo possíveis dificuldades na execução da construção (KYMMEL, 2008).

O frequente compartilhamento de informações entre vários profissionais que fazem uso de diferentes softwares faz com que seja fundamental a elaboração de novas maneiras de compartilhamento dos dados projetuais. A ausência de padronização para a colaboração, o armazenamento e a troca de informações é um dos maiores empecilhos encontrados na projeção em BIM. Assim, solucionar o problema da interoperabilidade entre as inúmeras ferramentas BIM é um aspecto importantíssimo para o progresso na sua implantação na indústria construtiva (EASTMAN, 2014).

A interoperabilidade pode ser definida como a capacidade de troca de informações entre vários processos produtivos. A situação ideal é que os dados associados a um modelo central, contendo diversas disciplinas, fluam sem barreiras durante a elaboração dos projetos e a execução de uma construção, estando disponíveis a todos os indivíduos participantes da mesma (AYRES, 2009).

Para que a colaboração entre os agentes envolvidos na construção civil passe por melhorias, Crespo (2007) acredita que a utilização de um modelo aberto seja uma boa alternativa, visto que o acesso às informações da obra pode ser facilitado ao fazer uso de um padrão disponível para todos – o qual pode ser ajustado de acordo com as necessidades particulares de cada indivíduo.

A integração dos dados gerados por programas diferentes faz com que seja necessário a elaboração de padrões de interoperabilidade que possibilitem o intercâmbio irrestrito de informações, ao mesmo tempo que confere sua consistência. Com esse propósito, em 1995, surgiu a *International Alliance for Interoperability* (IAI), nos EUA. Denominada BuildingSMART, essa associação foi fundada por grandes organizações do setor construtivo, pesquisadores e agentes da construção civil e tem como finalidade o estabelecimento de padrões para o setor em destaque. Assim, a IAI elaborou o padrão IFC (*Industry Foundation Classes*), o qual é aberto e neutro, permitindo o compartilhamento de dados entre inúmeras ferramentas computacionais (KYMELL, 2008).

Conforme citado por Crespo (2007), o padrão IFC foi elaborado como uma maneira de armazenar, categorizar e padronizar os elementos existentes na construção civil, delimitando as características dos objetos por meio de classes.

No uso do padrão aberto IFC, os dados criados em determinado programa são transformados para esse formato neutro, possibilitando que todas as informações elementares sejam transferidas corretamente e lidas por outras ferramentas que também leiam arquivos com esse formato. Assim, assegura a compatibilização entre os modelos elaborados em programas distintos, sem que ocorra o desperdício da informação (KYMMEL, 2008).

O padrão aberto IFC ainda é pouco usado no setor da construção, visto que ainda necessita ser melhor desenvolvido. Contudo, espera-se que o IFC seja visto como um padrão na área da construção civil, uma vez que o mesmo já é utilizado pela maioria das ferramentas BIM (EASTMAN, 2014).

Por fim, cabe salientar que a evolução do projeto de empreendimentos ainda se configura como uma tarefa fragmentada, marcada por serviços independentes e elaborados de maneira individual.

2.3.5. Implementação do BIM

Vários autores apresentam diferentes pontos de vista para a implementação do BIM em escritórios de projeto. Alguns utilizam métodos empíricos, com práticas pessoais, e outros evidenciam a relevância das análises da utilização do BIM em escritórios. Além disso, percebe-se o aumento no número de elaboração de guias relacionados à implementação do BIM, os quais são criados, geralmente, por órgãos públicos e associações. A seguir, serão abordadas algumas metodologias que serviram como base para as análises dos estudos de caso na presente pesquisa.

Vale destacar, que a seleção da metodologia para implementação deve estar em conformidade com as peculiaridades de cada escritório, como porte e serviços realizados. Além disso, também deve ser considerado o contexto, tratado com um aspecto determinante para que se tenha uma implementação do BIM de modo eficaz (SOUZA, 2016).

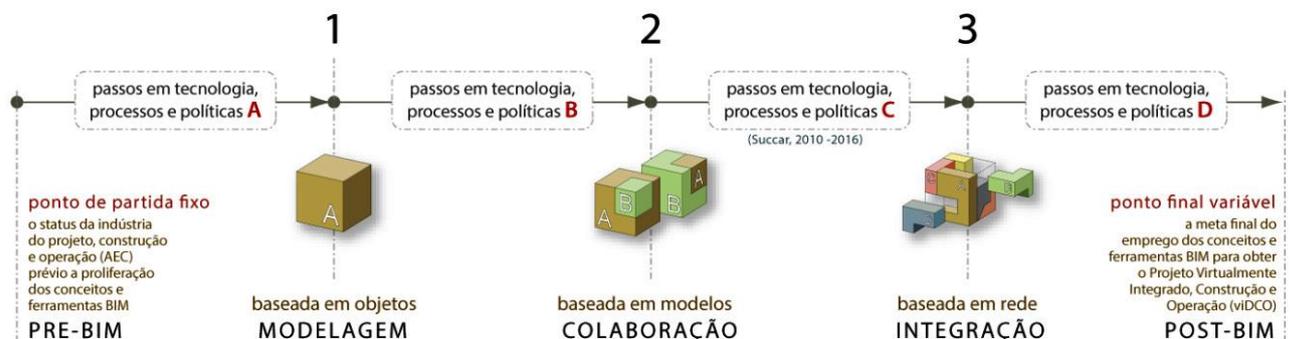
Segundo Arayici (2011), introduzir efetivamente o BIM em um escritório demanda grandes transformações na forma de trabalhar e em praticamente todos os processos do empreendimento. A capacitação da equipe quanto à utilização de novas ferramentas não é suficiente. Também faz-se necessária a revisão dos processos de trabalho, a qualificação da equipe quanto aos conceitos pertinentes ao BIM e a inclusão de novas tarefas.

Para a implementação do BIM em um escritório, é recomendado que se realize um diagnóstico da empresa, analisando detalhadamente as práticas frequentes. Posteriormente, deve ser elaborado um plano de ação contendo as transformações desejadas e o que deve ser realizado para uma introdução eficaz do BIM. Por fim, deve-se executar o que foi planejado, sendo imprescindível realizar avaliações frequentes acerca do uso da metodologia (ARAYICI, 2011).

Succar (2012) apresenta um método de acompanhamento e operacionalização da implementação do BIM para identificar a maturidade do seu uso em um escritório de projeto, denominado Matriz de Maturidade BIM. Esse método é composto por cinco elementos de processo de implementação: a) Capacidade BIM; b) Maturidade BIM; c) Competências BIM; d) Escalas Organizacionais; e e) Níveis de Granularidade.

A Capacidade BIM é determinada como as mínimas habilidades necessárias que um escritório deve possuir para a execução das tarefas referentes ao conceito de BIM. Esse elemento é dimensionado por meio dos Estágios BIM, segmentados pelos Passos BIM (Figura 13) (SUCCAR, 2012).

Figura 13: Estágios de Capacidade BIM em Escritórios.



Fonte: Succar, 2012.

A autora estabelece os estágios evolutivos e os requisitos mínimos que um escritório ou organização necessita atingir para que tenha o conceito implementado. São mencionados os seguintes estágios:

- a) **Pré-BIM**: ponto inicial antecedente à propagação dos conceitos e ferramentas BIM.
- b) **Estágio 1** – Modelagem com base em objetos. Neste estágio, os usuários produzem modelos de disciplinas únicas no projeto, os quais são utilizados para automatizar o desenvolvimento, a coordenação, a documentação e as visualizações tridimensionais. Os demais processos englobam a exportação de dados (como quantitativos de esquadrias, materiais, custos, entre outros) e a exportação de modelos 3D em formatos não paramétricos.

c) **Estágio 2** – Colaboração com base em modelos. Com a evolução das habilidades individuais na elaboração de modelos de disciplinas através da realização dos requisitos do estágio 1. Além disso, no estágio 2 os profissionais colaboram ativamente com projetistas de disciplinas diferentes. O que pode acontecer através de diversos caminhos tecnológicos, a depender das ferramentas BIM utilizadas por cada profissional. A criação de modelos BIM a partir da colaboração pode ocorrer apenas em uma etapa ou entre duas etapas do ciclo de vida da construção; por exemplo, intercâmbio entre projeto e execução da obra ou manutenção.

d) **Estágio 3** – Integração com base em rede. No Estágio 3, os modelos são elaborados, compartilhados e integrados de forma colaborativa. Essa integração pode ser ocorrer através de ferramentas tecnológicas servidoras de modelos BIM.

e) **Post-BIM**: estágio final da aplicação de todos os conceitos e ferramentas da modelagem da informação da construção, abrangendo todos os seus aspectos. Seria a utilização ideal do BIM, com a integração de todos os agentes da construção envolvidos e a colaboração de todas as informações durante todo o ciclo de vida de um empreendimento.

A Maturidade BIM trata da qualidade, da produtividade e do nível de excelência que os serviços são realizados. As etapas de maturidade permitem a obtenção de dados relativos à agilidade de execução e qualidade do modelo produzido. A Maturidade BIM pode ser usada para distinguir dois escritórios que estão no mesmo estágio de Capacidade BIM. Essa avaliação é efetuada por meio do índice de Maturidade BIM, que possui cinco níveis, conforme demonstrado na Figura 14.

Figura 14: Estágios de Maturidade BIM em Escritórios.



Fonte: Succar, 2012.

a) **Inicial (Ad-hoc)**: as ferramentas BIM foram introduzidas, contudo observa-se a inexistência de uma estratégia global. Os processos e políticas referentes ao uso do BIM não estão definidos. Não foram realizadas preparações prévias para a utilização do BIM. A adoção do BIM ocorre a partir de esforços individuais. Evidencia-se a inexistência de processos e padrões, além da inexistência de distribuição formal de funções.

b) **Definido:** a implementação do BIM é orientada pela visão da alta direção. Grande parte dos processos e políticas passam a ser documentados. O BIM é tratado como uma inovação e são constatadas possibilidades de negócio em decorrência do BIM, entretanto, elas não são exploradas. O heroísmo individual diminui, ao mesmo tempo em que se aumentam as habilidades na utilização do BIM dos demais membros da equipe. Nesse estágio, existem normas, manuais para capacitação, guias de trabalho e padrões de entrega. A colaboração com outros parceiros de projeto demonstra sinais de confiança.

c) **Gerenciado:** nesse nível, os planos de ação do escritório são detalhados, com propósitos claros. A visão do BIM é compartilhada entre todos os membros do escritório. As possibilidades de negócio que surgem em decorrência do BIM são admitidas e utilizadas no marketing do escritório. O modelo BIM e as informações obtidas a partir dele (como as representações bidimensionais, quantitativos de esquadrias, especificações de materiais, etc.) são gerenciadas. São previstas na colaboração com projetistas externos aspectos referentes aos compromissos na utilização do BIM e seus riscos.

d) **Integrado:** a implementação do BIM e a otimização dos processos e dos projetos estão integradas na organização, na estratégia e na gestão do escritório. As possibilidades de negócio que surgem em decorrência do BIM fazem parte da vantagem competitiva e é utilizado para captar mais clientes. A seleção e a instalação de ferramentas BIM são fundamentadas em objetivos estratégicos e não apenas em necessidades operacionais. Os níveis de produtividade são previsíveis e consistentes. As normas concernentes ao uso do BIM são integradas ao programa de gestão de qualidade. Percebe-se uma boa colaboração com projetistas externos e as entregas de projetos são sincronizados.

e) **Otimizado:** os membros da equipe absorveram a visão e todos os conceitos do BIM. Os processos internos pertinentes ao BIM e sua gestão são frequentemente revisados, a fim de alinhar a produção com os objetivos do escritório, possibilitando melhorias na produtividade. Resumindo, há um processo constante de revisão dos objetivos e estratégias na utilização do BIM no escritório.

A evolução, a contar dos estágios iniciais para os finais, indica melhor controle na utilização do BIM, conferindo melhor desempenho nas atividades realizadas no escritório de projeto.

O outro elemento para a análise avaliativa do uso do BIM em escritórios são as Competências BIM, as quais são definidas como um composto hierárquico de competências direcionadas à implementação da metodologia em destaque. Succar (2012) classifica as Competências BIM em três blocos, cada um abrangendo seus aspectos de análise do escritório:

- **Tecnologia:** trata-se do domínio de um escritório que utiliza BIM em relação a softwares, hardwares e redes. A utilização de programas e a capacidade dos equipamentos do escritório em gerenciar os arquivos BIM são imprescindíveis para que se tenha qualidade no fluxo de trabalho. Do mesmo modo, a capacidade e a forma de compartilhamento de arquivos e armazenamento de informações do escritório é importante para o processo de trabalho envolvendo várias disciplinas.

- **Processos:** são definições que interferem na elaboração dos projetos dentro de um escritório, no processo e nas relações entre os membros da equipe. Os aspectos listados são: gerenciamento de recursos humanos, atividades, fluxos de trabalho, elaboração de produtos e serviços entregues, forma de liderança e gerenciamento no uso do BIM no escritório.

- **Políticas:** refere-se a habilidades dos escritórios em se organizar e se encaixar aos padrões normativos vigentes relacionados ao uso do BIM na indústria construtiva. Assim, compreende programas de treinamento dos membros da equipe, utilização de normas, guias e relações contratuais.

Succar (2016) classificou cada aspecto por níveis evolutivos (inicial, definido, gerenciado, integrado e otimizado). Cada nível apresenta suas definições de forma a auxiliar na análise no uso do BIM nas organizações. Nos Quadros a seguir constam os aspectos que serão analisados na presente pesquisa e os estágios evolutivos com suas definições de acordo com cada bloco das Competências BIM.

Quadro 3: Matriz de Maturidade BIM – Competências BIM – Tecnologia – Software.

Tecnologia - Software	
Inicial	O uso de softwares não é monitorado e regulamentado. Os modelos 3D são utilizados principalmente para gerar representações em 2D. O uso de dados, armazenamento e trocas não são definidas dentro das organizações ou das equipes de projeto. As trocas sofrem de uma grande falta de interoperabilidade.
Definido	O uso e a introdução de software é unificada dentro do organização ou das equipes de projeto. Os modelos 3D são produzidos para gerar entregáveis em 2D e em 3D. O uso de dados, armazenamento e trocas são bem definidos dentro da organização e das equipes de projeto. A interoperabilidade é definida e priorizada.
Gerenciado	A seleção e o uso de softwares é gerenciada e controlada de acordo com o tipo de entregáveis definidos. Os modelos BIM são bases para as vistas 3D, representações 2D, quantificações, especificações e estudos analíticos. O uso de dados, armazenamento e as trocas são monitorados e controlados. O fluxo de dados é documentado e bem gerenciado. A interoperabilidade é obrigatória e monitorada de perto.
Integrado	A seleção e a implantação de softwares seguem os objetivos estratégicos da empresa e não apenas os requisitos operacionais. O processo de modelagem e seus entregáveis são bem sincronizados através dos projetos e firmemente integrados com os processos do negócio. O uso de dados, o armazenamento e as trocas são regulamentados e executados como parte global da organização ou como estratégia de uma equipe de projetos.
Otimizado	Os softwares e seus usos são continuamente atualizados e revistos para aumentar a produtividade e alinhar com os objetivos estratégicos. Os entregáveis do processo de modelagem BIM são otimizados e revisados ciclicamente para se beneficiarem de novas funcionalidades dos softwares e suas extensões disponíveis. Todos os assuntos relacionados ao armazenamento, uso e troca de dados são documentados, controlados, refletidos e proativamente revistos.

Fonte: Succar, 2016 (traduzido por Manzione, 2016). Adaptado pelo autor, 2019.

Quadro 4: Matriz de Maturidade BIM – Competências BIM – Tecnologia – Hardware.

Tecnologia - Hardware	
Inicial	Os equipamentos para uso do BIM são inadequados; as especificações técnicas existentes são muito baixas para a organização. A troca ou atualização dos equipamentos são tratados como itens de custo e realizados apenas quando são inevitáveis.
Definido	As especificações dos equipamentos, apropriadas para a entrega de produtos e serviços em BIM, são definidas, orçadas e normalizadas em toda a organização. As atualizações e substituições de hardware são itens de custo bem definidos.
Gerenciado	Existe uma estratégia estabelecida para documentar, gerenciar e manter o equipamento para uso do BIM. O investimento em hardware é bem orientado para melhorar a mobilidade do pessoal (quando necessário) e aumentar a produtividade do BIM.
Integrado	As implantações de equipamentos são tratadas como viabilizadoras do BIM. O investimento em equipamentos é integrado firmemente com os planos financeiros, as estratégias de negócios e com os objetivos de desempenho.
Otimizado	Os equipamentos existentes e as soluções inovadoras são continuamente testadas, atualizadas e implantadas. O hardware torna-se parte da vantagem competitiva da organização ou da equipe do projeto.

Fonte: Succar, 2016 (traduzido por Manzione, 2016). Adaptado pelo autor, 2019.

Quadro 5: Matriz de Maturidade BIM – Competências BIM – Tecnologia – Rede.

Tecnologia - Rede	
Inicial	As soluções de rede são inexistentes ou provisórias. Indivíduos, organizações (único local / dispersos) e equipes de projeto usam qualquer que seja a ferramenta para se encontrar, comunicar e compartilhar dados. As partes interessadas não têm a infraestrutura de rede necessária para coletar, armazenar e compartilhar conhecimento.
Definido	As soluções para compartilhamento de informações e controle de acesso são identificadas dentro e entre organizações. No projeto, as partes identificam as suas necessidades de compartilhamento de dados/informações. As organizações e as equipes de são conectadas por meio de conexões de banda relativamente baixas.
Gerenciado	As soluções de rede para a coleta, armazenamento e compartilhamento do conhecimento dentro e entre as organizações são geridas através de plataformas comuns. As ferramentas de gerenciamento de conteúdo e de ativos são implantadas para regular os dados através de conexões de banda larga.
Integrado	As soluções de rede permitem múltiplas facetas do processo BIM para ser integrado através do compartilhamento em tempo real de dados, informações e conhecimento. As soluções incluem redes/portais de projeto específicos que permitem o intercâmbio de dados intensivos entre as partes interessadas.
Otimizado	As soluções de rede são continuamente avaliadas e substituídas pelas últimas inovações testadas. As redes facilitam a aquisição de conhecimento, armazenamento e compartilhamento entre todas as partes interessadas. A otimização dos canais de dados, processos e comunicações integradas é rígida.

Fonte: Succar, 2016 (traduzido por Manzione, 2016). Adaptado pelo autor, 2019.

Quadro 6: Matriz de Maturidade BIM – Competências BIM – Processos – Liderança e Gerenciamento.

Processos - Liderança e Gerenciamento	
Inicial	Líderes sêniores e gerentes tem visões variadas a respeito do BIM. A implementação do BIM é conduzida sem uma estratégia e através de "tentativa e erro". O BIM é tratado como uma tecnologia; a inovação não é reconhecida como um valor.
Definido	Líderes sêniores e gerentes adotam uma visão comum sobre BIM. A implementação BIM sofre por falta de detalhes. O BIM é tratado como uma mudança de processos baseada em tecnologia.
Gerenciado	A visão para a implementação do BIM é comunicada e entendida pela maioria dos colaboradores. A implementação do BIM é casada com planos de ações detalhados e com um regime de monitoramento.
Integrado	A visão é compartilhada através de toda a equipe da organização e pelos parceiros externos de projetos. A implementação do BIM, seus requisitos, processos e inovações de produtos e serviços são integrados na estratégia.
Otimizado	Os agentes externos internalizaram a visão do BIM. A estratégia de implementação do BIM é continuamente revista e realinhada com outras estratégias.

Fonte: Succar, 2016 (traduzido por Manzione, 2016). Adaptado pelo autor, 2019.

Quadro 7: Matriz de Maturidade BIM – Competências BIM – Políticas – Preparatória.

Políticas - Preparatória	
Inicial	Muito pouco ou nenhum treinamento disponível ao pessoal do BIM. Os meios para a educação e formação não são adequados para alcançar os resultados buscados.
Definido	Os requisitos de treinamento são definidos e fornecidos quando necessários. Os treinamentos são variados, permitindo flexibilidade na entrega do conteúdo.
Gerenciado	Os requisitos de treinamento são gerenciados para aderirem aos amplos objetivos de competência e desempenho pré-definidos. Os treinamentos são adaptados para atingirem os objetivos de aprendizagem de uma maneira rentável.
Integrado	O treinamento é integrado nas estratégias organizacionais e metas de desempenho. Ele é tipicamente baseado nas funções e seus respectivos objetivos de competência. Os meios de treinamento são incorporados ao conhecimento e aos canais de comunicação.
Otimizado	O treinamento é continuamente avaliado e melhorado. A disponibilidade de treinamento e seus métodos de entrega são adaptados para permitir o aprendizado contínuo e multimodal.

Fonte: Succar, 2016 (traduzido por Manzione, 2016). Adaptado pelo autor, 2019.

Quadro 8: Matriz de Maturidade BIM – Competências BIM – Políticas – Regulatória.

Políticas - Regulatória	
Inicial	Não existem diretrizes para o BIM; documentação de protocolos ou padrões de modelagem. Há uma ausência de documentação e padrões de modelagem. O controle de qualidade não existe ou é informal; nem para modelos 3D nem para a documentação. Não há nenhum valor de referência de desempenho dos processos, produtos ou serviços.
Definido	As diretrizes básicas do BIM estão disponíveis (ex.: manual de treinamento e padrões de entrega do BIM). Os padrões de modelagem e documentação estão bem definidos de acordo com os padrões aceitos no mercado. As metas de qualidade e as avaliações de desempenho estão definidas.
Gerenciado	As linhas-guia detalhadas do BIM estão disponíveis (treinamento, padrões, fluxo de trabalho). A modelagem, representação, quantificação, especificações e propriedades analíticas dos modelos 3D são gerenciadas através de planos de qualidade e padrões de modelagem detalhados. O desempenho em relação aos valores de referência é rigidamente monitorado e controlado.
Integrado	As diretrizes do BIM são integradas nas políticas e estratégias de negócios. Os padrões em BIM e critérios de desempenho são incorporados em sistemas de melhoria de gestão da qualidade.
Otimizado	As linhas-guia do BIM são continua e proativamente refinadas para refletir as lições aprendidas e as práticas recomendadas do setor. A melhoria da qualidade e a adesão aos regulamentos e códigos são continuamente alinhados e refinados. Os valores de referência são revistos repetidamente para garantir a melhor qualidade possível em processos, produtos e serviços.

Fonte: Succar, 2016 (traduzido por Manzione, 2016). Adaptado pelo autor, 2019.

Quadro 9: Matriz de Maturidade BIM – Competências BIM – Políticas – Contratual.

Políticas - Contratual	
Inicial	Os contratos seguem os modelos convencionais “pré-BIM”. Os riscos relacionados com base em modelos de colaboração não são reconhecidos ou são ignorados.
Definido	Os requisitos do BIM são reconhecidos. "Declarações definindo a responsabilidade de cada interessado em relação à gestão de informação" estão agora disponíveis.
Gerenciado	Há um mecanismo para gerenciar a propriedade intelectual compartilhada do BIM e existe um sistema de resolução de conflitos do BIM.
Integrado	A organização está alinhada através de confiança e dependência mútua, indo além das barreiras contratuais.
Otimizado	As responsabilidades os riscos e as recompensas são continuamente revistos e realinhados. Os modelos contratuais são modificados para conseguirem as melhores práticas e o maior valor à todas as partes interessadas.

Fonte: Succar, 2016 (traduzido por Manzione, 2016). Adaptado pelo autor, 2019.

O quarto elemento da Matriz de Maturidade BIM abordada por Succar (2012) é denominado Escalas Organizacionais, as quais são definidas por camadas onde o conceito de implementação do BIM, obrigatoriamente, percorre: organizacional, empreendimento e indústria.

O último elemento citado é denominado Níveis de Granularidade, que aborda um conjunto de padrões direcionados à evolução de competências na implementação do BIM. O modelo é composto pelos níveis graduais: descoberta, avaliação e preparo, certificação e auditoria.

Para Tobin (2008), a implementação do BIM é classificada por fases evolutivas, denominadas como BIM 1.0, BIM 2.0 e BIM 3.0. Para o autor, a etapa BIM 1.0 (fase inicial) é definida pela mudança na elaboração de projetos em CAD bidimensionais por modelos tridimensionais parametrizados. Contudo, nessa etapa, a elaboração do modelo é uma tarefa individualizada, limitado apenas aos projetistas, sem abranger profissionais de outras áreas. O propósito para o uso do BIM é melhorar a coordenação dos projetos e facilitar a elaboração de documentáveis.

Na etapa BIM 2.0, o modelo BIM passa a ser compartilhado aos demais profissionais, além dos comprometidos na elaboração de projetos arquitetônicos, estruturais e de instalações prediais. Além disso, os modelos são vinculados a dados para a realização de simulações, como prazos, análises orçamentárias, análise de eficiência energética e outros. Para isso, é fundamental a colaboração mútua entre os projetistas, empreendedores e construtores, com os cuidados necessários com relação à interoperabilidade dos dados, possibilitando o compartilhamento das informações entre os agentes envolvidos no processo.

A etapa BIM 3.0 é marcada pela realização do intercâmbio das informações entre todos os participantes na elaboração da construção, onde o mesmo efetuado através de formatos abertos, como o IFC. Esse padrão possibilita a colaboração dos modelos BIM entre aos agentes envolvidos com a obra. O modelo pode ser visto como um protótipo detalhado do empreendimento. Além disso, esse modelo BIM é disponibilizado através de uma base de dados com acesso por meio da internet, no qual os modelos BIM são produzidos de modo colaborativo em um ambiente tridimensional.

Segundo Tobin (2008), a implementação do BIM em um escritório e o progresso nas fases BIM 1.0 até BIM 3.0 não se resumem à introdução de uma nova tecnologia. Está relacionada à inserção de novos processos de trabalho, que abrangem um ambiente colaborativo e planejamento nas primeiras etapas do projeto. A colaboração dos modelos produzidos em BIM compreende recursos avançados de representação projetual, em conjunto ao compartilhamento contínuo de informações entre os inúmeros agentes envolvidos com a construção.

Jernigan (2013) classifica o uso do BIM em dois estágios: “*Little BIM*” e “*Big BIM*”. No estágio denominado “*Little BIM*”, o autor cita que a utilização de ferramentas projetuais em CAD é substituída por ferramentas BIM. Essa mudança interfere a elaboração de projetos e as melhorias são obtidas apenas no escritório. Esse é o estado em que a maioria dos membros da equipe tornam-se proficientes na modelagem em BIM e compreende seus conceitos. Além disso, inicia-se um processo mais colaborativo, aumentando a capacidade para o intercâmbio de informações, para a capacidade de checagem de erros e para análises de projeto.

No estágio “*Big BIM*”, o trabalho acontece de forma global. Dessa forma, o uso do BIM não acontece de forma isolada, na qual as informações são incorporadas em um contexto mais abrangente. Existe o envolvimento entre os participantes envolvidos no processo, como os projetistas, o proprietário e a obra. Além disso, as informações referentes ao projeto são compartilhadas em repositório interoperável.

De acordo com Hardin e McCool (2015), para ter-se uma implementação do BIM efetiva é necessário fazer uma análise de como essa metodologia compõe-se com os objetivos do escritório, como poderá ser usufruída no futuro e o que deve ser feito para que o escritório obtenha êxito. Os proprietários precisam estar comprometidos com a implementação, a fim de decidirem as estratégias que serão utilizadas, especialmente ao que se refere a investimentos em software, hardware e processos.

Os autores elencam dez passos para que a implementação da metodologia BIM seja bem-sucedida, conforme Quadro 10:

Quadro 10: Passos para que a implementação do BIM seja bem-sucedida de acordo com Hardin e McCool.

Passos	Ações
Passo 1	Solicitar auxílio de um BIM Manager
Passo 2	Estimar o prazo e os custos para implementação de uma ferramenta BIM
Passo 3	Elaborar um plano integrado
Passo 4	Implementar os princípios do BIM aos poucos
Passo 5	Manter o BIM manager atualizado
Passo 6	Auxiliar o BIM manager para o início de um departamento
Passo 7	Flexibilizar o plano elaborado
Passo 8	Gerar recursos
Passo 9	Examinar a implementação frequentemente
Passo 10	Acompanhar propostas de novas ferramentas, atualizações e tendências no mercado

Fonte: Hardin e McCool, 2015. Adaptado pelo autor, 2019.

Jensen e Jóhannesson (2013) também acreditam que o fator principal na implementação do BIM é realizar as mudanças aos poucos. A introdução de uma metodologia de projeto diferente engloba questões relacionadas a recursos humanos, o que pode ser difícil em um escritório, pois é comum que alguns profissionais se sintam ameaçados pela nova forma de trabalho. Esse fato deve ser levado em consideração como um bom motivo para que os escritórios implementem o BIM aos poucos.

Gu e London (2010) acreditam que, na implementação do BIM, precisam ser ponderados os fatores técnicos e, também, os não técnicos. Além disso, sua inserção pode acontecer de modo versátil, a depender do grau de maturidade e do entendimento das pessoas envolvidas nos processos. Para os autores, os fatores técnicos estão ligados a questões sobre interoperabilidade, seleção de objetos paramétricos, configurações de softwares etc. Por outro lado, os fatores classificados como não técnicos estão ligados a questões culturais e de metodologia de trabalho, como formação estrutural do escritório, capacitação dos profissionais, contratações, planejamentos etc.

De acordo com Tardif (2009), o investimento com programas computacionais e cursos de capacitação, apesar de ser significativo, é vantajoso com relação à possível melhora na produtividade do escritório após a consolidação do BIM. Dentro da estratégia planejada para a implementação do BIM, a seleção das ferramentas que serão utilizadas e as definições

referentes a capacitação da equipe devem ser realizadas de acordo com os objetivos previstos para o escritório.

De acordo com Succar (2012), com relação à difusão do BIM em um escritório ou organização, duas expressões devem ser levadas em consideração: *top-down* e *bottom-up*. Para o autor, a abordagem *top-down* é provocada por uma autoridade que obriga a introdução de uma solução que julga como promissora. Em uma escala macro, tem-se as exigências governamentais para a utilização do BIM, como as leis que regem o seu uso, por exemplo. Em uma escala micro, acontece quando a gerência da organização exige a introdução de uma solução específica, como a exigência do proprietário de um escritório. Em decorrência dessas imposições, às vezes obrigatórias, as soluções começam a disseminar-se.

Na abordagem *bottom-up*, a introdução da solução dá-se sem obrigatoriedade. Em uma escala macro, é quando organizações de pequeno porte empregam uma solução inovadora e esta se torna uma prática comum, sendo disseminada aos poucos. Em uma escala micro, é quando profissionais de cargos mais baixos de uma empresa empregam uma solução inovadora e, ao com o passar do tempo, esta é reconhecida e, posteriormente, acolhida pela média e alta gerência da organização (SUCCAR, 2012).

É importante evidenciar que o apoio governamental posiciona o setor da construção para uma maior adoção do BIM. A depender do suporte dado, pode ser criado um ambiente que corrobore para um interesse mais generalizado com relação ao BIM, possibilitando a sua evolução (KASSEM, 2015).

2.3.5.1. Benefícios

O uso do BIM proporciona numerosos benefícios. Conforme afirmações de Kymmel (2008) e Eastman (2014), os principais são: aumento significativo da produtividade; melhoria da qualidade gráfica de documentação de projetos; melhoria na coordenação de projetos; melhoria da comunicação interdisciplinar; redução significativa na redundância de dados; redução do retrabalho, de erros e consecutivamente ocorre a redução do tempo na elaboração de projetos e de custos; maior facilidade no gerenciamento de alterações; maior controle de informações de projeto; e expansão do mercado de atuação do escritório, em decorrência da elaboração de novos produtos, como análises de insolação, elaboração de imagens foto realistas etc.

Eastman (2014) ressalta que, mesmo com os benefícios do BIM, a implementação dessa metodologia requer um longo prazo para que seja alcançada a maturidade, além da necessidade de ser frequentemente aprimorada.

A utilização de modelos tridimensionais auxilia o entendimento de projetos para todos os indivíduos, não sendo limitada somente aos que possuem habilidades técnicas referentes à construção civil (KYMMEL, 2008). Isso simplifica a percepção do cliente, colaborando para a produção de soluções mais ajustadas aos seus objetivos.

Segundo a SmartMarket Report (2014), após pesquisa com escritórios de projeto nos Estados Unidos e no Reino Unido, foram evidenciados os seguintes benefícios proporcionados pelo uso do BIM: melhor entendimento de projetos; diminuição de problemas na etapa de execução oriundos de erros projetuais e erros de coordenação; elaboração de projetos mais eficientes por conta da praticidade para realização de análises projetuais; melhoria no planejamento de projetos; e melhoria no controle orçamentário de projetos.

A SmartMarket Report (2014), também efetuou uma pesquisa com os contratantes dos escritórios de projeto dos maiores mercados do setor construtivo, no qual o Brasil estava incluso. Foram evidenciadas as seguintes vantagens decorrentes da utilização do BIM: redução de erros; melhoria na troca de informação entre os proprietários e os escritórios de projeto; melhoria na reputação do escritório; redução de retrabalho; redução de preços das obras; melhoria no controle de custos; e redução na duração de projetos.

Cabe destacar que os contratantes recebem inúmeras vantagens com a utilização do BIM e, por ser um dos agentes mais favorecidos, deveriam estimular o uso da metodologia em escritórios de projeto (KYMMEL, 2008).

2.3.5.2. Dificuldades e desafios

Embora os contratantes também se favoreçam com o aumento do uso do BIM, são os escritórios de projeto contratados que gastam e se arriscam com a transformação (KYMMEL, 2008). No atual cenário do mercado brasileiro, em especial no setor da construção civil, os custos e riscos são acentuados. Além disso, os escritórios precisam aplicar altos investimentos em computadores que suportem os usos do BIM, ferramentas atualizadas e capacitação de pessoal. Ainda há a possibilidade de esses escritórios não obterem os retornos financeiros esperados após a implementação das mudanças (KASSEM, 2015).

Por esses motivos, a maior parte das obras na construção civil ainda são desenvolvidas com uso do método tradicional, apesar das melhorias dos softwares desenvolvidos pelos fabricantes e aumento na divulgação do BIM. Percebe-se que o setor de projetos resiste às mudanças propostas pelo BIM, havendo diversos fatores que corroboram para que ocorra essa resistência. Entre eles, Eastman (2014) evidencia a necessidade de tempo e de recursos

financeiros dos escritórios para a implementação do BIM, além da necessidade da aprendizagem de uma nova maneira de elaborar os projetos.

Para a utilização do BIM é necessário ter habilidades para a elaboração de projetos e entendimento relacionado a técnicas construtivas, uma vez que essa metodologia de projeto visa a simulação de uma obra, fato que pode tornar-se um obstáculo para sua utilização por estudantes ou profissionais da área da construção civil formados recentemente, caso as universidades não lecionem sobre o BIM em suas grades curriculares (GOETZE, 2014).

Outro ponto a ser destacado é a desigualdade tecnológica que existe entre o ensino superior e o setor da construção civil, fato que se apresenta-se como mais uma barreira na obtenção de pessoal especializado. Na sociedade contemporânea, onde a tecnologia passa por mudanças aceleradas, observa-se que os cursos de graduação não conseguem acompanhar essa evolução (GOETZE, 2014).

A dificuldade de encontrar profissionais especializados faz com que os escritórios tenham que oferecer cursos de capacitação aos membros da sua equipe, demandando tempo e custos financeiros. Outrossim, existem ocasiões em que profissionais resistem à mudança na forma de trabalhar por estarem acostumados a outra metodologia (KYMMEL, 2008).

As ferramentas BIM, embora tenham se desenvolvido significativamente, ainda apresentam dificuldades no seu uso. Ruschel (2013) aponta que, com relação aos programas em BIM, existem empecilhos para a adequação de alguns objetos para a elaboração de projetos e a existência de algumas ferramentas complexas, que demandam tempo para a criação dos modelos. A autora afirma também que, para que a prática da construção em BIM seja efetiva, é importante a participação da indústria responsável pelos fornecimentos de materiais e elementos construtivos, a partir do fornecimento de dados dos seus próprios produtos.

Outro ponto a ser destacado é que ainda é limitada a quantidade de profissionais utilizando BIM de modo efetivo, por ser considerada uma tecnologia recente e em processo de adaptação no setor da construção civil. Esse fato provoca o isolamento dos escritórios que passaram a projetar em BIM, limitando o uso do potencial oferecido pela metodologia (EASTMAN, 2014).

2.3.5.3. Dimensões do modelo BIM

Kymmell (2008) considera que uma das peculiaridades do BIM é a forma como os projetos estão dispostos e a conexão entre as informações que o compõem – o que é designado como dimensões do modelo BIM. Quanto maior a quantidade de dimensões existentes em um

modelo BIM, mais detalhes construtivos poderão ser extraídos dele, facilitando na obtenção de informações (KASSEM, 2015).

O 2D está em uma ferramenta de desenho com duas dimensões (largura e comprimento). Pode-se citar como exemplo o software AutoCAD, no qual os desenhos não têm ligação entre si. São apenas linhas desconexas. No BIM 3D consta um modelo que compreende dados tridimensionais (larguras, comprimentos e espessuras) e informações dos componentes construtivos, como paredes, esquadrias, telhados e outros. Essa ferramenta apresenta um modelo em que as representações são conectadas, na qual toda alteração feita em uma vista será efetuada em todas as outras vistas automaticamente. Além disso, há a possibilidade de obter-se informações referentes a quantitativo de materiais, elaboração de documentáveis de modo automático e checagem de erros (KASSEM, 2015).

Unindo os dados referentes ao cronograma das construções ao modelo BIM 3D tem-se o BIM 4D, que é concernente ao planejamento e ao gerenciamento de um empreendimento. Essa ferramenta permite simular a construção de obras, melhorando as análises anteriormente à etapa de execução (KASSEM, 2015).

A partir do BIM 5D, pode-se obter a estimativa orçamentária, fato que facilita a elaboração de relatórios dos gastos para a execução de uma obra em qualquer etapa construtiva (KASSEM, 2015).

O modelo BIM 6D está ligado à sustentabilidade e análises sobre consumo de recursos naturais. Essa ferramenta pode ser usada para análises referentes à utilização de energia elétrica, solar, consumo de água e outros recursos (KASSEM, 2015).

A partir do uso do BIM 7D pode-se realizar simulações quanto à manutenção e custos operacionais ou até a demolição de uma construção. A partir de dados, pode-se estimar, por exemplo, o tempo de validade de materiais, auxiliando nas tomadas de decisão para sua manutenção ou demolição (KASSEM, 2015).

A Figura 15 sintetiza as dimensões do modelo BIM.

Figura 15: Dimensões do modelo BIM.



Fonte: Kassem, 2015. Adaptado pelo autor, 2019.

2.3.5.4. Nível de detalhamento do modelo BIM

Diversos dos benefícios da utilização do BIM em projetos dependem do grau de detalhamento dos componentes existentes nas representações, os quais se desenvolvem a cada etapa da construção de uma obra, desde as primeiras fases do projeto até após a sua execução.

Com o intuito de analisar as etapas em que os projetos são produzidos, com relação aos padrões de representação, o Instituto Americano de Arquitetos (AIA) elaborou a ideia de *Level of Detail* (LOD), o qual foi introduzido na norma *Document E202 – 2008 – BIM Protocol Exhibit*. Assim, o LOD evidencia as particularidades pertinentes ao nível de detalhamento que um componente do modelo BIM é elaborado (AIA, 2008).

Para isso, o AIA (2008) delimitou cinco níveis evolutivos de detalhe, padronizando as informações demandadas por cada nível, relacionando em quais tipos de representações esses níveis devem utilizados. Cada LOD é fundamentado e contém todas as especificações do LOD anterior a ele. Esses níveis de detalhes são direcionados a todas as disciplinas de projeto (arquitetura, estrutura, instalações prediais, entre outros).

No LOD 100, denominado de fase conceitual, são representados os estudos volumétricos da obra. Pode conter áreas, volumes, localização geográfica e orientação das construções. Os modelos elaborados em BIM podem ser usados para a documentação das etapas da construção, para simulações orçamentárias, entre outros (AIA, 2008).

No LOD 200, ou geometria aproximada, os componentes do projeto passam a ser modelados genericamente, contendo as informações geométricas aproximadas, como medidas e pesos, por exemplo. Além disso, os modelos podem conter dados não geométricos (AIA, 2008).

No LOD 300, denominado geometria precisa, os componentes são modelados de exatamente de acordo com suas informações reais, contendo medidas precisas, por exemplo (AIA, 2008).

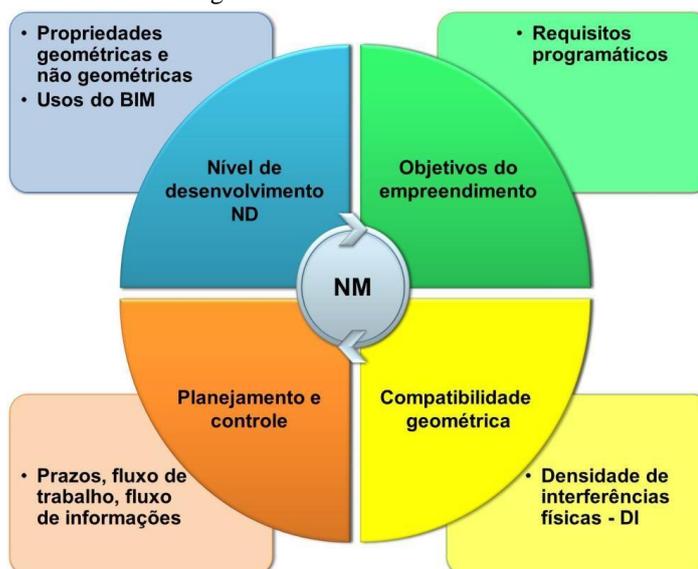
No LOD 400, o qual é utilizado para projetos de execução, os componentes existentes no projeto passam a ser modelados com o propósito de serem executados. Assim, são elaborados com as medidas precisas, possuindo os detalhamentos completos para sua execução (AIA, 2008).

No LOD 500, designado para construções concluídas, os componentes projetuais são modelados de acordo com o que já foi construído, apresentando detalhes precisos da edificação (AIA, 2008).

Manzione (2013) acredita que a definição de “nível de detalhe”, denominada LOD na bibliografia do AIA e também é mencionado como “nível de desenvolvimento”, apresenta contradições. Para o autor, o AIA não diferencia os dois conceitos, considerando que ambos têm o mesmo significado. Por acreditar que há contradições nesse modo de denominação, o autor sugere um novo conceito denominado de “nível de maturidade”, que define o nível de detalhamento de um projeto em relação aos seus escopos previamente delimitados. Os escopos compreendem os objetivos da construção detalhados a partir de dados geométricos e não geométricos, por meio da “compatibilidade geométrica” e por meio do “sistema de planejamento e controle”.

Outrossim, o Nível de Maturidade de um modelo é definido a partir dos aspectos: nível de desenvolvimento (ND), objetivos do empreendimento, compatibilidade geométrica, planejamento e controle (MANZIONE, 2013). A Figura 16 mostra o Nível de Maturidade proposto por Manzione (2013).

Figura 16: Nível de Maturidade.



Fonte: Manzione, 2013.

2.3.5.5. O BIM e a colaboração entre escritórios de projeto

Os escritórios de projeto possuem processos de gestão que determinam a introdução de qualquer tecnologia adotada. Conforme citado anteriormente, existem benefícios e desafios na implementação da metodologia BIM em escritórios de projeto. Porém, é fundamental levar em consideração que cada empresa apresenta suas peculiaridades (KASSEM, 2015).

A utilização inadequada do BIM em escritórios de projeto pode dificultar o processo de projeto. Fazer uso do BIM erroneamente, sem conhecimento da metodologia por parte dos membros da equipe e dos parceiros externos, afetam negativamente na elaboração dos projetos (ITO, 2007).

Aos profissionais de projeto acostumados a projetar a partir de ferramentas tradicionais (geometrias bidimensionais) são exigidos mudar sua forma habitual de produzirem projetos ao adotarem BIM. Os agentes da construção civil, que a constroem de forma fragmentada, precisam enxergar seus parceiros de projeto como uma equipe única, trabalhando colaborativamente (EASTMAN, 2014).

Um dos princípios do BIM é a ideia de inserir um processo colaborativo entre os agentes envolvidos nas construções. A utilização dessa metodologia gera valor, contanto que os dados produzidos durante a elaboração de projetos sejam compartilhados e administrados de forma correta, tanto internamente nos escritórios de projeto, quanto com participantes externos (EASTMAN, 2014).

Na projeção em BIM, a colaboração entre os membros das equipes acontece, inicialmente, interna nos escritórios. Em seguida, a colaboração se estende, alcançando os parceiros externos. Os fatores referentes às possibilidades de interoperabilidade entre ferramentas BIM são destacados nessa fase. É essencial que exista facilidade de interoperabilidade entre os programas nesse processo (SUCCAR, 2012).

A inexistência de modelos BIM de projetos complementares influencia na eficiência do processo de projeto e na execução da obra. A colaboração deve ser elaborada com a participação de todos os agentes, sejam clientes ou construtores. A forma com que os escritórios de projeto se relacionam com esses agentes interfere na qualidade do produto (SUCCAR, 2012).

Succar (2012) ressalta que uma das grandes barreiras na utilização do BIM está na cultura da própria indústria construtiva, que apresenta fragilidade na interoperabilidade em BIM, visto que muitas organizações não adotaram a metodologia, provocando a fragmentação cultural.

A colaboração entre os profissionais de projeto carece de uma pré-definição do processo de projeto que será efetuado entre as partes, a fim de possibilitar o intercâmbio de informações por meio dos modelos BIM, ao mesmo tempo em que ocorrem as alterações projetuais (EASTMAN, 2014).

É importante salientar que o processo de projeto em CAD e outros métodos projetuais também exige a troca de informações entre o projeto de arquitetura e os projetos complementares. Entretanto, o processo de projeto em BIM pode aumentar significativamente a interação entre os projetos elaborados por profissionais das várias disciplinas (KYMMEL, 2008).

Nesse sentido, o uso de ferramentas de análises de erros projetuais entre disciplinas é um artifício poderoso e fundamental para o uso efetivo do BIM. Com relação aos modelos de projetos complementares produzidos em BIM, a compatibilização auxilia na percepção dos elementos que não estão contidos no modelo BIM de arquitetura. Os principais benefícios provenientes da prática da compatibilização entre modelos BIM são o controle dos projetos e a visualização prévia de possíveis erros que, eventualmente, podem existir na etapa de execução de obra (KYMMEL, 2008).

Nos capítulos seguintes, as classificações serão aplicadas a um escritório tomado como Caso de Referência e a mais três escritórios localizados na cidade de Maceió, adotados como Estudos de Caso.

3. ESTUDO DE REFERÊNCIA

Este item apresenta o estudo de referência realizado em um escritório de projeto de arquitetura que se destaca no cenário brasileiro pelo uso do BIM. Adotou-se como referência para pesquisa o escritório Contier Arquitetura, o qual é apresentado a seguir.

3.1. Perfil do escritório

O estudo de referência a seguir trata-se de um escritório de arquitetura pioneiro na adoção do BIM no Brasil, implantando este método projetual em 2002. Além de gerenciar a compatibilização e análise de interferências em projetos multidisciplinares em BIM, a empresa destaca-se por ser uma das primeiras empresas no mundo a possuir um servidor BIM próprio, com acesso direto pelos clientes (CONTIER, 2018).

A Contier Arquitetura foi fundada em 1981. Tem sede situada na cidade de São Paulo e uma filial na cidade do Rio de Janeiro. O quadro de funcionários principal do escritório é composto por nove arquitetos, dentre os quais um dos arquitetos é o sócio fundador – Luiz Augusto Contier –, além de duas engenheiras civis (CONTIER, 2018). O arquiteto e urbanista Luiz Augusto Contier é professor e presidente do Conselho Deliberativo da Associação Brasileira de Escritórios de Arquitetura (AsBEA).

O escritório atua em projetos comerciais, industriais, residenciais e, também, na área de transportes (CONTIER, 2018). Segundo Contier (2015), o escritório foi o primeiro, no Brasil, a ser contratado em uma licitação para o desenvolvimento de um projeto de um empreendimento complexo e de grande porte que exigia o uso de BIM: a sede da Petrobras, em Santos-SP. No contrato firmado pelas partes envolvidas, foi exigido, pela primeira vez, a compatibilização de modelos BIM de projetos da disciplina de arquitetura com outros vinte projetos de diversas disciplinas.

Além da sede da Petrobras, o escritório Contier Arquitetura elaborou, com auxílio do BIM, o projeto da Vila dos Atletas, dos Jogos Olímpicos e Paralímpicos de 2016, no Rio de Janeiro. O empreendimento foi composto por 31 torres de 17 pavimentos e 3.604 apartamentos.

No setor privado, podemos destacar o projeto do Edifício B32, localizado em São Paulo, por ser o primeiro edifício de grande porte projetado em BIM (CONTIER, 2018). O empreendimento foi avaliado em 1 bilhão de reais e as obras tem previsão de conclusão em 2019 (SOARES, 2017).

3.2. Implementação do BIM no escritório Contier Arquitetura

O processo de implementação do BIM no escritório Contier Arquitetura foi abordado por Maciel (2014). De acordo com o autor, a necessidade do BIM no referido escritório ocorreu em 2002, durante o desenvolvimento do projeto do Terminal de Ônibus Sacomã, na cidade de São Paulo (Figura 17), quando uma decisão política durante o processo de projeto alterou os tipos de ônibus que circulariam no Terminal, mudando as alturas das plataformas. O fato ocorreu quando o projeto estava em uma fase adiantada e já contabilizava aproximadamente duas mil pranchas. As alterações deveriam ser feitas em todos os desenhos técnicos (plantas, vistas, cortes e fachadas), em todos os projetos, o que, obviamente, dificultaria o controle da qualidade do que estava sendo produzido naquele momento. Diante desse problema, o arquiteto Luiz Augusto Contier contactou a empresa desenvolvedora de *softwares* Autodesk, questionando sobre a possibilidade de utilizarem um software com a capacidade de absorver alterações no projeto, sem causar tantos transtornos na documentação produzida. Naquele momento, a Autodesk tinha comprado recentemente os direitos do programa computacional Revit, além da empresa fundadora da ferramenta BIM (Charles River Software), por esse motivo, a própria Autodesk ainda não tinha domínio sobre a ferramenta (MACIEL, 2014).

Figura 17: Terminal de Ônibus Sacomã, em São Paulo, projetada pelo escritório Contier Arquitetura, em 2002.



Fonte: CittaMobi, 2019⁸.

Devido aos acontecimentos relatados, o escritório Contier Arquitetura foi o primeiro, no Brasil, a adquirir o *software* Revit. Entretanto, foi necessário que os profissionais envolvidos no projeto aprendessem a utilizar o novo *software* e adotar o método de projeto em BIM, que até então era desconhecido. Posteriormente, o escritório Contier Arquitetura e a Autodesk realizaram uma parceria com o objetivo de fazerem melhorias do desempenho do Revit, incluindo a tradução da ferramenta para o português, realizado por uma das sócias do escritório (MACIEL, 2014).

No início, o escritório teve dificuldades no processamento dos projetos elaborados, visto que todas as disciplinas eram desenvolvidas em um único modelo. Ao solicitar ajuda ao

⁸ Imagens disponíveis em: <https://www.cittamobi.com.br/home/terminal-sacoma-onibus/>. Acesso em: 02 ago. 2019.

suporte da Autodesk sobre como obter melhor desempenho, o próprio suporte se surpreendeu com o grande número de dados inseridos em um único modelo. Maciel (2014) afirma que, na época da introdução do BIM, o escritório não tinha parceiros para trocar experiências relacionadas ao uso da ferramenta, mas, com o passar do tempo, vários escritórios adotaram o BIM, haja vista que clientes, como a Petrobrás, passaram a obrigar a utilização de BIM no desenvolvimento de projetos executivos. Por ser pioneiro, a experiência do escritório Contier Arquitetura é uma das mais completas a nível mundial.

Diante dos fatos, a implementação do BIM no escritório deu-se no nível micro, com uma abordagem *top-down* – conforme termos definidos por Succar (2012) –, haja vista que a adoção do BIM aconteceu de forma obrigatória, sendo provocada por uma autoridade, que, no caso em questão, tratou-se do arquiteto Luiz Augusto Contier. No nível macro, o escritório adotou uma solução inovadora que se tornou uma prática comum, sendo aprimorada com o passar do tempo.

É notório que, naquele momento, a equipe do escritório não conhecia os desafios da implementação do BIM e na utilização dessa ferramenta. Sequer a própria empresa detentora dos direitos do *software* tinha noção das dificuldades que seriam enfrentadas pelos profissionais nas tarefas diárias e dos possíveis impactos que o emprego desse novo método de trabalho poderia trazer para os serviços inerentes ao projeto – aspectos importantes, como defendido por Arayici (2011).

A partir do exposto, observa-se que a implementação do BIM no escritório Contier Arquitetura se deu sem a previsão das fases de diagnóstico e da realização de um plano de ação, conforme orientam Oliveira (2005) e Arayici (2011). O caso em questão levou em consideração apenas o aprendizado de um novo programa computacional, sem considerar os possíveis impactos nos processos de trabalho. Partiu-se para a aplicação da ferramenta, empregando o BIM diretamente em um projeto, não sendo previamente realizado um estudo piloto. Dessa forma, verifica-se que a mudança do método de projeto não ocorreu de forma gradual, como sugere Jensen e Jóhannesson (2013).

Por fim, é esperado que a implementação do BIM tenha trazido benefícios para a Contier Arquitetura, porém, não foram encontrados dados acerca desses benefícios nas referências consultadas. O Quadro 11 apresenta síntese sobre o nível de tecnologia para uso do BIM na Contier Arquitetura.

Quadro 11: Quadro-síntese acerca da implementação do BIM na Contier Arquitetura.

Implementação do BIM	
Abordagem para implementação (SUCCAR, 2012)	<i>Top-down</i>
Motivo da implementação do BIM	Melhoria na produtividade.
Desafios iniciais na implementação do BIM	Metodologia de projeto desconhecida, ausência de parceiros usuários de BIM, problema no processamento de projetos multidisciplinares, dificuldades no uso de software, problemas de representação gráfica e necessidade de tempo para treinamento de pessoal.
Benefícios	Informação desconhecida.

Fonte: acervo do autor, 2019.

3.3. Nível de tecnologia para o uso do BIM no escritório Contier Arquitetura

Com relação à tecnologia, Rodrigues (2018), Maciel (2014) e Martins (2018) descrevem que a Contier Arquitetura trabalha com o software Revit para modelagem BIM de todos os projetos, como dito anteriormente. Ambos afirmam que a empresa também utiliza o Navisworks, para a detecção de conflitos de informações entre as diversas disciplinas envolvidas nos projetos. Os dois softwares BIM são da Autodesk. Segundo Martins (2018), quando não é utilizado o servidor BIM próprio, o compartilhamento de modelos BIM com agentes externos acontece por meio do software AutoDoc (servidor de armazenamento de dados online).

No escritório em destaque, toda a documentação extraída dos projetos desenvolvidos em BIM é automatizada. Para isso, a quantidade e a profundidade de informações que são extraídas do modelo são definidas previamente e depende diretamente do template, que é atualizado com frequência. Além disso, todos os documentáveis são originados a partir de um modelo único, sendo assim, qualquer modificação realizada no modelo, é atualizada automaticamente em todas as representações, o que assegura maior confiança nos documentos elaborados (MACIEL, 2014).

Como a Contier Arquitetura geralmente trabalha com projetos complexos, que podem chegar a incluir 28 disciplinas variadas (arquitetura, estrutura, elétrica, hidráulica, incêndio, análise de iluminação, entre outras), os arquivos por vezes passam de 1 GB (Gigabyte) de tamanho, o que demanda computadores potentes (MACIEL, 2014).

Com isso, observa-se que a seleção e o uso dos softwares, que são parte dos objetivos estratégicos do escritório e estão em harmonia com o processo de projeto do escritório. As ferramentas BIM são gerenciadas e controladas de acordo com o tipo de entregáveis previamente estabelecidos. Os modelos BIM servem como base para a exportação de vistas tridimensionais, representações, informações referentes a quantificações, especificações e estudos analíticos. Além disso, há sincronismo no processo de modelagem e seus entregáveis, os quais são integrados com os processos no escritório. A interoperabilidade entre os softwares é exigida e monitorada. Rodrigues (2018) afirma que as ferramentas BIM e seus usos são monitorados e atualizados com frequência, bem como os processos de modelagem, seus entregáveis, as trocas de dados e as formas de armazenamento. Assim, em conformidade com a classificação de Succar (2016) acerca do aspecto “tecnologia: software”, considerou-se que a Contier Arquitetura atingiu o nível “otimizado”.

Quanto ao uso de hardwares, o escritório trabalha com *workstations*, que são atualizados a fim de suprirem bem as necessidades demandadas para a projeção em BIM. Por exemplo, as máquinas no escritório, em 2014, tinham processador com *clock* (velocidade) de alta capacidade e memória RAM entre 24Gb e 32Gb, pois a empresa considera ideal as máquinas possuírem memória RAM superior a vinte vezes o tamanho, em GB, dos arquivos dos projetos. Para a empresa, o disco rígido não necessita possuir muita capacidade de armazenamento. Contudo, deve ser rápido na transferência de dados, já que a realização do trabalho é em rede e o arquivo é registrado no servidor. Também não precisam de placa de vídeo dedicada, visto que ela seria utilizada apenas para a renderização do modelo, mas não é uma tarefa comum no escritório (MACIEL, 2014).

As informações acima mostram que os equipamentos utilizados são tratados como viabilizadores do BIM, onde o investimento em peças computacionais é integrado com os planos orçamentários do escritório e com os objetivos de desempenho. Além disso, o escritório mantém seus hardwares atualizados. Logo, acerca do aspecto “tecnologia: hardware”, definido por Succar (2016), considerou-se que o escritório já ultrapassou o nível “integrado” e está atualmente no nível “otimizado”.

Contier (2018), Martins (2018), Rodrigues (2018) e Maciel (2014), afirmam que o escritório realiza compartilhamento de dados em tempo real através do servidor BIM próprio. Esse intercâmbio de dados dá-se entre agentes internos e também com agentes externos. Assim, no quesito “tecnologia: rede”, o escritório já atingiu o nível “integrado” consoante à Matriz de Maturidade BIM de Succar (2016). Não é possível afirmar que o escritório atingiu o nível “otimizado”, pois não foi obtida nenhuma informação quanto à frequência de avaliações e

atualizações acerca das soluções de rede e sobre a rigidez nos processos de comunicação da Contier Arquitetura.

O Quadro 12 apresenta síntese sobre o nível de tecnologia para uso do BIM na Contier Arquitetura.

Quadro 12 : Quadro-síntese acerca da tecnologia para uso do BIM na Contier Arquitetura.

Nível de Tecnologia	
Ferramentas BIM	Revit: modelagem BIM e desenvolvimento de projetos arquitetônicos, estruturais, de instalações prediais e projetos complementares. Navisworks: detecção de interferências entre disciplinas. AutoDoc: compartilhamento de arquivos.
Software (SUCCAR, 2016)	Otimizado
Hardware (SUCCAR, 2016)	Otimizado
Rede (SUCCAR, 2016)	Integrado ⁹

Fonte: acervo do autor, 2019.

3.4. Organização do escritório

Conforme citado anteriormente, os projetistas e os agentes internos e externos atuantes juntos ao escritório Contier Arquitetura trabalham com uma visão compartilhada de requisitos, processos e produtos em BIM e aplicam esse método na prática projetual. Além disso, de acordo com Rodrigues (2018), há a reavaliação do uso do BIM liderada pelo fundador da Contier Arquitetura. Portanto, de acordo com a classificação de Succar (2016) acerca do aspecto “processos: liderança e gerenciamento”, considerou-se que a empresa atingiu o nível “otimizado”.

Maciel (2014) e Rodrigues (2018) afirmam que na Contier Arquitetura são realizados treinamentos para os novos membros da equipe, passando primeiramente tarefas mais simples e, pouco a pouco, aprimorando o aprendizado dos mesmos. Os treinamentos são adaptados para atingirem os objetivos de aprendizagem dos funcionários de forma que eles possam desenvolver as atividades que lhe competem. Entretanto, não existem políticas constantes de treinamento. Assim, pode-se classificar a empresa no nível “gerenciado”, de acordo com a classificação de Succar (2016) acerca do aspecto “políticas: preparatória”.

⁹ Classificação atribuída pois não se obtiveram maiores informações quanto à frequência de avaliações e atualizações acerca das soluções de rede, bem como sobre a rigidez nos processos de comunicação do escritório.

As diretrizes para a projeção em BIM internamente são protocoladas e fazem parte do treinamento inicial dos novos funcionários da equipe, os quais são atualizados com frequência e armazenadas no servidor, que pode ser acessado por todos funcionários. Os protocolos elencados por Rodrigues (2018) são:

- Procedimento para Codificação de Documentos e Nomenclatura de Arquivos e Diretórios;

- Procedimento para Elaboração de Planos da Qualidade
- Procedimento para Controle de Documentos e Registros da Qualidade
- Procedimento para Coordenação de Projetos
- Procedimento para Verificação de Documentos
- Procedimento para Realização de Auditorias
- Procedimento para Controle de Produtos Não Conformes
- Procedimento para Ações Corretivas e Preventivas
- Procedimento para Elaboração de Propostas
- Procedimento para integração de disciplinas em CAD com disciplinas em BIM
- Procedimentos Administrativos – Recepção

Os documentos cruciais para uso do BIM no escritório são fragmentados em planos, elaborados pelas partes envolvidas em comum acordo, após a fase contratual. Dentre os documentos, podemos destacar o plano de execução BIM, no qual é apresentado aos projetistas os processos de trabalho, com a definição de ferramentas que serão usadas e suas versões, níveis de detalhamento dos entregáveis, a frequência das reuniões, cronogramas e fluxogramas de projeto, por exemplo (RODRIGUES, 2018).

Outro documento que merece destaque é o plano de nomeação dos arquivos. No documento constam definições de como cada arquivo precisa ser nomeado a partir de códigos, sílabas e números, possibilitando que todos os envolvidos identifiquem os arquivos do mesmo modo (RODRIGUES, 2018).

Além dos documentos citados, outro apontamento imprescindível é o plano de interoperabilidade dos modelos, que discrimina como os modelos BIM devem ser desenvolvidos e divididos, contendo também as coordenadas dos modelos e informações para os profissionais que irão produzir os projetos complementares com o objetivo de utilizarem a mesma referência, para que os modelos se encaixem corretamente. Segundo Rodrigues (2018), o documento é de simples compreensão e tem como propósito orientar os agentes participantes do projeto, tanto os que já conhecem essa forma de trabalho no escritório, mas, principalmente,

aqueles que nunca trabalharam dentro desse método. Dessa forma, o escritório tem a segurança do controle sobre os processos.

É importante mencionar que o escritório Contier Arquitetura alinha as práticas gerenciais para o uso do BIM às normas técnicas nacionais. Para a elaboração dos documentos citados, o escritório baseia-se em normas técnicas como a NBR 15965 e a NBR 12006, além do Guia AsBEA: Boas Práticas em BIM¹⁰. A aplicação desses documentos são continuamente revisadas e acompanham as evoluções relativas ao BIM de acordo com as demandas dos projetistas, possibilitando a documentação de políticas de trabalho (RODRIGUES, 2018).

Ainda sobre os procedimentos adotados no escritório, cabe destacar que o conceito de LOD (*Level of Development* ou Nível de Desenvolvimento) não é aplicado na Contier Arquitetura. Ao invés desse conceito, o escritório faz uso de uma nomenclatura própria: NED (Nível de Evolução e Desenvolvimento). Assim, é usada a classificação NED 100, 200 e 300, similar ao conceito LOD, para delimitar o nível de detalhamento necessário para cada componente do projeto. Por exemplo, os componentes construtivos em projetos de arquitetura e engenharia, como paredes, portas, pisos e outros, são entregues em NED 300, nos quais os componentes do projeto são modelados de modo preciso quanto às suas dimensões, quantidades, orientação e localização (RODRIGUES, 2018).

Desta forma, tendo em vista que as diretrizes do BIM são integradas nas políticas e estratégias de negócios e na gestão de qualidade do escritório, além de serem repetidamente revistas e atualizadas, considerou-se que a Contier Arquitetura atingiu o nível “otimizado” acerca do aspecto “políticas: regulatória”, de acordo com a classificação de Succar (2016).

Como a Contier Arquitetura é considerada uma referência nacional em BIM (MACIEL, 2014; MARTINS, 2018); RODRIGUES, 2018), muitos contratantes procuram o escritório justamente por este motivo. Segundo Rodrigues (2018), os contratos apresentam informações sobre a projeção em BIM, além dos padrões na utilização do método por parte do escritório. Dessa forma, os requisitos do BIM são reconhecidos nos contratos, gerando maior confiança para os contratantes

Destaca-se, ainda, que o escritório ganhou várias licitações para elaboração de projetos públicos onde há exigência de BIM, nas quais os editais e os contratos públicos reforçam os padrões no uso da modelagem da informação, o que, de acordo com Matos (2016) pode ser um forte aliado na fiscalização de obras públicas.

¹⁰ Disponível em: <http://www.asbea.org.br/manuais>

Pelos motivos citados, o escritório atingiu o nível “otimizado”, de acordo com a classificação de Succar (2016) acerca do aspecto “políticas: contratual”. O Quadro 13 apresenta síntese acerca da organização para uso do BIM na Contier Arquitetura.

Quadro 13: Quadro-síntese acerca da organização para uso do BIM na Contier Arquitetura.

Organização do escritório para uso do BIM	
Liderança e gerenciamento (SUCCAR, 2016)	Otimizado
Políticas: preparatória (SUCCAR, 2016)	Gerenciado
Políticas: regulatória (SUCCAR, 2016)	Otimizado
Políticas: contratual (SUCCAR, 2016)	Otimizado

Fonte: acervo do autor, 2019.

3.5. Gestão em BIM no escritório

O processo de projeto realizado pelo escritório Contier Arquitetura foi descrito por Martins (2018). De acordo com o autor, na fase do projeto básico, o escritório recebe o anteprojeto arquitetônico e estrutural no formato “.dwg”¹¹ e, em seguida, modela as curvas de nível, a estrutura e a arquitetura usando uma ferramenta BIM. No caso do em questão, trata-se do software Revit. Após a integração e a revisão das disciplinas arquitetura e estrutura, as mesmas são disponibilizadas aos demais projetistas para a elaboração dos projetos das instalações, também em BIM.

Após a produção de todos os projetos, realizam-se reuniões com frequência semanal com os profissionais envolvidos para integração dos projetos, checagem de erros e determinação de soluções. As compatibilizações dos projetos são efetuadas por pavimento, usando o Navisworks, ferramenta BIM (MARTINS, 2018).

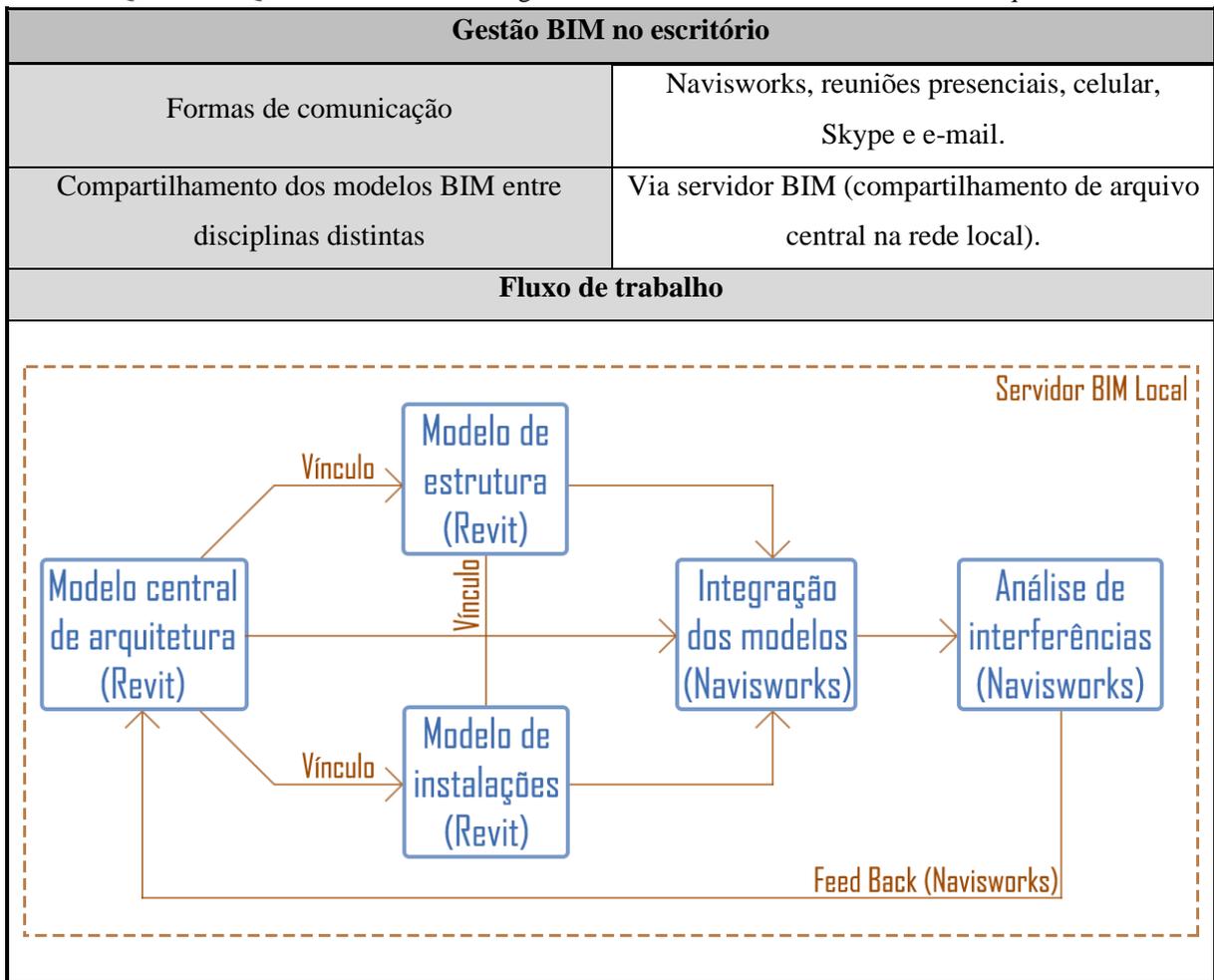
Os membros participantes do processo efetuam downloads e uploads dos modelos BIM das disciplinas projetadas por meio de um servidor local. Ainda nas etapas iniciais de projeto, as disciplinas modeladas são reunidas para que seja feita a checagem de interferências. Este processo que continua até o desenvolvimento final do projeto (MARTINS, 2018).

Ainda segundo Martins (2018), o escritório usa a ferramenta BIM Navisworks para colaboração comunicativa entre os funcionários. Além disso, os projetistas também se comunicam por meio de encontros presenciais ou contatos via celular, Skype e e-mail.

O Quadro 14 apresenta síntese acerca da gestão BIM e fluxo de trabalho na Contier Arquitetura.

¹¹ “.dwg” é o formato nativo de arquivo para o software AutoCAD® da Autodesk.

Quadro 14: Quadro-síntese acerca da gestão BIM e fluxo de trabalho na Contier Arquitetura.



Fonte: acervo do autor, 2019.

3.6. Integração com agentes externos

De acordo com Martins (2018), a administração das tarefas referentes à colaboração entre todos os agentes envolvidos com a obra, assim como a integração das várias disciplinas do projeto, é de responsabilidade do escritório da Contier Arquitetura e do empreendedor.

Observa-se em Maciel (2014), Contier (2018), Martins (2018) e Rodrigues (2018) que a colaboração da Contier Arquitetura com agentes externos geralmente ocorre através do compartilhamento do servidor BIM da empresa. Entretanto, conforme informado por Martins (2018), a colaboração do escritório com projetistas externos dá-se, também, através do compartilhamento de arquivos via *software* AutoDoc, que é um servidor de armazenamento de dados online.

Segundo Martins (2018), os entregáveis para os clientes seguem em arquivos nos formatos PDF¹², DWG e IFC¹³.

O Quadro 15 apresenta síntese acerca da integração com agentes externos na Contier Arquitetura.

Quadro 15: Quadro-síntese acerca da integração com agentes externos na Contier Arquitetura.

Integração com agentes externos	
Compartilhamento de modelos BIM com agentes externos	Via servidor BIM próprio ou via software AutoDoc.
Formato de entrega de arquivos para clientes	PDF, DWG e IFC.

Fonte: acervo do autor, 2019.

3.7. Estágio de implementação do BIM

Quanto ao estágio de implementação do BIM na Contier Arquitetura, o escritório pode ser classificado no estágio “BIM 3.0”, segundo a classificação de Tobin (2008). A classificação deve-se ao fato dos modelos em BIM serem compartilhados com profissionais de diferentes disciplinas, como arquitetura, estrutura e instalações prediais, além de que as várias dimensões do BIM são aplicadas nos projetos, como afirmado em Contier (2018). Ademais, o intercâmbio de informações entre os profissionais envolvidos na elaboração dos projetos em BIM é realizado por meio de um servidor BIM acessível através da internet, no qual os modelos elaborados em BIM são construídos de forma colaborativa.

Com relação ao escritório, este pode ser classificado no “Estágio 3”, de acordo com os estágios evolutivos definidos por Succar (2012) acerca da “Capacidade BIM”. O escritório se enquadra nesse estágio pelo fato de que os modelos BIM das disciplinas projetadas pela Contier Arquitetura servem como base para automatizar a produção, a documentação, a coordenação, as visualizações em três dimensões e também a extração de diversos dados. No processo de projeto, os membros do escritório colaboram por meio de modelos BIM de diversas disciplinas.

¹² “*Portable Document Format (PDF)* é um formato de arquivo usado para exibir e compartilhar documentos com segurança, independentemente do software, do hardware ou do sistema operacional. Inventado pela Adobe, o PDF agora é um padrão aberto mantido pela International Organization for Standardization (ISO). PDFs podem conter links e botões, campos de formulário, áudio, vídeo e lógica de negócios. Eles também podem ser assinados eletronicamente e são facilmente exibidos com o software gratuito Acrobat Reader DC”. Disponível em: <https://acrobat.adobe.com/br/pt/acrobat/about-adobe-pdf.html>. Acesso em: 11 set. 2019.

¹³ “O formato do arquivo *Industry Foundation Classes (IFC)* foi desenvolvido pela buildingSMART®. IFC fornece uma solução de interoperabilidade entre diferentes aplicativos de software. O formato estabelece padrões internacionais para importar e exportar objetos de construção e suas propriedades”. Disponível em: <https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/revit-products/learn-explore>. Acesso em: 11 set. 2019.

Além disso, os modelos são produzidos, compartilhados e integrados de forma colaborativa. Essa integração é alcançada por meio de um servidor BIM, como já citado.

Com relação à Maturidade BIM, classificada por Succar (2012), a Contier Arquitetura pode ser enquadrada no nível “Otimizado”. Evidenciou-se que as possibilidades de negócio decorrentes da utilização do BIM fazem parte e otimizam a vantagem competitiva do escritório. A seleção de ferramentas BIM se fundamenta em objetivos estratégicos, não apenas em necessidades operacionais. As normas referentes ao BIM – manuais para capacitação e diretrizes – são ligados ao sistema de gestão de qualidade. Os funcionários do escritório absorveram a visão do BIM e todos os processos internos inerentes a esse método e a sua gestão são revisados e reorganizados continuamente.

Avaliando-se de acordo com a classificação do uso do BIM citada por Jernigan (2013), o escritório trabalha de forma global, tendo em vista o compartilhamento de modelos desenvolvidos em BIM entre diversas disciplinas de projeto, além do fornecimento de informações para todas as partes envolvidas a partir de um repositório online e interoperável. Por isso, a Contier Arquitetura se enquadra no estágio “Big BIM”. O Quadro 16 sintetiza o estágio de implementação do BIM na Contier Arquitetura de acordo com as referências usadas neste estudo.

Quadro 16: Quadro-síntese acerca do estágio de implementação do BIM na Contier Arquitetura.

Estágio de implementação do BIM	
Segundo Tobin (2008)	BIM 3.0
Capacidade BIM (SUCCAR, 2012)	Estágio 3
Maturidade BIM (SUCCAR, 2012)	Otimizado
Segundo Jernigan (2013)	Big BIM

Fonte: acervo do autor, 2019.

O capítulo seguinte, apresenta os escritórios de Arquitetura localizados em Maceió usados como estudo de casos na presente pesquisa.

4. ESTUDO DE CASOS

O problema apresentado refere-se à elaboração de uma pesquisa inserida na realidade a partir do envolvimento de escritórios de arquitetura localizados na cidade de Maceió. Assim, este capítulo apresenta a descrição dos dados coletados no estudo de casos múltiplos com a caracterização dos escritórios de arquitetura selecionados, além da análise individual de cada escritório através da comparação com as referências bibliográficas encontradas.

4.1. Estudo de Caso 1

4.1.1. Perfil do escritório

O Estudo de Caso 1 trata-se de um escritório que atua em projetos de arquitetura na elaboração de projetos de residências de pequeno e grande porte, edifícios comerciais e residenciais e projetos urbanísticos. O escritório também possui reconhecimento local por transmitir suas experiências com BIM em palestras e cursos de capacitação de *software* BIM. A empresa possui quatro arquitetos e dois estagiários no seu quadro de funcionários. Um dos arquitetos é sócio fundador, proprietário e diretor do escritório (Figura 18).

Figura 18: Estrutura organizacional do Estudo de Caso 1.



Fonte: acervo do autor, 2019.

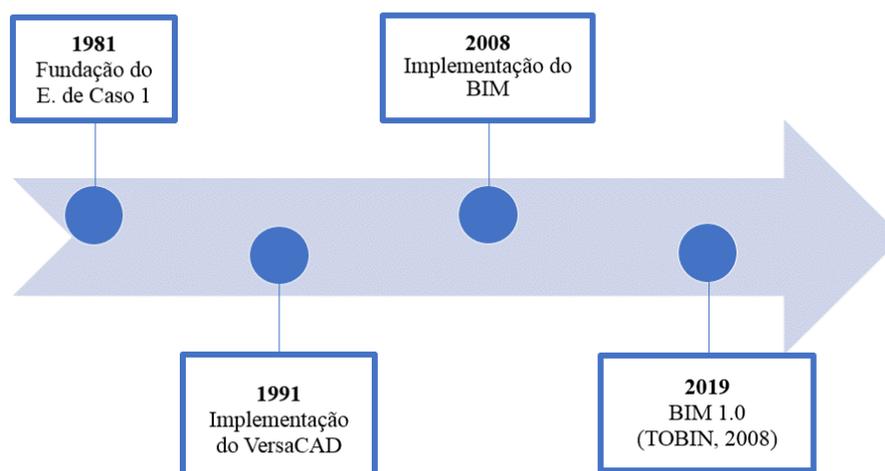
A empresa foi fundada em 1981 e, de acordo com o sócio fundador¹⁴, é o primeiro escritório no Nordeste no uso de tecnologia de computação para projeto de arquitetura. Desde 1991, o escritório desenvolve projetos com o uso do CAD, por meio do software VersaCAD. Em 2008, por decisão do sócio fundador, o escritório implementou o BIM na elaboração dos projetos de arquitetura, sendo o pioneiro, em Alagoas, na implementação do BIM. Este fato

¹⁴ Informação dada por meio de questionário.

deu-se pelo proprietário acreditar no alto potencial gerado a partir do uso do BIM na projeção voltada para a construção civil.

A Figura 19 apresentada linha do tempo considerando a data de fundação do escritório até o presente momento.

Figura 19: Linha do Tempo – Estudo de Caso 1.



Fonte: acervo do autor, 2019.

4.1.2. Implementação do BIM

Antes da implementação do BIM no escritório, alguns membros da equipe eram responsáveis pelas várias revisões de projetos. Entretanto, por se tratar de uma atividade difícil, passiva de erro e demorada, o sócio fundador pensou em uma transformação no então modelo de elaboração projetual.

A partir dessa problemática, decidiu-se pela implementação do BIM, a fim de aperfeiçoar a produtividade na empresa. Vale ressaltar que toda equipe conhecia os benefícios e as dificuldades na adoção e na utilização do BIM quando comparada ao processo de projeto em CAD. Por esse motivo, estavam cientes dos possíveis problemas que seriam enfrentados após as mudanças que uso do BIM poderia trazer para as tarefas de projeto, como defendido por Arayici (2011). Logo, não houve resistência dos membros do escritório em assumir o uso da modelagem da informação. Nesse sentido, Kassem (2015) afirma que uma das dificuldades previstas é a resistência cultural de indivíduos da equipe, sobretudo em relação à utilização de softwares. O que não aconteceu no Estudo de Caso 1.

Conforme definido por Succar (2012), a implementação quanto à forma de difusão do BIM aconteceu no nível micro, a partir de uma abordagem *top-down*, pois a adoção do BIM aconteceu de forma obrigatória, a partir da decisão do líder do escritório. No nível macro,

percebe-se que o escritório adotou uma solução julgada como promissora, a qual se tornou uma prática comum entre os membros da equipe, sendo aprimorada aos poucos.

No Estudo de Caso 1 não houve consultoria com relação à utilização do BIM, visto que, conforme os entrevistados, na época da implementação não existia ninguém em Maceió com entendimento aprofundado no assunto. Além disso, o sócio fundador possuía conhecimentos dos aspectos teóricos acerca do BIM. A presença de uma liderança propiciou a atenção necessária ao desenvolvimento efetivo da mudança, assim como o envolvimento da alta gerência no processo facilitou superar rapidamente as dificuldades encontradas.

No caso em questão, a presença de um gerente BIM ocasionou o uso de padrões definidos nos modelos, auxiliando o uso do BIM pelos profissionais e o controle da qualidade dos projetos de forma direta. De acordo com Barison (2011), esse especialista facilita a inserção da modelagem da informação da construção em um escritório, contribuindo para ao aprimoramento na utilização do BIM.

Então, o líder do escritório procurou aprimorar os processos de projeto e contatou a Autodesk, que substituiu as licenças do software AutoCAD para a ferramenta Revit. Na época, o software ainda era pouco utilizado no Brasil e a desenvolvedora do software auxiliou o escritório no uso da ferramenta. Os custos iniciais foram apenas com aprimoramento dos computadores. A capacitação dos funcionários aconteceu por meio de cursos ofertados pela própria Autodesk.

Arayici (2011) e Oliveira (2005) apontam que o planejamento em empresas de pequeno porte, como é o caso em questão, deve ser detalhado e rigoroso. Tse (2005) afirma que umas das barreiras na adoção do BIM são seus os custos elevados. No caso do escritório em estudo, a empresa não teve custos iniciais com softwares, o que diminuiu os gastos, e os treinamentos foram cedidos a partir de acordos realizados com a desenvolvedora do programa BIM utilizado. O custo mais elevado para o investimento foi com melhoria de hardware – que foi planejado pelo escritório.

Assim, o software AutoCAD foi substituído pelo Revit, o que fez com que o escritório fosse um dos primeiros a fazer uso da ferramenta em Alagoas. Vale salientar que o suporte da Autodesk manteve em contato permanente com escritório para ter ciência das dificuldades que os profissionais estavam tendo e apresentar soluções para seu correto funcionamento. Os problemas iniciais estavam relacionados à representação gráfica. Quanto às configurações para uso do Revit e a biblioteca de arquivos para uso nos projetos, ambas foram produzidas aos poucos pelos funcionários do escritório.

De acordo com o diretor da empresa, toda a mudança de tecnologia passa por um processo de transição. No caso da transição do CAD para o BIM, resultou em um tempo maior na elaboração dos projetos, até que fosse alcançado o domínio dos novos processos. Quanto ao aprendizado e ao uso do novo software, existiram algumas dúvidas referentes aos comandos e, algumas vezes, nem mesmo o suporte da Autodesk soube responder de forma satisfatória. Dessa forma, foi fundamental o estudo do mesmo para aprimoramento e resolução das questões que surgiam.

No início, os modelos BIM continham somente o projeto arquitetônico e eram oferecidos, para os clientes e os demais profissionais externos, os mesmos tipos de formatos quando os projetos eram desenvolvidos no AutoCAD (PDF e DWG). Embora todos os projetos fossem realizados com o uso da modelagem da informação, o diretor afirmou que a equipe não possuía conhecimento dos aspectos teóricos referentes ao BIM.

O desafio em inserir no escritório um novo método de projeto, antecipando a tendência tecnológica local, trouxe uma vantagem competitiva. Ainda que com dificuldades iniciais na implementação do BIM, o escritório adquiriu vantagens no aspecto tecnológico, conforme ressalta Grilo (2002).

Apesar da vantagem competitiva, evidencia-se que todas as transformações ocorreram de modo simultâneo à produção dos projetos. Esse fato vai de encontro ao que é defendido por Jensen e Jóhannesson (2013) e Oliveira (2005), recomendando que a transformação deve ser realizada aos poucos.

Também é possível constatar que não houve fases de diagnóstico e planejamento, como reforça Arayici (2011). Na etapa de implantação do BIM, foi considerado apenas o aprendizado de uma ferramenta de projeto e não uma mudança no processo de projeto. Assim, a inexistência dessa abordagem ocasionou problemas nas primeiras fases da implementação do BIM no escritório.

Atualmente, os documentos entregues pelo escritório aos contratantes são: plantas baixas, vistas, representações em 3D, tabelas de quantitativos etc. Estes entregáveis são extraídos a partir da modelagem de projetos em BIM.

A equipe do escritório considera que, depois da implementação da metodologia BIM, ao que se refere ao desempenho de novos projetos, percebeu-se melhora na produção, com maior qualidade e agilidade. Os benefícios citados após a mudança do método de projetar foram: aumento da produtividade, redução de erros projetuais, melhoria na coordenação e maior controle das informações de projeto, melhoria na reputação da empresa e expansão do mercado de atuação da empresa.

O Quadro 17 apresenta síntese acerca da implementação do BIM no Estudo de Caso 1.

Quadro 17: Quadro-síntese acerca da implementação do BIM no Estudo de Caso 1.

Implementação do BIM	
Abordagem para implementação (SUCCAR, 2012)	<i>Top-down</i>
Motivo da implementação do BIM	Melhoria na produtividade.
Desafios iniciais na implementação do BIM	Metodologia de projeto desconhecida, ausência de parceiros usuários de BIM, dificuldades no uso de software, problemas de representação gráfica e necessidade de tempo para treinamento de pessoal.
Benefícios após a implementação do BIM	Aumento da produtividade, redução de erros projetuais, melhoria na coordenação e maior controle das informações de projeto, melhoria na reputação da empresa e expansão do mercado de atuação da empresa.

Fonte: acervo do autor, 2019.

4.1.3. Tecnologia para uso do BIM

O único software BIM utilizado pelo escritório é o Autodesk Revit. Além do software para modelagem BIM, a empresa faz uso do AutoCAD apenas para abrir e preparar os arquivos externos para serem exportados para o Revit. A escolha do programa considerou como critério a inovação e a difusão dos softwares BIM no resto do mundo. O Revit é utilizado para modelagem BIM de projetos arquitetônicos, estruturais, de instalações prediais e detecção de erros entre as disciplinas. O escritório também realiza análise de insolação nos projetos a partir do software.

A licença da ferramenta BIM é atualizada anualmente pelo escritório. As versões dos softwares são atualizadas ocasionalmente. O líder do escritório não realiza as atualizações assim que é lançada uma nova versão do software, pois afirma que alguns dos seus parceiros de projeto não atualizam as versões regularmente, confrontando com uma limitação do programa. O Revit salva os arquivos apenas na versão do programa utilizado, não sendo possível salvar em uma versão anterior. Além disso, uma versão antiga do software não abre os arquivos criados em uma versão mais nova. Esse fato acaba impedindo, às vezes, a troca de informações. Por isso, o escritório não considera como necessidade a atualização do software concomitante ao lançamento de uma nova versão.

Observou-se que, no Estudo de Caso 1, a seleção e o uso dos softwares são parte dos objetivos estratégicos do escritório e não apenas requisitos operacionais. Os softwares são gerenciados e controlados de acordo com o tipo de entregáveis previamente definidos. Conforme informado em entrevista, os modelos BIM são bases para as vistas 3D, representações 2D, quantificações, especificações e estudos analíticos. Além disso, há sincronismo no processo de modelagem e seus entregáveis, os quais são integrados com os processos no escritório. A interoperabilidade é obrigatória e monitorada. A ferramenta BIM utilizada no escritório não é atualizada com frequência, mas seus usos são revistos com o propósito de aumentar a produtividade, bem como os processos de modelagem, entregáveis, as trocas de dados e as formas de armazenamento. Assim, de acordo com a classificação de Succar (2016) acerca do aspecto “tecnologia: software”, considerou-se que o Estudo de Caso 1 enquadra-se no nível “integrado”.

Os custos para as licenças de softwares e troca de alguns computadores e suas peças são previstos e planejados. O local de trabalho possui sete computadores, os quais possuem sistema operacional Windows. As máquinas possuem processadores com *clock* de alta capacidade e 16 Gb de memória RAM. Todas elas possuem placa de vídeo dedicada, pois são utilizados outros softwares para renderização dos modelos, como o Lumion e o Twinmotion. A manutenção das máquinas é realizada periodicamente por uma empresa de informática, a qual tem um contrato com o escritório em análise.

Os equipamentos utilizados são atualizados regularmente e tratados como viabilizadores do BIM, onde o investimento em hardware é integrado com os planos financeiros da empresa e com os objetivos de desempenho a fim de aumentar a produtividade. Logo, acerca do aspecto “tecnologia: hardware” definido por Succar (2016), considerou-se que o escritório enquadra-se no nível “otimizado”.

A empresa em estudo conta com um servidor interno para troca de dados entre os computadores. Ademais, é empregado um sistema de armazenamento em nuvem. A rede de internet possui velocidade de 100 MB/s (megabytes por segundo). Logo, o escritório não realiza compartilhamento de dados em tempo real através de servidor BIM. O intercâmbio de dados projetuais ocorre por meio de conexões de banda larga, tanto entre agentes internos, bem como com agentes externos. Assim, no quesito “tecnologia: rede”, o escritório enquadra-se no nível “gerenciado”, de acordo com a Matriz de Maturidade BIM de Succar (2012).

O Quadro 18 apresenta síntese acerca da Tecnologia para uso do BIM no Estudo de Caso 1.

Quadro 18: Quadro-síntese acerca da Tecnologia para uso do BIM no Estudo de Caso 1.

Tecnologia	
Ferramentas BIM	Revit: modelagem BIM para o desenvolvimento de projetos arquitetônicos, estruturais e de instalações prediais, detecção de interferências entre disciplinas e estudo de insolação.
Software (SUCCAR, 2016)	Integrado
Hardware (SUCCAR, 2016)	Otimizado
Rede (SUCCAR, 2016)	Gerenciado

Fonte: acervo do autor, 2019.

4.1.4. Organização do escritório

O encarregado da organização do BIM no escritório, ou o gerente BIM, é o sócio fundador e diretor da empresa, possuindo conhecimento sobre o tema. Ele delimita os processos de elaboração dos projetos e é responsável por escolher a ocasião para que os modelos de uma disciplina sejam compartilhados para os demais integrantes do escritório.

No Estudo de Caso 1, a visão do BIM é compartilhada por todos os projetistas internos e externos que atuam juntos ao escritório. A implementação do BIM, seus requisitos, processos e inovações de produtos são integrados na estratégia da empresa. Embora haja a reavaliação no uso do BIM pelo líder do escritório, informou-se que, mesmo que agentes externos tenham conhecimento sobre BIM, a maioria deles não aplicam seu uso na prática projetual. Portanto, de acordo com a classificação de Succar (2016) acerca do aspecto “processos: liderança e gerenciamento”, considerou-se que a empresa se enquadra no nível “integrado”.

Também foi constatado que no escritório não há funcionários com resistência ao BIM. Os novos contratados necessitam conhecer, como pré-requisito curricular, os conceitos básicos do BIM e o software Revit. Além disso, o escritório possui prática de ensino dos conceitos do BIM e da ferramenta em questão. O próprio sócio fundador quem faz a capacitação dos novos projetistas.

O aprendizado do BIM e das suas aplicações ocorre na prática e no seu constante uso. Os colaboradores internos não recebem cursos de capacitação com frequência, porém há o compartilhamento de informações de modo informal. Os treinamentos iniciais são realizados para que os funcionários consigam desenvolver as atividades previamente definidas para o uso do BIM e para cumprimento dos objetivos do escritório. Assim, de acordo com a classificação

de Succar (2016) acerca do aspecto “políticas: preparatória”, a empresa enquadra-se no nível “gerenciado”.

A empresa em análise se baseia em normas nacionais, como a NBR 15965 e a NBR 12006, e em conhecimentos adquiridos com o uso do BIM. As diretrizes para utilização do BIM estão disponíveis aos funcionários. As formas de trabalho em relação às normas não são revisadas com constância.

Além do exposto, o conceito de LOD (nível de detalhe) não é aplicado no Estudo de Caso 1. A empresa não utiliza nenhuma classificação para delimitar qual é o nível de informação necessária para cada elemento. Os padrões de modelagem e documentação são definidos de acordo com os padrões aceitos no mercado. Assim, de acordo com a classificação de Succar (2016) acerca do aspecto “políticas: regulatória”, considerou-se que o Estudo de Caso 1 enquadra-se no nível “definido”.

Apesar de alguns contratantes procurarem o escritório por utilizar BIM, verificou-se que os contratos não apresentam informações referente à projeção em BIM. Assim, os contratos que são realizados seguem os modelos tradicionais “pré-BIM”, fazendo com que o escritório esteja classificado no nível “inicial”, de acordo com a classificação de Succar (2016) acerca do aspecto “políticas: contratual”.

O Quadro 19 apresenta síntese acerca da organização para uso do BIM no Estudo de Caso 1.

Quadro 19: Quadro-síntese acerca da organização para uso do BIM no Estudo de Caso 1.

Organização do escritório	
Liderança e gerenciamento (SUCCAR, 2016)	Integrado
Políticas: preparatória (SUCCAR, 2016)	Gerenciado
Políticas: regulatória (SUCCAR, 2016)	Definido
Políticas: contratual (SUCCAR, 2016)	Inicial

Fonte: acervo do autor, 2019.

4.1.5. Gestão BIM no escritório

Quanto ao processo de projeto realizado pelo Estudo de Caso 1, os profissionais do escritório desenvolvem todos os projetos utilizando o Revit. Desde o estudo preliminar até o projeto executivo. Primeiramente são criadas as curvas de nível e o modelo em BIM do projeto arquitetônico. Em seguida, o modelo de arquitetura é enviado para parceiros externos para o dimensionamento da estrutura. Após a estrutura ser calculada, ela é modelada no Revit pelo

escritório em estudo, caso os agentes externos não usem BIM. Nos casos em que os projetistas externos trabalhem em BIM, o modelo BIM de estrutural é recebido em um arquivo do Revit. Após a criação dos modelos em BIM de arquitetura e estrutura, ambos são integrados e analisados no software Revit.

Posteriormente, são criados os modelos BIM dos projetos de instalações prediais. Esses modelos são vinculados no Revit para análise de interferências com os projetos de outras disciplinas. Com a verificação de interferências, são realizadas reuniões na busca de soluções dos possíveis erros encontrados. O processo se repete até que o projeto esteja devidamente finalizado.

Embora a interoperabilidade no Estudo de Caso 1 ser obrigatória e monitorada, não são utilizados artifícios de colaboração em BIM e comunicação através dos modelos BIM. O escritório adota relatórios como forma de comunicação entre os membros do escritório.

Para o gerente BIM, o método utilizado consta na reunião dos arquivos referentes a um projeto em um repositório online, no qual os agentes internos realizam o upload dos modelos BIM para um local de armazenamento em nuvem. É feito os downloads dos modelos enviados por todos, efetuam as análises dos projetos e, posteriormente, há uma reunião presencial, na qual são dispostos os problemas encontrados, erros de compatibilização e outras informações. Por fim, os problemas são solucionados e os arquivos enviados para a repetição do processo.

O sistema de compatibilização é feito a partir do software Revit. Os relatórios sobre os problemas encontrados são elaborados no Microsoft Word. Além dos relatórios e reuniões presenciais, os funcionários do escritório também se comunicam por meio de e-mail e celular.

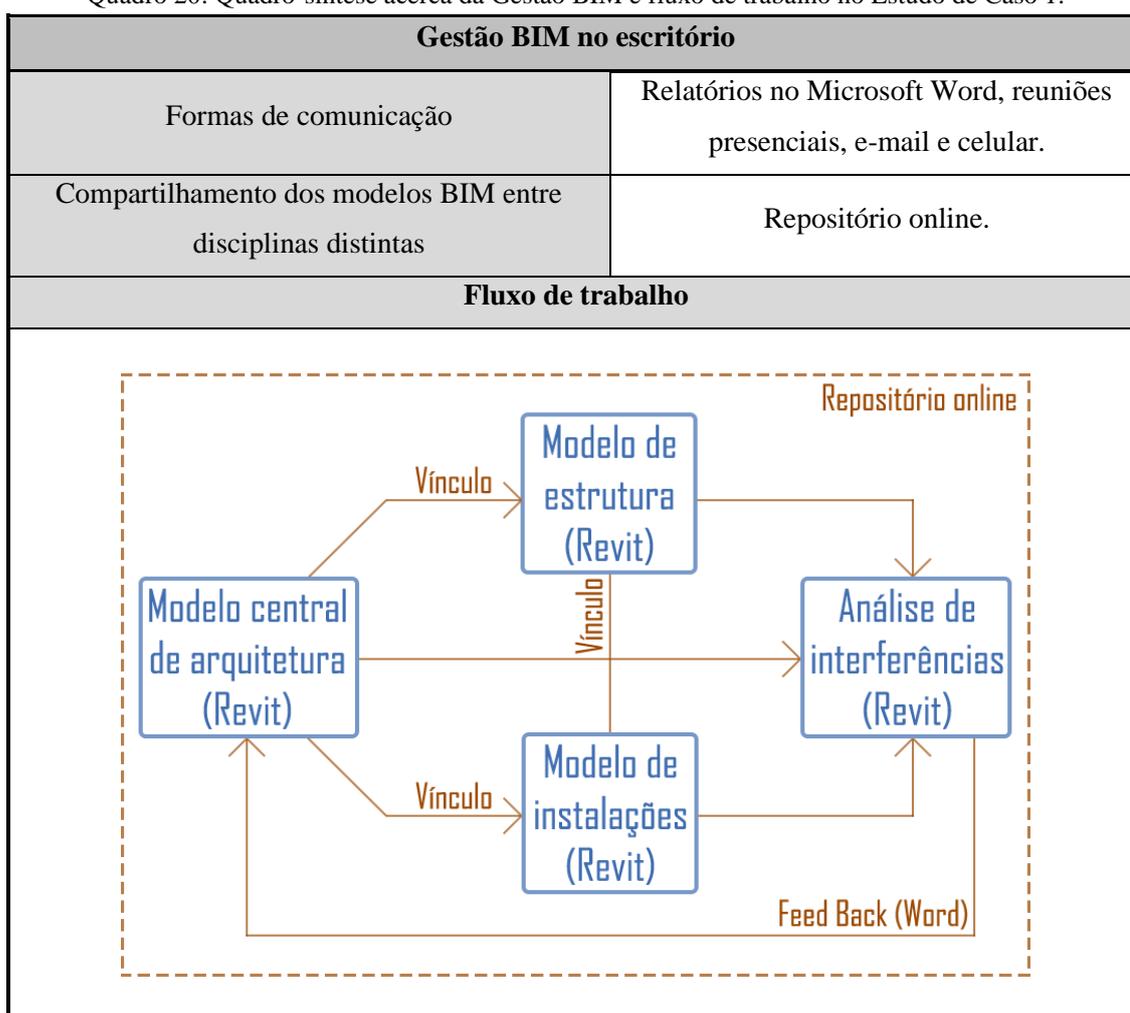
Segundo os entrevistados, os relatórios são considerados eficientes no processo de projeto. Além disso, eles acreditam que não é preciso mudança na forma de projetar e que ainda é um desafio para a equipe se adaptar à comunicação por meio de ferramentas BIM.

Pode-se supor que seria mais produtivo fazer as revisões de forma colaborativa através da ferramenta *Worksharing* existente no Revit ou, até mesmo, o uso padrão BCF (BIM Collaboration Format), formato que possibilita o compartilhamento de informações e que pode ser utilizado por diversos programas em BIM, dentre eles o Revit, a partir de plug-ins.

Foi explanado que o escritório cria cada projeto a partir de um *template* (modelo de documento) que é atualizado com frequência. Além disso, o escritório possui uma biblioteca de componentes própria. Dessa forma, todos os projetos seguem o mesmo padrão em aspectos como: materiais e objetos utilizados, tipos de anotações de texto e cotas, entre outros.

O Quadro 20 apresenta síntese acerca da Gestão BIM e fluxo de trabalho no Estudo de Caso 1.

Quadro 20: Quadro-síntese acerca da Gestão BIM e fluxo de trabalho no Estudo de Caso 1.



Fonte: acervo do autor, 2019.

4.1.6. Integração com agentes externos

Para o trabalho com projetistas externos, são definidos a organização e forma de nomeação dos arquivos, com a finalidade de padronizar a documentação. Além disso, são escolhidos os softwares e suas respectivas versões a serem utilizados.

Em casos em que ocorre a troca de informações entre equipes externas que fazem uso do BIM, geralmente há o envio e recebimento de arquivos no formato RVT (formato padrão do software Revit). Quando o colaborador trabalha apenas com softwares em CAD, a troca de arquivos acontece no formato DWG ou DWF¹⁵. Foi relatado que o compartilhamento de arquivos entre o Estudo de Caso 1 e agentes externos ocorre através de repositório online e via e-mail.

¹⁵ “DWFx e DWF são formatos de arquivo altamente compactados e, portanto, são mais adequados do que arquivos DWG para distribuir através da Internet para revisão. Pode-se exportar um desenho único ou publicar vários Desenhos e conjuntos de folhas em um único arquivo DWF ou DWFx”. Disponível em: <https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/autocad>. Acesso em: 11 set. 2019.

De acordo com o sócio fundador do Caso de Estudo 1, existem poucos engenheiros na localidade trabalhando em BIM. Porém, em certas ocasiões, o escritório solicita que a estrutura seja dimensionada por agentes externos que utilizam o software TQS¹⁶. Após a modelagem final da estrutura ser realizada em BIM, o modelo estrutural é importado em um arquivo de modelo de estrutura no Revit. A importação é efetuada pelos projetistas externos e se dá a partir de um plugin criado pela empresa TQS Informática Ltda, que pode ser instalado no Revit. Por fim, o modelo de estrutura transferido do TQS para o Revit é enviado para o escritório em estudo. Entretanto, quando os agentes externos não trabalham em BIM (ocorrência mais frequente), o projeto arquitetônico é enviado em DWG aos parceiros externos para que seja feito o dimensionamento da estrutura. Posteriormente, o projeto estrutural é recebido, no escritório, em DWG e modelado no Revit para fins de detecção de interferências.

O cliente analisa a proposta em tempo real, pois os projetos são apresentados no escritório com uso de projeção. As mudanças, se necessárias, ocorrem simultaneamente à apresentação. Os projetos geralmente são entregues em arquivos nos formatos PDF, DWF e, quando solicitado pelos clientes, nos formatos DWG e JPG.

O Quadro 21 apresenta síntese acerca da integração com agentes externos no Estudo de Caso 1.

Quadro 21: Quadro-síntese acerca da integração com agentes externos no Estudo de Caso 1.

Integração com agentes externos	
Compartilhamento de modelos BIM com agentes externos	Via repositório online ou e-mail.
Formato de entrega de arquivos para clientes	PDF, DWF, DWG e JPG.

Fonte: acervo do autor, 2019.

4.1.7. Estágio de implementação do BIM no escritório

De acordo com os estágios de implementação BIM classificados por Tobin (2008), o Estudo de Caso 1 classifica-se no “BIM 1.0”. O escritório enquadra-se na etapa “BIM 1.0” devido à sólida mudança na elaboração de projetos em CAD por modelos em BIM. O objetivo foi otimizar a coordenação e a produção de entregáveis. O escritório não pode ser classificado na etapa BIM 2.0 uma vez que não expande os modelos BIM para os demais profissionais, além dos envolvidos na elaboração dos projetos de arquitetura, estrutura e instalações prediais. Além

¹⁶ “O CAD/TQS é um sistema computacional gráfico destinado à elaboração de projetos de estruturas de concreto armado, pretendido e em alvenaria estrutural. Trata-se de um Sistema Integrado e completo, e não apenas de um programa de análise ou de desenho”. Disponível em: www.tqs.com.br. Acesso em: 11 set. 2019.

disso, não há uso do BIM para simulações acerca de prazos (4D) e associação dos modelos BIM a dados financeiros (5D), conforme informado pelos entrevistados.

De acordo com os estágios evolutivos definidos por Succar (2012), com relação à “Capacidade BIM”, o Estudo de Caso 1 enquadra-se no “Estágio 2”. O escritório superou o “Estágio 1”, pois foi constatado que os modelos BIM das disciplinas projetadas no escritório são usados para automatizar a geração, a coordenação, a documentação e as visualizações em três dimensões. A partir dos modelos BIM são extraídos dados, como quantitativos de esquadrias e materiais. O principal fator para a classificação atribuída foi o fato de haver colaboração ativa entre agentes de diversas disciplinas no processo de projeto.

Conforme citado anteriormente, a melhoria na implementação do BIM é orientada pela visão do líder do escritório. Embora não sejam atualizados com frequência, os processos e as políticas referentes à utilização do BIM estão documentados e disponíveis aos funcionários, assim como algumas normas brasileiras referentes ao BIM são seguidas. Se reconhecem as inovações quanto à modelagem da informação e a colaboração com outros parceiros manifesta sinais de confiança. Informou-se que existem oportunidades de negócio derivadas do uso do BIM. Contudo, não existem planejamentos de ações detalhados e o não há uso do BIM para o *marketing* do escritório. Assim, com relação ao quesito Maturidade BIM de Succar (2012), que está relacionado à qualidade, produtividade e grau de excelência com que os processos são desenvolvidos, o Estudo de Caso 1 se enquadra no nível “definido”.

De acordo com a classificação de Jernigan (2013), o escritório em análise está situado no “Little BIM” pelo fato de ter acontecido a substituição de um software CAD para a projeção em BIM. Há um processo colaborativo, com capacidade para compartilhamento de dados dentro do escritório e capacidade de checagem de conflitos. Existem melhorias obtidas decorrentes do uso do BIM nos projetos e na empresa, mas essas melhorias não acontecem de forma global, na qual praticamente não há o fornecimento de informações extraídas a partir da modelagem em BIM para o proprietário e nem para a construção. Além disso, observa-se que não há compartilhamento de dados de projetos a partir de um repositório compartilhado e interoperável por todos os agentes envolvidos.

O Quadro 22 apresenta síntese acerca do Estágio de implementação do BIM no Estudo de Caso 1.

Quadro 22: Quadro-síntese acerca do Estágio de implementação do BIM no Estudo de Caso 1.

Estágio de implementação do BIM	
Segundo Tobin (2008)	BIM 1.0
Capacidade BIM (SUCCAR, 2012)	Estágio 2
Maturidade BIM (SUCCAR, 2012)	Definido
Segundo Jernigan (2013)	Little BIM

Fonte: acervo do autor, 2019.

4.2. Estudo de Caso 2

4.2.1. Perfil do escritório

O Estudo de Caso 2 trata-se de um escritório que atua no desenvolvimento de projetos de residências de alto padrão, edifícios residenciais de grande porte e edifícios comerciais. De acordo com os entrevistados, seus projetos têm foco em funcionalidade, conforto e estética.

O fundador do escritório é reconhecido em Maceió/AL por auxiliar com a implementação do BIM em outros escritórios de arquitetura da cidade, além de ministrar cursos de BIM e de capacitação sobre o software BIM ArchiCAD. Conforme demonstrado na Figura 20, a empresa possui quatro arquitetos, um engenheiro civil e dois estagiários no seu quadro de funcionários. Dentre esses, dois dos arquitetos são sócios fundadores e proprietários, e um deles é o diretor do escritório e gerente BIM.

Figura 20: Estrutura do Estudo de Caso 2.

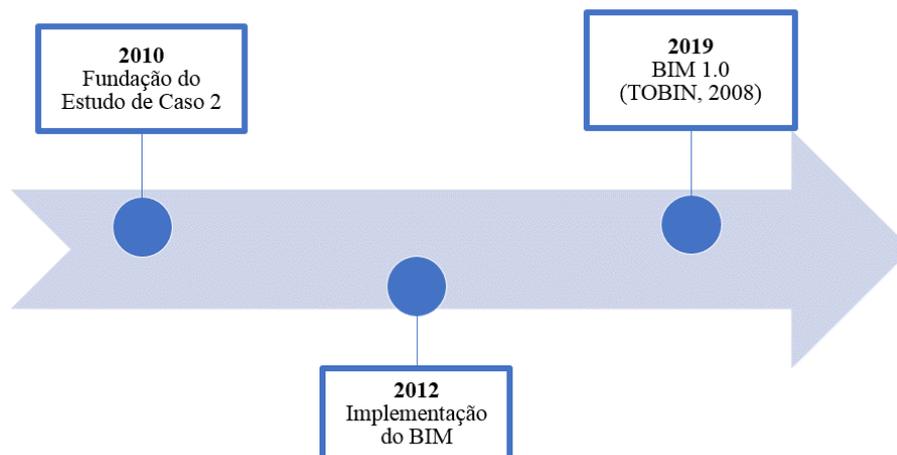


Fonte: acervo do autor, 2019.

O escritório foi fundado em 2010 e começou a implementação do BIM em 2012. A

Figura 21 apresenta a linha do tempo do processo de implementação do BIM no Estudo de Caso 2.

Figura 21: Linha do Tempo – Estudo de Caso 2.



Fonte: acervo do autor, 2019.

4.2.2. Implementação do BIM

A decisão de implementação do BIM para projeção no escritório ocorreu após um dos fundadores da empresa fazer um curso de capacitação profissional. O objetivo principal era automatizar a elaboração de projetos para melhorar a produtividade, além de uma estratégia competitiva no mercado local. Foi identificado que anteriormente ao uso do BIM, existia uma perda significativa em produtividade utilizando ferramentas CAD, sobretudo em modificações nos projetos e no desenvolvimento de detalhamentos.

No momento da mudança, o escritório tinha poucos funcionários e todos apoiaram a ideia da substituição da projeção em CAD para a utilização do BIM. Apenas o fundador tinha conhecimento dos possíveis benefícios que essa mudança traria e das dificuldades na sua implementação, o que vai de encontro às recomendações de Arayici (2011). Os entrevistados informaram que, mesmo assim, não houve resistência de membros do escritório de arquitetura.

Assim, a implementação do BIM aconteceu, no nível micro, a partir de uma abordagem *top-down*, pois a adoção da tecnologia aconteceu de forma obrigatória, a partir da decisão do líder do escritório, conforme termos definidos por Succar (2012) quanto à discussão acerca da difusão do BIM em uma organização.

O líder do escritório se responsabilizou no esclarecimento das dúvidas dos demais integrantes da equipe. Um dos fundadores do escritório buscou conhecimentos sobre BIM por meio de cursos e pesquisas referentes às ferramentas BIM. Assim, o mesmo decidiu que o programa ArchiCAD, da Graphisoft, era o mais apropriado para o escritório. Outrossim, foi

relatado que, neste momento, foi realizada busca informal com outros escritórios de arquitetura que estavam fazendo uso de BIM, muitos dos quais indicaram o ArchiCAD.

Quanto aos custos iniciais, foi relatado que os maiores gastos foram com softwares. Os entrevistados mencionaram que os equipamentos, na época, suportaram o ArchiCAD. Assim, inicialmente não houve gastos com hardware. Com o passar do tempo e conforme o uso contínuo e atualizações do software, os computadores foram aprimorados lentamente, reduzindo gastos desnecessários, como previsto anteriormente à implementação. Assim, é possível afirmar que, no presente caso, houve planejamento estratégico, como sugerem Arayici (2011) e Oliveira (2005).

Foi informado, ainda, que a implementação do BIM ocorreu aos poucos, conforme recomendam Jensen e Jóhannesson (2013) e Oliveira (2005), o que facilitou a utilização do BIM no escritório, e, ao mesmo tempo, não elevar os investimentos iniciais.

A preparação dos funcionários deu-se a partir de treinamentos sobre BIM e o software que seria utilizado na empresa. Os treinamentos foram ministrados pelo gerente BIM do Estudo de Caso 2. A presença de um gerente BIM dentro do escritório facilitou a implementação e o uso do BIM de forma direta, de forma semelhante ao constatado no Estudo de Caso 1. Além dos treinamentos internos, o escritório também recebeu suporte da Graphisoft.

O sócio responsável pela introdução do BIM citou que a equipe adaptou-se rapidamente ao seu uso, visto que, segundo ele, o programa usado possui interface simples, o que torna fácil sua aprendizagem. Mesmo assim, os projetos só começaram a ser desenvolvidos em BIM após o domínio do ArchiCAD pela equipe. Os entrevistados informaram que inicialmente tiveram dificuldades na mudança de processo de projeto e problemas com representação gráfica. Nesse sentido, o arquiteto que tinha maior experiência em BIM foi responsável por desenvolver um template padrão para os projetos. A biblioteca utilizada inicialmente foi fornecida pelo programa. O template foi sendo configurado pouco a pouco e, ainda hoje, é atualizado frequentemente.

Os maiores benefícios relatados foram a melhoria na produtividade e na qualidade de projetos. O BIM proporcionou melhores meios para os profissionais do escritório encontrarem soluções projetuais e evitar erros de projeto. Além da melhoria na comunicação colaborativa entre os agentes internos. A mudança também possibilitou uma melhora na realização de tarefas, como tabelas de esquadrias, análises tridimensionais, além de melhoria na reputação do escritório e expansão do mercado de atuação, permitindo a elaboração de projetos de portes maiores.

O Quadro 23 apresenta síntese acerca da implementação do BIM no Estudo de Caso

2.

Quadro 23: Quadro-síntese acerca da implementação do BIM no Estudo de Caso 2.

Implementação do BIM	
Abordagem para implementação (SUCCAR, 2012)	<i>Top-down</i>
Motivo da implementação do BIM	Estratégia competitiva e melhoria na produtividade.
Desafios iniciais na implementação do BIM	Problemas para adaptação na mudança de processo de projeto e problemas de representação gráfica.
Benefícios após a implementação do BIM	Aumento da produtividade, redução de erros projetuais, melhoria da qualidade dos projetos, melhoria na coordenação de projetos, maior controle das informações de projeto, melhoria na troca de informações com agentes internos, melhoria na reputação da empresa e expansão do mercado de atuação da empresa.

Fonte: acervo do autor, 2019.

4.2.3. Tecnologia para uso do BIM

O Graphisoft ArchiCAD é o único software BIM utilizado pelo Estudo de Caso 2. O escritório também tem uma licença permanente do AutoCAD na versão 2014. Contudo, o programa é utilizado raramente, apenas para preparação dos arquivos externos para serem exportados para o ArchiCAD. As licenças e as versões da ferramenta BIM utilizada no escritório são atualizadas anualmente.

Os modelos BIM elaborados são extraídos do ArchiCAD e utilizados para gerar todas documentações dos projetos de arquitetura, estrutura, hidrossanitário, elétrico e para fazer estudo de insolação. Com o programa também são realizadas análises de interferência entre as disciplinas. Ademais, todas as vistas e tabelas contendo quantitativos são extraídas de forma automatizada. Isso é facilitado a partir do template organizado pelo escritório.

A seleção e o uso de softwares no Estudo de Caso 2 são gerenciados e controlados de acordo com o tipo de entregáveis previamente definidos e seguem os objetivos estratégicos do escritório. Conforme informado anteriormente, os modelos BIM são bases para representações tridimensionais e bidimensionais, quantificações, especificações e estudos para análise de insolação. Há sincronismo no processo de modelagem e seus entregáveis, os quais são integrados com os processos no escritório. A interoperabilidade é exigida e monitorada por

todos os funcionários. O software BIM, seu uso, processos de modelagem, entregáveis, o compartilhamento de dados e as formas de armazenamento são atualizados regularmente. De acordo com a classificação de Succar (2016) quanto ao aspecto “tecnologia: software”, considerou-se que o Estudo de Caso 2 enquadra-se no nível “otimizado”.

Com relação a hardware, foi informado que inicialmente os equipamentos eram suficientes para o desenvolvimento dos trabalhos em BIM, mas, com o tempo, devido às atualizações do software BIM, tiveram que fazer investimentos em novas peças. Atualmente, conforme relatado, os computadores utilizados pelos funcionários possuem processadores que suportam o uso do ArchiCAD e têm entre 8 Gb e 16 Gb de memória RAM. Utiliza-se placa de vídeo dedicada em apenas um computador. Cabe destacar que alguns arquitetos trabalham com notebooks. O trabalho entre os funcionários do escritório também acontece de forma remota.

O investimento em hardware é orientado para aumentar a produtividade no uso do BIM e para melhorar a mobilidade do pessoal, já que alguns funcionários trabalham remotamente. Embora haja gerenciamento e manutenção dos equipamentos para uso do BIM, a aquisição de hardware não está inclusa nos planos financeiros das empresas e os equipamentos não são atualizados frequentemente, apenas quando necessário. Assim, de acordo com o aspecto “tecnologia: hardware” citado por Succar (2016), considerou-se que o escritório enquadra-se no nível “gerenciado”.

Para realização dos projetos e compartilhamento dos modelos, o Estudo de Caso 2 utiliza o BIMcloud, servidor BIM com sistema de gestão online da Graphisoft. É um servidor que possibilita a interação entre os projetistas a partir da função Teamwork do ArchiCAD, mesmo que estejam em locais distantes. O servidor armazena os arquivos e os atualiza automaticamente ou quando o projetista desejar. Além disso, também permite o gerenciamento da equipe em tempo real, sendo possível observar o que cada funcionário está fazendo no momento. O escritório também utiliza um sistema de armazenamento em nuvem. A velocidade da rede de internet é de 140 Mb/s.

Foi mencionado que a empresa avalia e sempre busca modernizar suas soluções de rede. Portanto, considerou-se que, no quesito “tecnologia: rede”, o escritório enquadra-se no nível “otimizado”, de acordo com a Matriz de Maturidade BIM de Succar (2012).

O Quadro 24 apresenta síntese acerca da tecnologia para uso do BIM no Estudo de Caso 2.

Quadro 24: Quadro-síntese acerca da tecnologia para uso do BIM no Estudo de Caso 2.

Tecnologia	
Ferramentas BIM	ArchiCAD: modelagem BIM para o desenvolvimento de projetos arquitetônico, estruturais e de instalações prediais, detecção de interferências entre disciplinas e estudos analíticos.
Software (SUCCAR, 2016)	Otimizado
Hardware (SUCCAR, 2016)	Gerenciado
Rede (SUCCAR, 2016)	Otimizado

Fonte: acervo do autor, 2019.

4.2.4. Organização do escritório

O gerente BIM do escritório é um dos sócios fundadores e tem a responsabilidade de coordenar o uso do BIM. O mesmo afirmou que sempre procura atualizar-se e participar de seminários organizados pela Graphisoft. A visão acerca do BIM é compartilhada por todos os integrantes da equipe do escritório. Contudo, foi relatado que, atualmente, não existe a realização de trabalhos entre o escritório e projetistas externos, mas que o contato com antigos parceiros externos que possuem a mesma visão sobre a modelagem da informação em seus projetos é mantido, mas não a internalizaram. A implementação do BIM é frequentemente revista pelo líder do escritório e seus requisitos, processos e inovações de produtos são integrados na estratégia da empresa. Logo, de acordo com a classificação de Succar (2016) acerca do aspecto “processos: liderança e gerenciamento”, considerou-se que a empresa enquadra-se no nível “integrado”.

A seleção de novos funcionários, sejam eles arquitetos ou estagiários, tem como prioridade qualidades como a capacidade e vontade em aprender assuntos referentes ao BIM, sobretudo na utilização da ferramenta. Assim, a inexistência de habilidades inerentes ao ArchiCAD ou ao BIM não impede a contratação de pessoal, uma vez que o escritório capacita os novos funcionários para os aspectos que serão aplicados na prática do trabalho. O treinamento é conduzido pelo gerente BIM dentro do escritório. A evolução dos conhecimentos ocorre no cotidiano de trabalho na empresa.

No geral, os treinamentos são realizados para que os funcionários consigam desenvolver as atividades realizadas no escritório com o uso do BIM. Não são realizados cursos preparatórios com periodicidade. Após o treinamento inicial, o que ocorre posteriormente é uma

troca de conhecimentos informal. De acordo com a classificação de Succar (2016) acerca do aspecto “políticas: preparatória”, a empresa enquadra-se no nível “gerenciado”.

Quanto à organização do escritório com relação às normas técnicas, o uso do BIM é feito sem seguir parâmetros ou diretrizes nacionais e internacionais específicas, como normas referentes ao BIM acerca dos padrões de representação, nomenclaturas de arquivos, conceito de LOD e outras. Os padrões de utilização da metodologia BIM são decorrentes dos conhecimentos adquiridos no escritório. Os modelos BIM são produzidos para que seja possível extrair as documentações com os padrões aceitos pelo mercado. Conforme as definições de classificação de Succar (2016) acerca do aspecto “políticas: regulatória”, o Estudo de Caso 2 enquadra-se no nível “inicial”.

Verificou-se que nos contratos não constam informações referente à projeção em BIM, mesmo o gerente BIM tendo conhecimento sobre os conceitos da modelagem da informação da construção. Portanto, quanto à classificação de Succar (2016) acerca do aspecto “políticas: contratual”, considerou-se que o Estudo de Caso 2 está no nível “inicial” ou “pré-BIM”.

O Quadro 25 apresenta síntese acerca da organização para uso do BIM no Estudo de Caso 2.

Quadro 25: Quadro-síntese acerca da organização para uso do BIM no Estudo de Caso 2.

Organização do escritório	
Liderança e gerenciamento (SUCCAR, 2016)	Integrado
Políticas: preparatória (SUCCAR, 2016)	Gerenciado
Políticas: regulatória (SUCCAR, 2016)	Inicial
Políticas: contratual (SUCCAR, 2016)	Inicial

Fonte: acervo do autor, 2019.

4.2.5. Gestão BIM no escritório

O escritório em análise utiliza apenas o ArchiCAD como software BIM para o desenvolvimento dos projetos. Inicialmente, o projeto arquitetônico é desenvolvido em BIM, no qual são feitos os estudos de insolação. Foi relatado que as curvas de níveis são modeladas apenas se necessário.

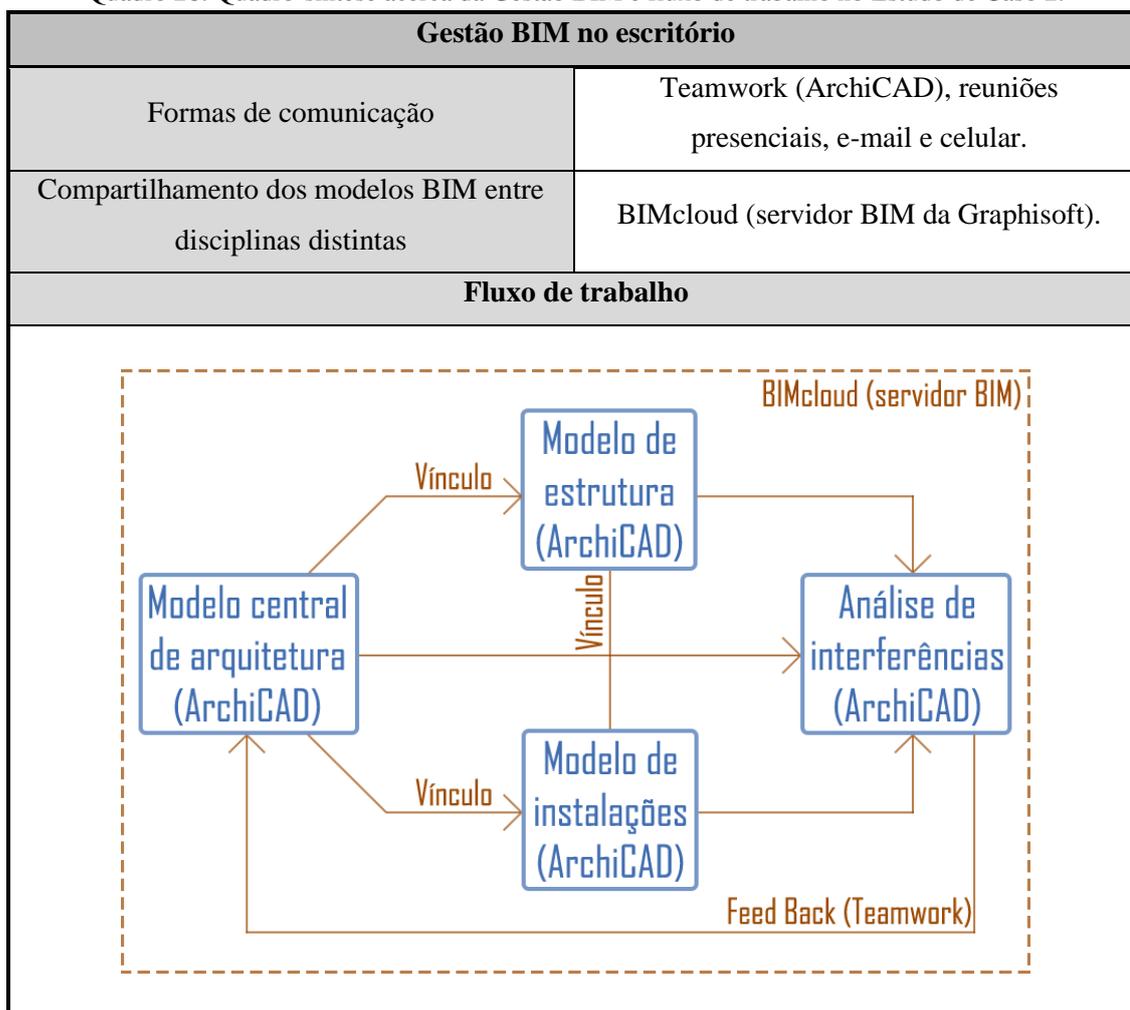
Posteriormente, o engenheiro civil dimensiona a estrutura e, logo após, desenvolve o modelo BIM do projeto estrutural também no ArchiCAD. Esses dois modelos BIM são integrados para análise de erros na ferramenta BIM.

Para continuidade dos projetos, são criados os modelos BIM de instalações prediais utilizando a ferramenta BIM e, em seguida, há a integração das disciplinas para que seja feita a verificação de incompatibilidades, que é realizada também no ArchiCAD. Assim, ocorre a comunicação colaborativa entre os funcionários para fim de esclarecimentos de dúvidas e definição das soluções dos problemas encontrados entre as disciplinas. É um processo que se repete até o fim do projeto.

Conforme informado, o escritório em análise faz uso do BIMcloud, servidor BIM online, para o compartilhamento dos modelos BIM. Para colaboração comunicativa entre os funcionários, o Estudo de Caso 2 utiliza o sistema de gestão online oferecido pela função Teamwork, do ArchiCAD, conforme explicado anteriormente. Com o Teamwork, é possível fazer observações em elementos dos projetos, enviar e receber mensagens. Ademais, os colaboradores internos se comunicam através de reuniões presenciais, e-mail e celular.

O Quadro 26 apresenta síntese acerca da Gestão BIM e fluxo de trabalho no Estudo de Caso 2.

Quadro 26: Quadro-síntese acerca da Gestão BIM e fluxo de trabalho no Estudo de Caso 2.



Fonte: acervo do autor, 2019.

4.2.6. Integração com agentes externos

Em entrevista, informou-se que, atualmente, inexistente a realização de trabalhos entre o escritório e projetistas externos, visto que os projetos estruturais e de instalações prediais costumam ser projetados pelo engenheiro civil do próprio escritório. Haveria necessidade de compartilhamento de modelos BIM com agentes externos caso construtoras parceiras ou afins utilizassem BIM em seus empreendimentos. O que não acontece.

O Estudo de Caso 2 destaca-se pela possibilidade dos clientes observarem um modelo 3D do empreendimento e a documentação dos projetos através de um computador ou a partir de um celular, o que facilita a visibilidade dos projetos. Um arquivo no formato BIMx é gerado pelo ArchiCAD e pode ser aberto a partir do software BIMx Desktop Viewer ou a partir do aplicativo de celular BIMx PRO, ambos da Graphisoft e disponíveis gratuitamente. Os entregáveis para os clientes também seguem em arquivos nos formatos PDF e DWG.

O Quadro 27 apresenta síntese acerca da integração com agentes externos no Estudo de Caso 2.

Quadro 27: Quadro-síntese acerca da integração com agentes externos no Estudo de Caso 2.

Integração com agentes externos	
Compartilhamento de modelos BIM com agentes externos	Compartilhamento inexistente.
Formato de entrega de arquivos para clientes	BIMx, PDF e DWG.

Fonte: acervo do autor, 2019.

4.2.7. Estágio de implementação do BIM no escritório

De acordo com as etapas delimitadas por Tobin (2008) referente ao estágio de implementação do BIM em escritórios, o Estudo de Caso 2 pode ser enquadrado no “BIM 1.0”, o qual é identificado pela substituição do desenvolvimento de projetos em CAD por modelos em BIM para fins da melhoria na produtividade na documentação e coordenação de projetos. O Escritório não se enquadra na etapa “BIM 2.0” por não expandir o modelo em BIM para outros profissionais além dos envolvidos na elaboração dos projetos de arquitetura, estrutura e instalações prediais. Além disso, foi afirmado que não se utiliza BIM para simulações de prazos (4D) e dados orçamentários (5D).

Cabe destacar que existe colaboração ativa por meio de um servidor BIM online – requisito para alcançar a etapa “BIM 3.0”. Contudo, a classificação de Tobin (2008) trata as etapas de forma evolutiva. Logo, para alcançar a etapa “BIM 3.0”, o escritório deveria preencher os requisitos designados para a etapa “BIM 2.0”.

Os modelos BIM das disciplinas projetadas no escritório são usados para automatizar a geração, a coordenação, a documentação e as visualizações em três dimensões. A partir dos modelos BIM são efetuadas também a extração de diversos dados. Observou-se, também, que há colaboração entre agentes de diversas disciplinas. Por fim, foi constatado que há colaboração e integração de modelos através de um servidor BIM. Assim, quanto aos estágios evolutivos definidos por Succar (2012), com relação à “Capacidade BIM”, o escritório enquadra-se no “Estágio 3”.

Acerca da Maturidade BIM de Succar (2012), o Estudo de Caso 2 foi classificado no nível “inicial”. Observou-se que, embora a implementação do BIM seja impulsionada pela visão da direção do escritório e a seleção de softwares se baseie em objetivos estratégicos, há carência de políticas definidas, sendo um dos pontos menos desenvolvidos no escritório com relação ao uso do BIM.

Para as definições de Jernigan (2013), a empresa se classifica no estágio “Little BIM”, visto que houve a substituição de software CAD por BIM e as melhorias obtidas são apenas dentro da empresa.

Embora exista colaboração via servidor BIM online entre os agentes do escritório, o escritório não está no “Big BIM” pelo fato de o repositório online não ser compartilhado a todos os envolvidos, apenas internamente no escritório. Os clientes têm acesso aos modelos em BIM a partir de um arquivo entregue pelo escritório.

O Quadro 28 apresenta síntese acerca do estágio de implementação do BIM no Estudo de Caso 2.

Quadro 28: Quadro-síntese acerca do estágio de implementação do BIM no Estudo de Caso 2.

Estágio de implementação do BIM	
Segundo Tobin (2008)	BIM 1.0
Capacidade BIM (SUCCAR, 2012)	Estágio 3
Maturidade BIM (SUCCAR, 2012)	Inicial
Segundo Jernigan (2013)	Little BIM

Fonte: acervo do autor, 2019.

4.3. Estudo de Caso 3

4.3.1. Perfil do escritório

O estudo de caso a seguir trata-se de um escritório que desenvolve principalmente projetos residenciais de alto padrão e comerciais, além de projetos de interiores. De acordo com os entrevistados, seus projetos têm como característica principal a contemporaneidade.

Por apresentar projetos com estilo contemporâneo, o escritório de arquitetura tem reconhecimento em Maceió. O escritório em destaque possui três arquitetos e dois estagiários no seu quadro de funcionários. Um dos arquitetos é o sócio fundador e diretor da empresa (Figura 22).

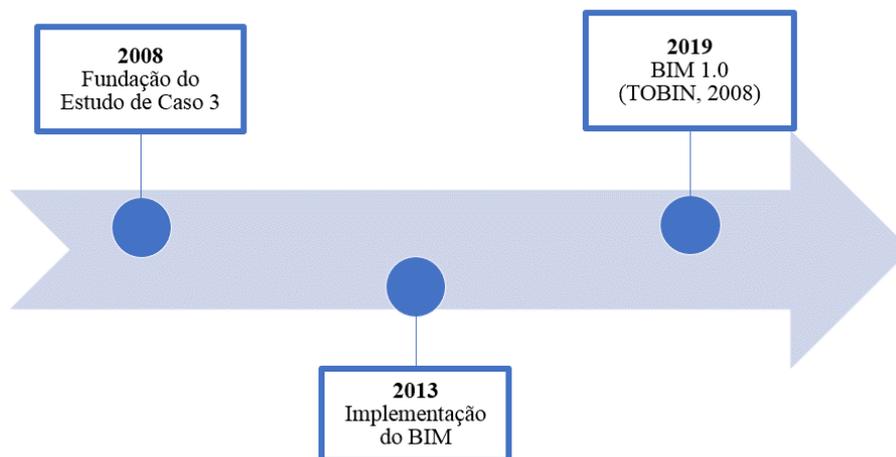
Figura 22: Estrutura do Estudo de Caso 3.



Fonte: acervo do autor, 2019.

O escritório em análise foi fundado em 2008 e desenvolve seus projetos em BIM desde 2013. Abaixo, na Figura 23 é apresentada a linha do tempo do processo de implementação do BIM no Estudo de Caso 3.

Figura 23: Linha do Tempo – Estudo de Caso 3.



Fonte: acervo do autor, 2019.

4.3.2. Implementação do BIM

O BIM foi implementado no escritório com o propósito de conferir maior confiabilidade nos dados projetuais, mas especialmente com a finalidade de aumentar a produtividade na elaboração dos produtos.

A decisão de substituir o uso do CAD pelo BIM partiu do dono do escritório, o que caracteriza que a implementação do BIM aconteceu, no nível micro, a partir de uma abordagem *top-down*, de acordo com termos definidos por Succar (2012) com relação à difusão do BIM em uma organização.

O fundador do escritório teve conhecimento sobre o BIM em um seminário no qual o assunto foi abordado e, a partir dessa ocasião, surgiu o interesse pelo método de projeto, com a busca por mais informações sobre as ferramentas BIM existentes no mercado.

Em 2012, o líder do escritório fez um curso básico de Revit e, posteriormente, adquiriu uma licença para uso do software. A realização do curso foi o principal motivo para a escolha do Revit.

Na época da implementação do BIM, o escritório contava apenas com dois arquitetos e um estagiário. De início, somente o fundador da empresa utilizava o software BIM. O primeiro projeto realizado pelo mesmo com uso do Revit foi um projeto teste e, após obter maior segurança no uso da ferramenta, começou a utilizar BIM nos projetos do escritório. Os demais funcionários continuavam trabalhando com softwares CAD, mas estavam alertados que futuramente poderia haver alguma mudança nos processos de projeto. Esse fato causou insegurança e resistência à mudança por parte de um membro da equipe.

Em 2013, o líder decidiu que seria realizada a implementação integral do BIM no escritório. Para isso, foi consultado um especialista para ministrar um curso com carga horária de 60 horas sobre BIM, incluindo capacitação com Revit para os funcionários. Na ocasião também foi disponibilizado um template para padronizar os projetos que viriam a ser desenvolvidos. Após o treinamento, todos os projetos passaram a ser desenvolvidos utilizando a metodologia BIM.

Foi mencionado que, a princípio, houve redução na produtividade. Além de problemas de adaptação referentes à representação gráfica e dificuldade de alguns membros no uso da ferramenta BIM. Contudo, o fundador do escritório já tinha conhecimento acerca do uso do software e conseguiu contornar os problemas.

Os custos financeiros iniciais foram considerados elevados pelo dono da empresa. As maiores despesas foram com hardware e licenças para uso de software. Entretanto, foi relatado que houve aumento na quantidade de projetos realizados pelo escritório em decorrência da melhoria na produtividade. Foi afirmado, ainda, que houve planejamento estratégico na implementação do BIM, conforme sugerem Arayici (2011) e Oliveira (2005). Também foi informado que as dificuldades e a melhoria na produtividade do escritório eram esperadas.

Embora o sócio já tivesse conhecimento acerca do BIM, os demais membros do escritório eram leigos no assunto. A implementação foi alertada, mas não aconteceu de forma gradual, como recomendam Jensen e Jóhannesson (2013) e Oliveira (2005), o que dificultou a aplicação do BIM na empresa e também demandou altos investimentos em um primeiro momento.

Os benefícios citados pelo escritório após a implementação do BIM foram: aumento da produtividade, redução de erros projetuais, maior controle das informações de projeto, expansão do mercado de atuação da empresa.

O Quadro 29 apresenta síntese acerca da implementação do BIM no Estudo de Caso 3.

Quadro 29: Quadro-síntese acerca da implementação do BIM no Estudo de Caso 3.

Implementação do BIM	
Abordagem para implementação (SUCCAR, 2012)	<i>Top-down</i>
Motivo da implementação do BIM	Aumentar a confiabilidade dos projetos e melhoria na produtividade.
Desafios iniciais na implementação do BIM	Resistência de membros da equipe, problemas de representação gráfica e dificuldades no uso de software.
Benefícios após a implementação do BIM	Aumento da produtividade, redução de erros projetuais, maior controle das informações de projeto e expansão do mercado de atuação da empresa.

Fonte: acervo do autor, 2019.

4.3.3. Tecnologia para uso do BIM

Quanto ao uso de softwares BIM, o Revit é a única ferramenta BIM utilizada no escritório. O programa é utilizado para modelagem BIM, projetos arquitetônicos, estruturais, de instalações prediais e detecção de interferências entre as disciplinas. Não são realizados estudos analíticos na empresa. O Estudo de Caso 3, assim como os outros escritórios, também utiliza o AutoCAD com a finalidade de abrir e preparar arquivos externos para serem utilizados no Revit. As licenças e as versões do programa são atualizadas anualmente.

Foi relatado que a seleção e o uso dos softwares fazem parte dos objetivos estratégicos do escritório e não são vistos somente como requisitos operacionais. O gerenciamento e o controle dos programas utilizados estão de acordo com o tipo de entregáveis. Além disso, os modelos BIM são utilizados para as vistas 3D e 2D, quantificações, especificações e estudos

analíticos. Existe sincronismo no processo de modelagem e seus entregáveis, os quais são integrados com os processos no escritório. A interoperabilidade é obrigatória e monitorada pelo líder da organização. A ferramenta BIM adotada pelo escritório é atualizada continuamente e seus usos são revistos. Também são revisados os processos de modelagem, os entregáveis, as trocas de dados e as formas de armazenamento. Logo, de acordo com a abordagem de Succar (2016) referente ao aspecto “tecnologia: software”, classificou-se que o Estudo de Caso 3 enquadra-se no nível “otimizado”.

Para iniciar a implantação do BIM, todos os computadores foram substituídos e permanecem até o presente momento. Os desktops são todos com processadores com *clock* de alta capacidade e 16 Gb de memória RAM. Todos têm placa de vídeo dedicada.

As peças dos equipamentos não passaram por atualizações pois, segundo os entrevistados, todos os computadores suprem os requisitos para execução dos softwares utilizados, não havendo necessidade para esses investimentos. Outrossim, existe estratégia para documentar, gerenciar e manter o equipamento para uso do BIM. Foi informado que o investimento da empresa em hardware é voltado para aumentar a produtividade no uso do BIM, mas a aquisição de hardwares não está inclusa nos planos financeiros do negócio. Logo, acerca do aspecto “tecnologia: hardware” definido por Succar (2016), considerou-se que o escritório enquadra-se no nível “gerenciado”.

O Estudo de Caso 3 utiliza um sistema de armazenamento online para compartilhamento de arquivos no escritório. A rede de internet possui velocidade de 100 MB/s. Assim, o intercâmbio de dados projetuais ocorre por meio de conexões de banda larga, tanto entre agentes internos, bem como com agentes externos. Além disso, a troca de dados entre os projetos em BIM não ocorre em tempo real. Por isso, de acordo com a Matriz de Maturidade BIM de Succar (2012), quanto ao quesito “tecnologia: rede”, o escritório se classifica no nível “gerenciado”.

O Quadro 30 apresenta síntese acerca da tecnologia para uso do BIM no Estudo de Caso 3.

Quadro 30: Quadro-síntese acerca da tecnologia para uso do BIM no Estudo de Caso 3.

Tecnologia	
Ferramentas BIM	Revit: modelagem BIM para o desenvolvimento de projetos arquitetônicos estruturais e instalações prediais e detecção de interferências entre disciplinas.
Software (SUCCAR, 2016)	Otimizado
Hardware (SUCCAR, 2016)	Gerenciado
Rede (SUCCAR, 2016)	Gerenciado

Fonte: acervo do autor, 2019.

4.3.4. Organização do escritório

No Estudo de Caso 3 não há a existência de um gerente BIM. Quem lidera e define os processos de trabalho em BIM é o diretor do escritório. Foi afirmado em entrevista que ele sempre se informa quanto às novidades referentes à modelagem da informação. Todos os funcionários do escritório compartilham da mesma visão sobre o BIM.

No Estudo de Caso 3, a visão do BIM é compartilhada por todos os projetistas internos, mas não pelos projetistas externos que atuam juntos ao escritório. A implementação do BIM é monitorada e está ligada a planos de ações da empresa. Portanto, de acordo com a classificação de Succar (2016) acerca do aspecto “processos: liderança e gerenciamento”, considerou-se que a empresa enquadra-se no nível “gerenciado”.

Na seleção dos novos funcionários são avaliadas as habilidades dos participantes no uso do Revit e seus conhecimento sobre BIM. Logo, são pré-requisitos para trabalharem no escritório. Ainda assim, os novos membros recebem um curso de capacitação básica para que eles consigam desenvolver as atividades definidas para o uso do BIM. Ademais, a equipe não participa de cursos preparatórios com frequência, apenas quando é necessário. Os treinamentos são realizados por um dos arquitetos membro da equipe. De acordo com o diretor, a capacitação cedida permite que o escritório atinja, com a colaboração dos funcionários, os resultados buscados. Quanto à classificação de Succar (2016) sobre o aspecto “políticas: preparatória”, a empresa foi classificada no nível “gerenciado”.

A organização quanto ao uso do BIM no escritório ainda precisa evoluir e é um dos objetivos do líder. Foi relatado que os membros da equipe têm conhecimento sobre aspectos como o LOD e sobre as normas nacionais, mas esses parâmetros regulatórios não são aplicados no escritório.

O controle da qualidade no uso do BIM é informal e baseados no conhecimento adquiridos com a prática. Ainda assim, os entregáveis extraídos a partir dos modelos BIM atingem os padrões aceitos pelo mercado. Diante do exposto, de acordo com a classificação de Succar (2016) acerca do aspecto “políticas: regulatória”, o Estudo de Caso 3 foi classificado no nível “inicial”.

Foi informado também que nunca houve a necessidade de realizar um contrato abordando a modelagem da informação. Os quais foram averiguados que seguem os modelos “pré-BIM”. Por isso, o escritório foi classificado no nível “inicial” de acordo com a abordagem de Succar (2016) acerca do aspecto “políticas: contratual”.

O Quadro 31 apresenta síntese acerca da organização para uso do BIM no Estudo de Caso 3.

Quadro 31: Quadro-síntese acerca da organização para uso do BIM no Estudo de Caso 3.

Organização do escritório	
Liderança e gerenciamento (SUCCAR, 2016)	Gerenciado
Políticas: preparatória (SUCCAR, 2016)	Gerenciado
Políticas: regulatória (SUCCAR, 2016)	Inicial
Políticas: contratual (SUCCAR, 2016)	Inicial

Fonte: acervo do autor, 2019.

4.3.5. Gestão BIM no escritório

No caso em questão, os arquitetos e estagiários iniciam o processo de projeto com o estudo preliminar à mão e em seguida desenvolvem as curvas de nível e o modelo de arquitetura no Revit. Em seguida, o projeto arquitetônico é exportado para o formato DWG, a partir do Revit, e enviado para um escritório de engenharia para o dimensionamento da estrutura. Assim, o projeto estrutural é recebido no Estudo de Caso 3 também em DWG, onde é desenvolvido o modelo BIM da estrutura no Revit. Posteriormente, há a integração das disciplinas modeladas em BIM para que seja feita a verificação de incompatibilidades, também realizada no Revit. Por fim, há a comunicação entre os funcionários para ajustes nos projetos, o que se repete até o fim do processo.

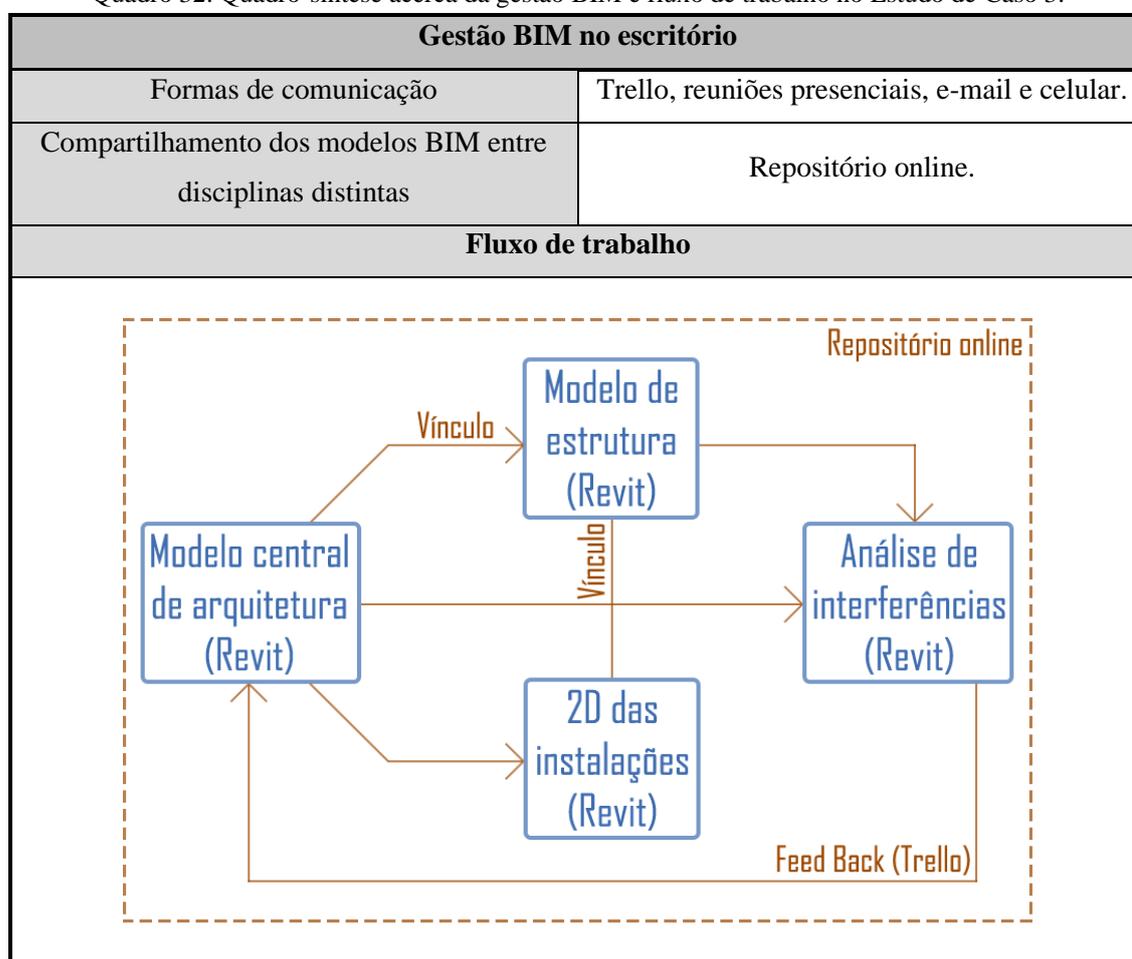
Verificou-se que são elaborados pela empresa apenas os modelos BIM de arquitetura e de estrutura. Os demais projetos complementares são realizados através de linhas em 2D, o que limita a aplicação da metodologia BIM nos projetos do Estudo de Caso 3. A justificativa é que, além dos profissionais possuírem dificuldade, eles acreditam que esses tipos de projetos (hidráulicos, sanitários, elétricos, etc.) demandam muito tempo para serem modelados em BIM.

Contudo, faz parte dos planos da empresa que os modelos BIM também contemplem os projetos de instalações prediais.

O compartilhamento dos projetos modelados em BIM no Estudo de Caso 3 é realizado por meio de um servidor de armazenamento em nuvem. A comunicação entre os colaboradores ocorre principalmente a partir do Trello, software para gerenciamento de trabalho de equipes. Além disso, há comunicação através de reuniões presenciais, por e-mail e celular. Os arquivos dos projetos são compartilhados utilizando um repositório online.

O Quadro 32 apresenta síntese acerca da gestão BIM e fluxo de trabalho no Estudo de Caso 3.

Quadro 32: Quadro-síntese acerca da gestão BIM e fluxo de trabalho no Estudo de Caso 3.



Fonte: acervo do autor, 2019.

4.3.6. Integração com agentes externos

Quanto aos trabalhos realizados com projetistas externos, o compartilhamento de arquivos ocorre através de repositório online e via e-mail. Os projetos estruturais costumam ser projetados por um escritório de engenharia civil que desenvolvem trabalhos com o Estudo de Caso 3 antes mesmo da implementação do BIM. Para isso, os funcionários do Estudo de Caso

3 exportam os projetos de arquitetura em DWG, a partir do Revit, e enviam para os projetistas externos. Foi informado que nesse escritório o software para dimensionamento da estrutura é o Eberick V8, da AltoQi. Portanto, é uma versão do Eberick que não permite a criação de projetos em BIM, apenas projetos em CAD. Assim, o projeto de estrutura é recebido no Estudo de Caso 3 no formato DWG e posteriormente modelado no Revit.

Em entrevista, o escritório de engenharia mencionado afirmou que pretende implementar metodologia BIM na empresa. O diretor do Estudo de Caso 3 também afirmou que conhece alguns escritórios de engenharia que projetam em BIM. Contudo, não têm pretensão de trocar de parceiro.

Por fim, foi informado que a escolha do escritório pelos clientes não ocorre especificamente pelo uso do BIM. Os projetos são geralmente entregues em arquivos nos formatos PDF e DWG.

O Quadro 33 apresenta síntese acerca da integração com agentes externos no Estudo de Caso 3.

Quadro 33: Quadro-síntese acerca da integração com agentes externos no Estudo de Caso 3.

Integração com agentes externos	
Compartilhamento de modelos BIM com agentes externos	Compartilhamento inexistente.
Formato de entrega de arquivos para clientes	PDF e DWG.

Fonte: acervo do autor, 2019.

4.3.7. Estágio de implementação do BIM no escritório

Quanto aos estágios de implementação do BIM no escritório, acerca da abordagem de Tobin (2008), o Estudo de Caso 3 se classifica no “BIM 1.0”, devido ao fato de que o mesmo substituiu o processo de projeto utilizando softwares CAD para a projeção em BIM. Além disso, não há envolvimento e a colaboração com profissionais de áreas distintas. O objetivo principal para o uso do BIM é otimizar a coordenação e a produção dos entregáveis. Também foi verificado que o escritório não utiliza os modelos BIM para simulações de prazos (4D) e dados orçamentários (5D).

Com relação aos estágios evolutivos definidos por Succar (2012), acerca da “Capacidade BIM”, o escritório foi classificado no “Estágio 2”, uma vez que foi observado que os modelos BIM das disciplinas projetadas no escritório são utilizados para automatizar a geração, a coordenação, a documentação e as visualizações em três dimensões. Os modelos BIM são utilizados para extração de dados. Além disso, mesmo que o escritório projete em BIM

apenas duas disciplinas, existe colaboração entre os agentes de disciplinas distintas. Entretanto, não há colaboração em BIM por meio de tecnologias servidoras de modelo.

Analisando quanto à Maturidade BIM de Succar (2012), o Estudo de Caso 3 apresenta-se no nível “inicial”. O escritório prepara previamente as ferramentas BIM para serem utilizadas. A utilização da modelagem da informação é abraçada por todos os integrantes e o diretor da empresa impulsiona a melhoria na implementação do BIM. Porém, foi verificado que há carência de políticas definidas e é inexistente a colaboração em BIM com parceiros externos.

De acordo com as definições de Jernigan (2013), o escritório se enquadra no estágio “Little BIM”, pois foi constatado que houve a substituição de uma ferramenta CAD para a projeção em BIM, mas as melhorias obtidas são observadas apenas internamente no escritório, sem envolver o proprietário e a obra a ser executada. Além disso, não há colaboração via servidor BIM online entre os agentes do escritório e não há compartilhamento de dados projetuais provenientes de um repositório compartilhado e interoperável por todas as partes envolvidas.

O Quadro 34 apresenta síntese acerca do estágio de implementação do BIM no Estudo de Caso 3.

Quadro 34: Quadro-síntese acerca do estágio de implementação do BIM no Estudo de Caso 3.

Estágio de implementação do BIM	
Segundo Tobin (2008)	BIM 1.0
Capacidade BIM (SUCCAR, 2012)	Estágio 2
Maturidade BIM (SUCCAR, 2012)	Inicial
Segundo Jernigan (2013)	Little BIM

Fonte: acervo do autor, 2019.

O capítulo seguinte apresenta as análises e discussões acerca dos três estudos de caso apresentados.

5. ANÁLISES E DISCUSSÕES

Neste capítulo é apresentada análise geral acerca dos casos estudados confrontando os dados encontrados na bibliografia consultada e no estudo de referência. Ambos demonstram como as empresas de arquitetura se posicionaram frente à implementação do BIM e de que forma fazem uso desse método no desenvolvimento dos seus projetos.

Embora a configuração dos escritórios selecionados no estudo de casos seja semelhante (perfil dos escritórios, tipos de projetos desenvolvidos etc.), eles utilizam o BIM de formas diferentes. Contudo, evidencia-se que muitas dificuldades e benefícios são equivalentes, o que ratificam as informações apontadas no presente trabalho a partir da bibliografia consultada e do estudo de referência. Segue análise melhor detalhada destas questões.

5.1. Quanto ao perfil dos escritórios

A priori, ressalta-se o fato de que o perfil do escritório de arquitetura tomado como estudo de referência está em constante desenvolvimento de projetos que exigem o uso do BIM e participa com frequência de licitações e de concursos de projetos nos quais o uso da metodologia BIM é obrigatória. Esses projetos, em sua maioria, são empreendimentos de grande porte e/ou de alta complexidade. Além disso, o escritório está localizado em São Paulo, onde o investimento em ciência e tecnologia é superior ao aplicado no estado de Alagoas (MCTIC, 2018).

Como citado, os três escritórios tomados como estudo de caso local possuem configurações parecidas. Dentre os casos estudados, o perfil do Estudo de Caso 2 se destaca por possuir um Engenheiro Civil em seu quadro de funcionários, semelhante ao Estudo de Referência. A partir das informações apresentadas em ambos os casos, evidencia-se que profissionais de engenharia civil dentro de um escritório de arquitetura facilitam o uso do BIM nos projetos.

Outrossim, o Estudo de Referência e os Estudos de Caso 1 e 2 possuem um gerente BIM – o que auxilia na evolução do aprendizado da equipe. Este profissional congrega as funções de arquiteto e de gerente BIM, garantindo maiores benefícios em comparação ao Estudo de Caso 3, que não possui acompanhamento de um gerente BIM.

5.2. Quanto à implementação do BIM

Primeiramente, cabe destacar o ano de implementação do BIM em cada escritório de arquitetura. O Estudo de Referência, um dos primeiros escritórios no uso do BIM no Brasil, adotou o BIM em 2002. O Estudo de Caso 1, um dos primeiros escritórios na implementação do BIM em Alagoas, passou a utilizar BIM em 2008. O Estudo de Caso 2 e o Estudo de Caso 3 adotaram a modelagem da informação em 2012 e 2013, respectivamente. Entretanto, todos os escritórios fizeram a mudança de método de projeto a partir de uma abordagem *top-down*, no nível micro, quanto aos quesitos definidos por Succar (2012), no qual as decisões em substituir a forma tradicional de projeto pela projeção em BIM partiram dos donos das empresas. Além disso, todos os casos analisados alegaram como motivo para a implementação do BIM a melhoria na produtividade.

Com relação aos desafios iniciais na implementação, vale destacar que todos os escritórios em análise tiveram problemas de representação gráfica. Observa-se que o investimento com capacitação para uso das ferramentas BIM e entendimento dos conceitos básicos da modelagem da informação, antes da sua implementação nos escritórios, deveria ser maior.

O Estudo de Referência e o Estudo de Caso 1 demonstraram maiores dificuldades na implementação do BIM – o que pode ser explicado pela inexistência de planejamento estratégico. Nesses escritórios, o BIM foi visto inicialmente apenas como substituto de programas computacionais para a elaboração de projetos e não foi realizada estimativa dos possíveis desafios ocasionados pela mudança. Esse fato é justificado pelo não entendimento acerca das dificuldades da implementação do BIM. Ambos escritórios fizeram a mudança sem consultoria prévia sobre o método de trabalho e processos em BIM. Além disso, a introdução do BIM aconteceu ao mesmo tempo à elaboração de projetos, indo de encontro ao que é defendido por Jensen e Jóhannesson (2013) e Oliveira (2005), quando sugerem que a condução da transformação deve ser realizada aos poucos.

Em outro contexto, fica evidenciado que o Estudo de Caso 2 e o Estudo de Caso 3 fizeram a implementação em seus escritórios em um momento que se possuía mais informações sobre o tema e as tecnologias estavam mais desenvolvidas, não somente em relação aos hardwares, mas também aos softwares. Logo, estes escritórios tiveram maior facilidade e disponibilidade na obtenção de conhecimento. Na época em que optaram pela implementação do BIM (2012 e 2013), existiam escritórios locais que puderam servir de espelho para a troca de experiências sobre a implementação do método, diferentemente do Estudo de Caso 1 e do Estudo de Referência, que realizaram a implantação do BIM quando o método ainda era pouco conhecido no Brasil.

Cabe destacar, também, a ausência de parceiros que usavam BIM e a necessidade de tempo para o treinamento dos funcionários. Essas dificuldades não foram relatadas pelo Estudo de Caso 2 e Estudo de Caso 3.

Dentre os escritórios em análise, apenas o Estudo de Caso 3 alegou ter havido resistência dos membros da equipe na implementação do BIM. Kassem (2015) afirma que essa é uma das barreiras mais comuns em decorrência da mudança na forma com que os funcionários estão acostumados a trabalhar.

Com relação à investimentos, observou-se que todos os escritórios precisaram investir em treinamentos, a partir da decisão de adotar a modelagem da informação. Além dos custos com capacitação, alguns deles também precisaram investir em hardwares e em softwares. O Estudo de Referência e o Estudo de Caso 1 não tiveram custos iniciais com softwares, apenas com hardware, o que diminuiu os gastos iniciais. O Estudos de Caso 2 investiu inicialmente apenas em software, enquanto o Estudo de Caso 3 teve que investir em hardware e em software. Constatou-se, ainda que houve planejamento orçamentário por parte do três Estudo de Caso. Não foram obtidas informações quanto ao planejamento orçamentário do Estudo de Referência.

Ainda sobre investimento, observou-se que apenas o Estudo de Caso 3 optou pela compra de um template, contendo configurações pré-definidas por outro profissional. Os demais escritórios preferiram elaborar seus próprios templates.

Com relação aos softwares BIM para desenvolvimento de projetos escolhidos por cada empresa, verificou-se que o Estudo de Referência, o Estudo de Caso 1 e o Estudo de Caso 3 optaram pela implementação da modelagem da informação utilizando o Revit, enquanto o Estudo de Caso 2 escolheu o ArchiCAD.

A preferência de escolha do software deu-se pela facilidade em aquisição – Estudo de Referência e Estudo de Caso 1 – ou pelo conhecimento prévio sobre a ferramenta BIM – Estudo de Caso 2 e 3.

Todos os escritórios analisados, com exceção do Estudo de Referência (por desconhecimento da informação), afirmaram, em entrevista, que obtiveram, como benefícios após à implementação do BIM, o aumento na produtividade, a redução de erros projetuais e o maior controle das informações de projeto – o que fortalece as palavras de Eastman (2014), quando declara que, embora existam vários problemas iniciais decorrentes da implementação do BIM, os escritórios de projeto, após o período de adaptação, são recompensados com melhorias consideráveis referentes à produtividade e informações mais consistentes.

Os Quadro 35, Quadro 36 e Quadro 37 apresentam uma síntese comparativa entre os escritórios estudados com relação à implementação do BIM.

Quadro 35: Comparativo entre os escritórios quanto à implementação do BIM.

COMPARATIVO QUANTO À IMPLEMENTAÇÃO DO BIM				
Aspectos	ER	EC 1	EC 2	EC 3
Ano de implementação	2002	2008	2012	2013
Abordagem (SUCCAR, 2012)	<i>Top-down</i>	<i>Top-down</i>	<i>Top-down</i>	<i>Top-down</i>
Motivo da implementação	Melhoria na produtividade.	Melhoria na produtividade.	Melhoria na produtividade e estratégia competitiva.	Melhoria na produtividade e aumento na confiabilidade dos projetos.

Fonte: acervo do autor, 2019.

Quadro 36: Comparativo entre os escritórios quanto aos desafios iniciais na implementação do BIM.

COMPARATIVO QUANTO AOS DESAFIOS INICIAIS NA IMPLEMENTAÇÃO DO BIM	
ER	Metodologia de projeto desconhecida, ausência de parceiros usuários de BIM, problema no processamento de projetos multidisciplinares, dificuldades no uso de software, problemas de representação gráfica e necessidade de tempo para treinamento de pessoal.
EC 1	Metodologia de projeto desconhecida, ausência de parceiros usuários de BIM, dificuldades no uso de software, problemas de representação gráfica e necessidade de tempo para treinamento de pessoal.
EC 2	Problemas para adaptação na mudança de processo de projeto e problemas de representação gráfica .
EC 3	Resistência de membros da equipe, problemas de representação gráfica e dificuldades no uso de software.

Fonte: acervo do autor, 2019.

Quadro 37: Comparativo entre os escritórios quanto aos benefícios após a implementação do BIM.

COMPARATIVO QUANTO AOS BENEFÍCIOS APÓS A IMPLEMENTAÇÃO DO BIM	
ER	Informação desconhecida.
EC 1	Aumento da produtividade, redução de erros projetuais , melhoria na coordenação e maior controle das informações de projeto , melhoria na reputação da empresa e expansão do mercado de atuação da empresa.
EC 2	Aumento da produtividade, redução de erros projetuais , melhoria da qualidade gráfica e na coordenação de projetos, maior controle das informações de projeto , melhoria na troca de informações com agentes internos, melhoria na reputação da empresa e expansão do mercado de atuação da empresa.
EC 3	Aumento da produtividade, redução de erros projetuais, maior controle das informações de projeto e expansão do mercado de atuação da empresa.

Fonte: acervo do autor, 2019.

5.3. Quanto à tecnologia

Com relação à tecnologia utilizada em cada escritório de arquitetura estudado, o Estudo de Caso 1 e 3 utilizam o software Revit para detecção de interferências entre disciplinas e para o desenvolvimento dos modelos BIM, sejam de projetos arquitetônicos, estruturais e de instalações prediais. O Estudo de Caso 2 utiliza o ArchiCAD para esses fins, enquanto o Estudo de Referência faz uso do Revit para modelagem BIM de várias disciplinas. Segundo Maciel (2014), os projetos desenvolvidos pelo Estudo de Referência chegam a incluir 28 disciplinas diferentes. Além disso, o Estudo de Referência utiliza o Navisworks para detecção de erros e o AutoDoc para o compartilhamento de modelos BIM com agentes externos, quando não utiliza o servidor BIM próprio.

A profundidade da pesquisa desenvolvida não possibilita sentenciar aspectos relacionados aos “prós” e “contras” das ferramentas BIM, visto que seria necessário acompanhamento mais aprofundado nos escritórios analisados. Contudo, pode-se afirmar, a partir das bibliografias pesquisadas, que os softwares para modelagem BIM (Revit e ArchiCAD) utilizados pelos escritórios apresentam características e ferramentas parecidas para o uso do BIM.

Com relação a outros softwares usados, observou-se que todos os escritórios estudados ainda utilizam o AutoCAD com a finalidade de abrir arquivos externos ou para a preparação dos mesmos para serem importados nos programas em BIM.

A partir da análise das empresas de arquitetura quanto ao aspecto “tecnologia: software”, descrito por Succar (2016), observou-se que, em todas as empresas de arquitetura em análise, as vistas 3D, as representações 2D, as quantificações, as especificações e os estudos analíticos são extraídos dos modelos BIM. Além disso, os usos das ferramentas BIM, processos de modelagem, entregáveis, as trocas de dados e as formas de armazenamento são atualizados regularmente com a finalidade de aumentar a produtividade. Com exceção do Estudo de Caso 1, todos os escritórios atualizam seus softwares com frequência.

Com relação ao uso de hardwares, o Estudo de Referência e o Estudo de Caso 1 tratam os equipamentos como viabilizadoras do BIM. Nestes escritórios, as peças dos computadores são atualizadas com frequência e o investimento em equipamentos está integrado com os planos financeiros da empresa e com os objetivos de desempenho. No Estudo de Caso 2 e 3, o investimento em hardware é voltado para aumentar a produtividade no uso do BIM. Embora haja gerenciamento e manutenção dos equipamentos para uso do BIM, a aquisição de hardware não está incluída nos planos financeiros das empresas e os equipamentos não são atualizados frequentemente, apenas quando necessário. Salienta-se que, no Estudo de Caso 2, há investimento orientado para melhorar a mobilidade dos funcionários, haja vista que alguns trabalham utilizando notebooks.

O Estudo de Referência e o Estudo de Caso 2 se mostraram melhor desenvolvidos com relação ao compartilhamento de modelos BIM por ambos utilizarem servidores BIM para a interação entre os projetistas – o que centraliza toda as informações dos modelos BIM em um único local e permite que vários usuários possam trabalhar sobre o mesmo projeto. Assim, essa capacidade de integração facilita a colaboração BIM entre os membros das equipes destes escritórios e, também, entre as equipes e os agentes externos.

Por outro lado, os Estudos de Caso 1 e 3 não realizam compartilhamento de dados em tempo real por meio de servidor BIM. O intercâmbio de dados projetuais ocorre por meio de conexões de banda larga, tanto entre agentes internos, como com agentes externos. O Estudo de Caso 1 também possui um servidor interno para troca de dados.

O Quadro 38 apresentam uma síntese comparativa entre os escritórios estudados com relação à tecnologia utilizada.

Quadro 38: Comparativo entre os escritórios quanto à tecnologia utilizada.

COMPARATIVO QUANTO À TECNOLOGIA				
Aspectos	ER	EC 1	EC 2	EC 3
Ferramentas BIM	Revit e Navisworks	Revit	ArchiCAD	Revit
Software (SUCCAR, 2016)	Otimizado	Integrado	Otimizado	Otimizado
Hardware (SUCCAR, 2016)	Otimizado	Otimizado	Gerenciado	Gerenciado
Rede (SUCCAR, 2016)	Integrado ¹⁷	Gerenciado	Otimizado	Gerenciado

Fonte: acervo do autor, 2019.

5.4. Quanto à organização dos escritórios

Nos escritórios de arquitetura estudados, os sócios fundadores são os responsáveis diretos pela implementação do BIM, além de orientar os demais membros da equipe no processo de transição. Jernigan (2013) afirma que os donos das empresas devem estar cientes dos assuntos relacionados ao BIM e suas novidades, a fim de manterem o escritório atualizado.

Os funcionários do Estudo de Referência e os colaboradores externos com quais se desenvolvem projetos utilizam a metodologia BIM. Os parceiros externos do Estudo de Caso 1 e 2 possuem conhecimento acerca do BIM, mas a maioria deles não aplicam o método na prática projetual. Por fim, os agentes externos que trabalham com o Estudo de Caso 3 não possuem conhecimento acerca do BIM, porém é válido destacar que este é o único escritório estudado que não é liderado por um gerente BIM.

Com relação à contratação e treinamento nos escritórios, o Estudo de Caso 2 é o único que contrata funcionários sem conhecimentos em BIM e sem habilidades no uso do principal software utilizado pela empresa. Os demais escritórios optaram por contratar somente funcionários conhecedores do BIM e habituados com as ferramentas utilizadas.

Quanto aos treinamentos, todos os escritórios fornecem capacitação inicial aos seus integrantes a partir de cursos básicos sobre BIM e suas ferramentas, para que a equipe consiga desenvolver as atividades definidas para o uso da metodologia BIM. Observou-se que nenhuma das empresas estudadas capacitam seus funcionários para mantê-los atualizados, apenas quando

¹⁷ Classificação atribuída pois não obtiveram maiores informações quanto à frequência de avaliações e atualizações acerca das soluções de rede, bem como sobre a rigidez nos processos de comunicação do escritório.

necessário. Assim, todos os escritórios se classificaram no mesmo nível no aspecto “políticas: preparatória”, descrito por Succar (2016).

Com relação a diretrizes e normas, apenas o Estudo de Referência e o Estudo de Caso 1 se baseiam em normas nacionais (NBR 15965 e NBR 12006) para a implementação do BIM. Além disso, apenas o Estudo de Referência possui diretrizes internas e utilizam o conceito de nível de detalhe (baseado no LOD) para o uso da modelagem da informação.

Quanto aos contratos desenvolvidos por cada escritório, somente os contratos do Estudo de Referência apresentam informações sobre a projeção em BIM, contendo os padrões na utilização do BIM e outras informações que identificam as obrigações referentes à modelagem da informação. Verificou-se que os modelos de contrato das demais empresas não apresentam informações relacionadas à projeção em BIM.

Observa-se, portanto, que os escritórios analisados em Maceió precisam evoluir nos aspectos “política: regulatória” e “política: contratual”, os quais são abordados por Succar (2016). Acredita-se no Estudo de Referência esses aspectos estejam melhor desenvolvidos devido ao fato do escritório estar frequentemente envolvido em licitações e concursos de projetos que obrigam expressamente o uso da modelagem da informação. Pressupõe-se que, caso o uso de BIM se torne obrigatório em algumas obras na cidade Maceió ou os escritórios passem a projetar empreendimentos que imponham o uso do BIM, os mesmos deverão aprimorar-se nos referidos aspectos.

O Quadro 39 apresentam uma síntese comparativa entre os escritórios estudados com relação à organização.

Quadro 39: Comparativo entre os escritórios quanto à organização.

COMPARATIVO QUANTO À ORGANIZAÇÃO DOS ESCRITÓRIOS				
Aspectos	ER	EC 1	EC 2	EC 3
Liderança e gerenciamento (SUCCAR, 2016)	Otimizado	Integrado	Integrado	Gerenciado
Políticas: preparatória (SUCCAR, 2016)	Gerenciado	Gerenciado	Gerenciado	Gerenciado
Políticas: regulatória (SUCCAR, 2016)	Otimizado	Definido	Inicial	Inicial
Políticas: contratual (SUCCAR, 2016)	Otimizado	Inicial	Inicial	Inicial

Fonte: acervo do autor, 2019.

5.5. Quanto à gestão BIM nos escritórios

Quanto às formas de comunicação, somente o Estudo de Referência e o Estudo de Caso 2 fazem uso de uma ferramenta BIM para colaboração comunicativa, o que facilita a troca de informações no desenvolvimento dos projetos. Todos os escritórios analisados se comunicam por meio de reuniões presenciais, e-mail e celular.

Além disso, percebe-se que não são utilizadas ferramentas de colaboração em BIM e comunicação online em BIM nos Estudos de Caso 1 e 3. Acredita-se que seria mais produtivo fazer as revisões de forma colaborativa por meio de ferramentas de colaboração em BIM.

Outro fator que viabiliza o método nos escritórios é a forma de compartilhamento dos modelos BIM. Dentre os escritórios estudados, apenas o Estudo de Referência e o Estudo de Caso 2 fazem uso de servidor BIM para o compartilhamento de projetos modelados em BIM. As outras empresas realizam essa tarefa por meio de armazenamento em nuvem.

O Quadro 40 apresentam uma síntese comparativa entre os escritórios estudados com relação à gestão BIM.

Quadro 40: Comparativo entre os escritórios quanto à gestão BIM.

COMPARATIVO QUANTO À GESTÃO BIM NO ESCRITÓRIO				
Aspectos	ER	EC1	EC2	EC3
Formas de comunicação	Navisworks, reuniões presenciais, e-mail, celular e Skype.	Relatórios no Word, reuniões presenciais, e-mail e celular.	Teamwork (ArchiCAD), reuniões presenciais, e-mail e celular.	Trello, reuniões presenciais, e-mail e celular.
Compartilhamento dos modelos BIM entre disciplinas distintas	Servidor BIM	Repositório online.	BIMcloud (servidor BIM da Graphisoft).	Repositório online.

Fonte: acervo do autor, 2019.

Com relação aos processos de projeto empregando a modelagem da informação, os escritórios possuem fluxos de trabalho parecidos: há a elaboração de um modelo BIM de arquitetura a partir de uma ferramenta BIM. Posteriormente, a partir do projeto de arquitetura, cria-se o modelo BIM de estrutura e, com exceção do Estudo de Caso 3, o modelo BIM de instalações prediais. Esses modelos são integrados para realização da análise de interferência entre eles.

Todas as empresas estudadas fazem a checagem de erros entre o modelo de arquitetura com, pelo menos, um modelo de alguma outra disciplina. O Estudo de Referência, o Estudo de Caso 1 e o Estudo de Caso 2 fazem a análise de interferências entre os modelos BIM de arquitetura, de estrutura e de instalações prediais. O Estudo de Caso 3 checa os erros apenas das disciplinas de arquitetura e de estrutura.

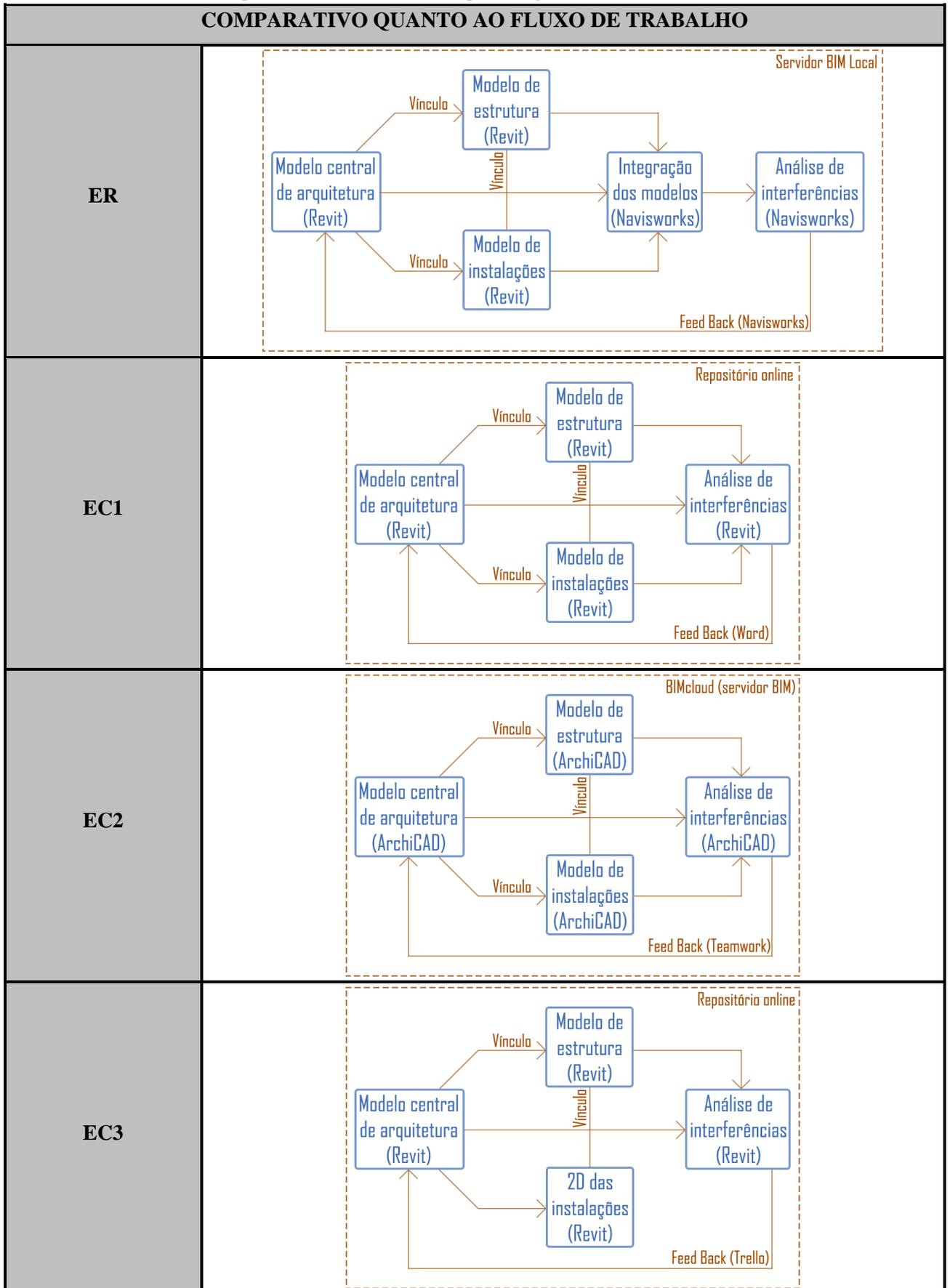
Observa-se que nos processos descritos pelos escritórios analisados, todos usam apenas uma ferramenta BIM ou ferramentas desenvolvidas pelo mesmo fabricante, o que facilita a interoperabilidade. As empresas de Maceió analisadas utilizam a mesma ferramenta BIM, tanto para o desenvolvimento dos modelos em BIM, quanto para detecção de incompatibilidades entre as disciplinas. Enquanto os Estudos de Caso 1 e 3 utilizam o Revit, o Estudo de Caso 2 utiliza o ArchiCAD. O Estudo de Referência utiliza o Revit para modelagem em BIM e o Navisworks para checagem de erros.

Observou-se, também, que, dentre os escritórios estudados em Maceió, o Estudo de Caso 2 apresentou melhor uso do BIM, utilizando efetivamente a colaboração em BIM e o compartilhamento de modelos através de um servidor BIM online, ainda que restrita aos integrantes do escritório.

Em contrapartida, verificou-se que o Estudo de Caso 3 apresentou o pior uso da metodologia BIM, que, além de utilizar repositório online para compartilhamento de dados, ainda produz projetos em 2D, limitando o uso da modelagem da informação nos trabalhos desenvolvidos pelo escritório.

O Quadro 41 apresentam uma síntese comparativa entre os escritórios estudados com relação à gestão BIM e fluxo de trabalho.

Quadro 41: Comparativo entre os escritórios quanto à gestão BIM - fluxo de trabalho.



Fonte: acervo do autor, 2019.

5.6. Quanto à integração com agentes externos

Com relação à colaboração com escritórios externos, os Estudos de Caso 1, 2 e 3 não usufruem do potencial do processo colaborativo e integrado, que é um dos princípios da modelagem da informação (EASTMAN, 2014). O único escritório que compartilha modelos BIM de forma colaborativa com agentes externos é o Estudo de Referência.

Contudo, o Estudo de Caso 1 raramente solicita que a estrutura seja dimensionada e modelada em BIM por agentes externos. Para tanto, há o envio dos modelos BIM para parceiros externos por meio de repositório online ou por e-mail.

Vale salientar que, atualmente, o Estudo de Caso 2 é o único Estudo de Caso, entre os estudados, que tem capacidade de trabalhar de forma colaborativa, usufruindo das vantagens da utilização de um servidor BIM online. Porém, conforme relatado pelos entrevistados, não há necessidade de colaboração com agentes externos devido à empresa possuir um engenheiro civil no seu quadro de funcionários – o que justifica a não integração com projetistas externos. Haveria necessidade de compartilhamento de modelos BIM com agentes externos, caso construtoras parceiras ou afins utilizassem BIM em seus empreendimentos.

Quanto ao formato de entrega de arquivos para clientes, observa-se que todos os escritórios relataram que exportam a produção dos projetos para os formatos PDF e DWG, pois são os formatos de arquivos mais conhecidos e mais acessíveis pelos clientes e em órgãos públicos no Brasil.

Quanto aos modelos 3D, a bibliografia consultada evidencia que a utilização de modelos tridimensionais auxilia o entendimento de projetos para todos os indivíduos, não sendo limitada somente aos que possuem habilidades técnicas referentes à construção civil (KYMMEL, 2008). Nesse sentido, o Estudo de Caso 1 retratou que os clientes analisam a proposta em tempo real, facilitando a apresentação e no relatório de modificações que, se necessárias, ocorrem simultaneamente à apresentação. O Estudo de Caso 2 avança neste quesito, entregando um arquivo no formato BIMx, da Graphisoft, que possibilita aos clientes observem o projeto em 3D de forma interativa. No mesmo recurso, o proprietário pode analisar a documentação dos projetos através de um computador ou a partir de um celular, o que facilita a visibilidade.

O Estudo de Referência possui um servidor BIM e afirma que os clientes têm acesso direto aos modelos projetados por meio da internet.

O Quadro 42 apresentam uma síntese comparativa entre os escritórios estudados com relação à integração com agentes externos.

Quadro 42: Comparativo entre os escritórios quanto à integração com agentes externos.

COMPARATIVO QUANTO À INTEGRAÇÃO COM AGENTES EXTERNOS				
Aspectos	ER	EC 1	EC 2	EC 3
Compartilhamento de modelos BIM com agentes externos	Servidor BIM próprio ou AutoDoc.	Repositório online ou e-mail.	Inexistente.	Inexistente.
Formato de entrega de arquivos para clientes	PDF, DWG e IFC.	PDF, DWF, DWG e JPG.	BIMx, PDF e DWG.	PDF e DWG.

Fonte: acervo do autor, 2019.

5.7. Quanto aos estágios de implementação do BIM nos escritórios

As referências utilizadas para análises quanto aos estágios de implementação do BIM em escritórios tratam o assunto de formas semelhantes, contudo sob o ponto de vista de diferentes autores. Diante das abordagens dos autores, fica evidente que a colaboração entre todos os agentes envolvidos na produção da obra, desde o projeto até a sua construção ou demolição, e a forma de compartilhamento dos modelos BIM são uns dos principais critérios na prática da modelagem da informação.

Todos os escritórios em análise fizeram a substituição do desenvolvimento de projetos em CAD por modelos em BIM com o objetivo de aumentar a produtividade, melhorando a coordenação e a agilidade no desenvolvimento da documentação. Contudo, nenhum escritório de Maceió colabora em BIM com profissionais, a não ser os envolvidos na elaboração dos projetos de arquitetura, estrutura e instalações prediais. Outro ponto negativo observado é que os modelos produzidos em BIM por esses escritórios não são utilizados para simulações e dados orçamentários. Ou seja, não há uso do BIM nas obras projetadas por essas empresas de arquitetura.

Por sua vez, os modelos BIM elaborados pelo Estudo de Referência são compartilhados com profissionais de outras disciplinas, além dos de arquitetura, estrutura e de instalações prediais. Além disso, várias dimensões do BIM são aplicadas nos projetos. O intercâmbio de informações é realizado por meio de um servidor BIM online que pode ser acessado por todos os envolvidos no processo, no qual os modelos BIM são construídos de forma colaborativa. Assim, o escritório trabalha de forma global, envolvendo o proprietário e a obra nos processos.

Em todas as empresas analisadas, os modelos BIM das disciplinas projetadas são usados para automatizar a geração, a coordenação, a documentação, as visualizações em três dimensões e também a extração de diversos dados.

Observa-se que os Estudos de Caso 1 e 3 enquadram-se no “estágio 2”, ao passo que o Estudo de Caso 2 enquadra-se no “estágio 3” quanto ao aspecto “Capacidade BIM”, definido por Succar (2012). Este fato demonstra que os escritórios maceioenses têm potencial para utilizar a metodologia BIM em estágios mais avançados do que praticam no momento, sobretudo o Estudo de Caso 2, que equipara ao Estudo de Referência, nesse aspecto, visto que ambos colaboram ativamente com profissionais de outras disciplinas e os modelos BIM são compartilhados e integrados colaborativamente por meio de um servidor BIM.

Contudo, no aspecto “Maturidade BIM”, que está relacionado à qualidade, à produtividade e ao grau de excelência com que os processos são desenvolvidos, o Estudo de Caso 1 foi classificado no nível “definido”, enquanto os Estudos de Caso 2 e 3 foram classificados no nível “inicial”; fato que denota que esses escritórios precisam investir, significativamente, na definição de processos e, principalmente, de políticas, assim como o Estudo de Referência, que está em um estágio avançado, com processos e políticas definidas, a partir da aplicação de normas BIM e de diretrizes que estão incluídas na gestão de qualidade do escritório e na identificação de informações sobre BIM nos contratos, por exemplo.

O Quadro 43 apresentam uma síntese comparativa entre os escritórios estudados com relação aos estágios de implementação do BIM.

Quadro 43: Comparativo entre os escritórios quanto aos estágios de implementação do BIM.

COMPARATIVO QUANTO AOS ESTÁGIOS DE IMPLEMENTAÇÃO DO BIM				
Aspectos	ER	EC 1	EC 2	EC 3
Segundo Tobin (2008)	BIM 3.0	BIM 1.0	BIM 1.0	BIM 1.0
Capacidade BIM (SUCCAR, 2012)	Estágio 3	Estágio 2	Estágio 3	Estágio 2
Maturidade BIM (SUCCAR, 2012)	Otimizado	Definido	Inicial	Inicial
Segundo Jernigan (2013)	Big BIM	Little BIM	Little BIM	Little BIM

Fonte: acervo do autor, 2019.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, foram analisadas a implementação do BIM e o uso dessa metodologia nos processos de projetos em escritórios de arquitetura em Maceió, por meio do estudo de casos. Embora a amostra tenha sido de apenas três casos, acredita-se que o estudo seja representativo no âmbito dos escritórios que utilizam BIM na cidade.

O referencial teórico elaborado possibilitou o entendimento das correlações existentes entre o processo de projeto, a tecnologia da informação e o uso da metodologia BIM nos escritórios de arquitetura. Esses componentes mostram-se profundamente ligados, sendo afetados diretamente quando algum deles sofre modificações.

As análises quanto ao contexto da modelagem da informação da construção, no Brasil e no exterior, permitem afirmar que há uma crescente adoção do seu uso, tanto em escala mundial, quanto nacional, que pode ser justificada a partir de iniciativas de incentivo à adaptação do BIM, como o desenvolvimento de normas e a obrigatoriedade do uso do BIM em diversos países.

Conforme demonstrado na bibliografia apresentada, o governo brasileiro tem estimulado a adoção do BIM no país – fato que pode fortalecer a colaboração em BIM na construção civil. Há ações governamentais a partir de normas e diretrizes para o uso do BIM que incentivam a produção de pesquisas referentes ao assunto em universidades, que deve englobar todos os cursos do setor construtivo. Assim, nota-se que a adesão nacional, e até local, ao uso do BIM tende a crescer de forma a acompanhar, gradualmente, a evolução mundial.

Pode-se mencionar, ainda, a declaração de Succar referente à adoção, no nível macro, do BIM em um país, a qual pode acontecer, além de interferências de normas obrigatórias, em decorrência da adoção e propagação da metodologia projetual por escritórios de pequenos portes (CBIC, 2018). Porém, esses escritórios têm que fazer investimentos elevados para a implementação do BIM, principalmente em hardware, software e capacitação. As despesas são variáveis, dependendo das necessidades de cada escritório.

Além dos custos, existem os desafios na mudança dos processos de trabalho, que podem incluir erros de representação gráfica, ausência de parceiros usuários de BIM e outras dificuldades iniciais. Contudo, após o período de adaptação, as adversidades referentes à implementação do BIM podem transformar-se em benefícios significativos, aumentando a competitividade no mercado da construção civil, como foi o caso dos escritórios estudados na presente pesquisa.

Após a fase de adaptação ao uso do BIM, são destacados potenciais benefícios, como o ganho em produtividade no ato de projetar, coerência dos dados a partir da conexão de todas as informações do projeto em um único modelo, e, por conseguinte, a redução de erros projetuais.

Ademais, a elaboração de projetos em BIM proporciona inúmeros ganhos para o escritório, porém demanda dos projetistas mais habilidades técnicas referentes à construção civil, visto que simula uma obra por meio de ferramentas computacionais. A projeção em BIM requer entendimento acerca da execução de empreendimentos – habilidades necessárias para realizar as integrações projetuais entre as diversas disciplinas existentes no processo construtivo.

No geral, após a pesquisa de campo, é possível afirmar que os escritórios estudados, em Maceió, possuem objetivos para o uso do BIM, visto que os princípios do BIM são utilizados, mesmo que parcialmente.

Independente do motivo que levaram esses escritórios à implementação da modelagem da informação, seu uso propiciou o aumento na produtividade dessas empresas, melhorando a coordenação e a agilidade no desenvolvimento da documentação. Além disso, os serviços e os produtos foram aprimorados, gerando projetos com maior qualidade.

As análises quanto ao fluxo de trabalho evidenciam que, em Maceió, há empresas de arquitetura que realizam checagem de erros entre diferentes disciplinas, o que pode diminuir erros projetuais e, conseqüentemente, de obras. Além disso, existe pelo menos um escritório de projeto em Maceió que realiza efetivamente a colaboração em BIM, no qual existe o compartilhamento de modelos através de um servidor BIM online. Entretanto, cabe destacar que o processo colaborativo envolvendo a disciplina de arquitetura com as disciplinas de projetos complementares precisa ser tratado com mais afinco nos escritórios de projeto da localidade, necessitando evolução técnica dos profissionais e disseminação da modelagem da informação.

A pesquisa demonstrou que existe potencial para a evolução das práticas BIM nos escritórios estudados. Contudo, ficam evidentes deficiências quanto à colaboração entre todos os agentes envolvidos na elaboração da obra, desde o projeto até a sua construção ou demolição. A utilização do BIM apresentada pelos escritórios estudados, em Maceió, é aplicada apenas dentro do próprio escritório. Assim, podemos concluir que não há uso do BIM nas obras projetadas. Contudo, essa deficiência também faz parte da construção civil local e, de forma geral, da fragmentação do setor construtivo. Para solucionar esse problema é imprescindível

uma mudança cultural, na qual todos os agentes envolvidos na construção civil, na cidade, passem a observar os benefícios do BIM.

A fragilidade de políticas definidas para a projeção em BIM é outra deficiência que deve ser remediada para que se garanta que esses escritórios evoluam na prática da modelagem da informação da construção. Para isso, faz-se necessário que normas BIM e diretrizes sejam consideradas na gestão de qualidade dos escritórios, além da inserção de informações que identifique os padrões de utilização do BIM, para que haja melhoria nos contratos, e o investimento constante na capacitação dos membros do escritório.

Ademais, para que os escritórios de projeto de arquitetura em Maceió consigam êxito na implementação do BIM é recomendado que enxerguem que sua adoção está relacionada a mudanças nos processos de produção e de organização. Assim, é necessário que o escritório elabore planejamento detalhado, analisando as possíveis despesas orçamentárias decorrentes da implementação. Esse planejamento precisa ser ajustado às particularidades de cada escritório, contendo planos de ação e diagnósticos avaliativos. Além disso, a consultoria de um profissional especializado pode auxiliar em uma implementação mais consistente da metodologia BIM.

É necessário que sejam realizados cursos de capacitação para os funcionários, haja vista que os membros da equipe contribuem para o desenvolvimento das habilidades com as ferramentas BIM utilizadas e os conceitos referentes ao BIM, possibilitando o uso correto da metodologia em destaque e seus aprimoramentos. Assim, as habilidades dos membros do escritório com relação ao BIM permitem que essa metodologia seja utilizada com mais eficiência.

A capacitação conceitual dos agentes internos é necessária para que entender que o uso do BIM não implica apenas em uma troca de software, mas, principalmente, numa transformação nos processos de trabalho. A simples capacitação desses conceitos facilita o entendimento no processo de implementação do método.

Ainda é possível destacar que se faz necessário o investimento interno no que se diz respeito ao atendimento das normas brasileiras e às diretrizes para utilização da modelagem da informação. Os contratos devem apresentar informações sobre a projeção, contendo os padrões na sua utilização, além de outras informações que reconhecem as obrigações referentes à metodologia de projeto em BIM.

É fundamental que a implementação aconteça aos poucos. Assim, o escritório pode continuar realizando os serviços da forma que os projetistas estão acostumados, enquanto, simultaneamente, o processo de implementação é feito. Consequentemente, as dificuldades

decorrentes do novo método de elaboração de projetos serão menores, diminuindo a quantidade de problemas iniciais.

Outrossim, precisa-se ter consciência que a implementação do BIM é progressiva. Após a adaptação ao planejamento inicial, novos aprimoramentos precisam ser idealizados. Conseqüentemente, o aprendizado em relação a projeção em BIM é contínuo, visto que trata-se de uma metodologia de projeto que se encontra em constante evolução. Por esse motivo, os diagnósticos referentes ao uso do BIM precisam ser realizados com regularidade, a fim de manter o escritório atualizado.

A implementação do BIM está diretamente relacionada às transformações no processo de projeto, no método de armazenamento de informações e na forma de colaboração entre os participantes da obra, o que implica a necessidade de interoperabilidade entre as ferramentas BIM utilizadas.

Por fim, observou-se que o BIM se propaga na localidade estudada, embora que lentamente. Contudo, os profissionais precisam capacitar-se a fim de acompanhar o ritmo da evolução do BIM. Dessa forma, os escritórios de arquitetura serão mais atuantes e impactantes no setor construtivo, a partir da colaboração com todos os agentes envolvidos na construção civil na cidade.

O trabalho apresentado não esgota o tema em questão e novos estudos podem ser realizados a fim de aprofundar as investigações referentes à colaboração em BIM em todo o setor da construção civil, com abordagens sobre os benefícios e as dificuldades do uso de servidores BIM em escritórios de arquitetura, não apenas em Maceió, mas em todo o estado.

REFERÊNCIAS

3D Design Software - Fully Integrated BIM | Vectorworks. **Vectorworks Inc**, 2018. Disponível em: <https://www.vectorworks.net>. Acesso em: 20 fev. 2018.

AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS. **Integrated Project Delivery: A Guide**. Washington D.C., 2008.

ARAYICI Y., COATES P., KAGIOGLOU, M. KOSKELA L. BIM adoption and implementation for architectural practices. **Structural Survey**, Manchester, v. 29, n. 1, p. 7-25, abr. 2011. Disponível em: <https://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/02630801111118377>. Acesso em: 04 mar. 2018.

ArchiCAD. **GRAPHISOFT**, 2018. Disponível em: <https://www.graphisoft.com/archicad>. Acesso em: 25 nov. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13531**: elaboração de projeto de edificações: atividades técnicas. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5670**: seleção e contratação de serviços e obras de engenharia e arquitetura de natureza privada. Rio de Janeiro, 1977.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA. **Guia AsBEA: Boas Práticas em BIM**. 2013. Disponível em: <http://www.asbea.org.br/manuais>. Acesso em: 06 fev. 2017.

Autodesk 3D Design, Engineering & Entertainment Software. **AUTODESK Inc**, 2018. Disponível em: www.autodesk.com. Acesso em: 20 fev. 2018.

AYRES, C. **Acesso ao modelo integrado do edifício**. 2009. 254 p. Dissertação (Mestrado em Construção Civil do Setor de Tecnologia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

BARBOSA, J. T. **Recomendações para o processo de transição de ferramentas CAD para BIM a partir de um estudo de caso de escritórios de arquitetura em Maceió/AL**. 2018. 137 p. Dissertação (Mestrado em Dinâmicas do Espaço Habitado) - Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2018.

BARROS, M. M. B. O processo de projeto e a busca de inovação tecnológica nas empresas construtoras. In.: I SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA QUALIDADE E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO, n. 1, 1999, Recife. **Anais...** Recife: UFPE, 1999. Disponível em: http://www.infohab.org.br/acervos/pdf/codigo_biblio/11770/titulo/O%20processo%20de%20projeto%20e%20a%20busca%20de%20inova%C3%A7%C3%A3o%20tecnol%C3%B3gica%20nas%20empresas%20construtoras. Acesso em: 17 jan. 2018.

BENBASAT, I.; GOLDSTEIN, D. K.; MEAD, M. The case research strategy in studies of information systems. **MIS Quarterly**, Minneapolis, v. 11, n. 3, p. 369-386, set. 1987. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/248684?origin=crossref>. Acesso em: 11 jan. 2018.

BONATTO, H. A Importância do "Building Information Modeling" para a Governança de Obras Públicas a Partir do Pensamento Sistêmico. In: Ronny Charles. **Licitações Públicas - Himenagem ao Jurista Jorge Ulisses Jacoby Fernandes**. 1 ed. Curitiba: Editora Negócios Públicos, 2016, v. 1, p. 595-615.

BRASIL. Decreto n. 9.377, de 17 de maio de 2018. Institui a Estratégia de Disseminação do Building Information Modeling. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 maio 2018. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/Decreto/D9377.htm. Acesso em: 22 mai. 2018.

CBIC. 2018: o ano da implantação mundial do BIM. **CBIC**, 2018. Disponível em: <http://dicasdebim.tilab.com.br/seminario-bim-oportunidade-para-inovar-construcao-e-aumentar-transparencia/>. Acesso em: 25 fev. 2019.

CBIC. Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras do CBIC. **CBIC**, Brasília, 2016. Disponível em: www.cbic.org.br/sites/default/files/CBIC%20Hoje%2001.08.2016.pdf. Acesso em: 02 mar. 2018.

CHECCUCCI, E. S.; PEREIRA, A. P. C.; AMORIM, A. L. Difusão e apropriação do paradigma BIM no Brasil. **Gestão & Tecnologia De Projetos**, São Paulo, v. 1, n. 8, p. 19-39, set. 2013. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/62201>. Acesso em: 03 mar. 2018.

Contier Arquitetura | Escritório de Arquitetura – São Paulo. **CONTIER**, São Paulo, 2018. Disponível em: www.contier.com.br. Acesso em: 20 dez. 2018

CONTIER, L. A. O Primeiro Edifício Corporativo Totalmente Projetado em BIM. **LinkedIn**, 2015. Disponível em: www.linkedin.com/pulse/o-primeiro-edif%C3%ADcio-corporativo-totalmente-projetado-em-contier. Acesso em: 20 dez. 2018

CRESPO, C. C.; RUSCHEL, R. C. Ferramentas BIM: um desafio para a melhoria no ciclo de vida do projeto. In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, n. 3, 2007, Porto Alegre. **Anais...** Pelotas: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-riograndense, 2007. Disponível em: http://www2.pelotas.ifsul.edu.br/gpacc/BIM/referencias/CRESPO_2007.pdf. Acesso em: 20 fev. 2018.

CUPERSCHMID, A., CRUZ, M. O., RUSCHEL, R. C. A incorporação de BIM no ensino do curso Técnico em Edificações. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v. 12, n. 2, p. 117-134, out. 2017. Disponível em: www.researchgate.net/publication/321134757_A_INCORPORACAO_DE_BIM_NO_ENSINO_DO_CURSO_TECNICO_EM_EDIFICACOES. Acesso em: 03 mar. 2018.

DATA DESIGN SYSTEM. **DDS-CAD**, 2018. Disponível em: <http://www.dds-cad.net>. Acesso em: 20 fev. 2018.

DELATORRE, J. P. M., SANTOS, E. T. Introdução de novas tecnologias: o caso do BIM em empresas de construção civil. In: XV Encontro Nacional da Tecnologia do Ambiente Construído, n. 15, 2014, Maceió. **Anais...** Porto Alegre: Associação Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído, 2014. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/301433410_Introducao_de_novas_tecnologias_o_caso_do_BIM_em_empresas_de_construcao_civil. Acesso em: 02 de mar. 2018.

EASTMAN, C. M. General Purpose Building Description Systems. **Computer- Aided Design**, Pennsylvania, v. 8, n. 1, p. 17-26, jan. 1976. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0010448576900051?via%3Dihub>. Acesso em: 27 fev. 2018.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **Manual de BIM**: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. 1 ed. Porto Alegre: Bookman, 2014. 500 p. Tradução de AYRES FILHO, C. et al.

EVBUOMWAN, N. F. O.; ANUMBA, C. J. An integrated framework for concurrent life-cycle design and construction. *Advances in Engineering Software*. **Advances in Engineering Software**, Florida, v. 29, n. 7, p. 587-597, aug. 1998. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/222857795_An_integrated_framework_for_concurrent_life-cycle_design_and_construction. Acesso em: 02 fev. 2018.

FABRICIO, M. M.; MELHADO, S. B. Impactos da tecnologia da informação nos conhecimentos e métodos projetuais. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, n. 1, 2002, Curitiba. **Anais...** Curitiba: [s.n.], 2002. Disponível em <https://www.researchgate.net/publication/228757629>. Acesso em: 15 jan. 2018.

FERREIRA, R. C.; SANTOS, E.T. A percepção de interferências espaciais através de desenhos 2D e modelos 3D por profissionais de projetos de edifícios. In: WORKSHOP NACIONAL DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, n. 7, 2007, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2007. Disponível em: http://www.dwg.arq.br/spi/s_pub/artigos_files/07-0088.pdf. Acesso em: 15 fev. 2018.

FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. **Proposta de política industrial para a construção civil – edificações**. 1 ed. São Paulo: DECONCIC FIESP, 2008. 168 p. Disponível em: <https://sitefiespstorage.blob.core.windows.net/observatoriodaconstrucao/2015/10/deconcicpropostaindustrial.pdf>. Acesso em: 05 fev. 2017.

Digital Building Lab – BIM Tools. **GEORGIA INSTITUTE OF TECHNOLOGY**, 2014. Disponível em: www.gatech.edu/app/bimtools/tools_list.asp?id=521. Acesso em: 17 fev. 2018.

GIL, Antônio. **Métodos e Técnicas da Pesquisa Social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008. 200p.

GOES, R. B. **Compatibilização de Projetos com o Uso da Ferramenta BIM**. 2011. 142 p. Dissertação (Mestrado em Habitação) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado São Paulo, São Paulo, 2011.

GOETZE, G. **Building Information Modeling**: maturity and effects on the construction phase of a project in Brazil. 2014. 108 p. Dissertação (Mestrado em Technologies in Building Construction) - University College London, School of Construction and Project Management, Londres, 2014.

GRILO, L. M. **Gestão do processo de projeto no segmento de construção de edifícios por encomenda**. 2002. 370 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.

GROOVER, M. P. **Automation, production systems and computer integrated manufacturing**. 2 ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2001. 845 p. Disponível em: <https://aerocastle.files.wordpress.com/2012/08/automationproduction-systems-and-cim-groover2001.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2018.

GU, N., LONDON, K. Understanding and facilitating BIM adoption in the AEC industry. **Automation in Construction**, Maryland, v. 19, n. 8, p. 988-999, dec. 2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/251617940_Understanding_and_facilitating_BIM_adoption_in_the_AEC_industry. Acesso em: 06 mar. 2018.

HARDIN, B.; MCCOOL, D. **BIM and Construction Management: proven Tools, Methods, and Workflows**. 2 ed. Indianapolis: Wiley, 2015. 375 p. Disponível em: <http://iibimsolutions.ir/files/BIM/Ebook/BIM%20and%20Construction%20Management-2nd%20edition.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2018.

Industry leading model-based construction software. **Tekla**, 2018. Disponível em: www.tekla.com. Acesso em: 20 fev. 2018.

ITO, A. L. Y. **Gestão da informação no processo de projeto de arquitetura: estudo de caso**. 2007. 161 p. Dissertação (Mestrado em Construção Civil do Setor de Tecnologia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

JENSEN, P.A.; JÓHANNESSON, E.I. Building Information Modeling in Denmark and Iceland. **Engineering, Construction and Architectural Management**, Bingley, v. 20, n. 1, p. 99-110, jan. 2013. Disponível em: <https://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/09699981311288709>. Acesso em: 06 mar. 2018.

JERNIGAN, F. **BIG Bim, Little Bim: The practical approach to Building Information Modeling**. 1 ed. Salisbury: 4Site Press, 2013, 306 p.

KALAY, Y. Architecture's New Media: Principles, Theories, and Methods of Computer-Aided Design. **Nexus Network Journal**, Cambridge, v. 7, n. 1, p. 163-165, apr. 2004. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/248112598_Architecture's_New_MediaPrinciples_Theories_and_Methods_of_Computer-Aided_Design. Acesso em: 27 fev. 2018.

KALE, S, ARDITI, D. Diffusion of Computer Aided Design Technology in Architectural Design Practice. **Journal of Construction Engineering and Management**, Vilnius, v. 131, n. 10, p. 1135-1141, oct. 2005. Disponível em: www.researchgate.net/publication/245283646_Diffusion_of_Computer_Aided_Design_Technology_in_Architectural_Design_Practice. Acesso em: 27 fev. 2018.

KASSEM, M., AMORIM, S. R. L. **BIM – Building Information Modeling no Brasil e na União Europeia**. 1 ed. Brasília: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2015, 162 p.

KYMMEL, W. **Building Information Modeling: Planning and managing construction project with 4D and simulations**. 1 ed. Nova Iorque: McGraw-Hill, 2008, 270 p.

LAUDON, K. C.; LAUDON, J. P. **Sistemas de informação gerenciais**. 11 ed, São Paulo: Pearson, 2014, 504 p.

LAURINDO, F. J. B. **Um estudo sobre a avaliação da eficácia da tecnologia de informação nas organizações**. 2000. 166 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

LAWSON, B. **How Designers Think: The design process demystified**. 4 ed. Londres: The Architectural Press, 2005, 320 p.

LIBRERO, J. G. Espanha tornará obrigatório o uso de BIM em obras públicas. **ArchDaily**, 2018. Disponível em: https://www.archdaily.com.br/br/891092/espanha-tornara-obrigatorio-o-uso-de-bim-em-obras-publicas?ad_medium=widget&ad_name=navigation-prev. Acesso em: 28 fev. 2018.

MACIEL, M. A. C. **Dificuldades para A Implantação de Softwares Integradores de Projeto (BIM) por Usuários da Cidade de Aracaju / Sergipe**. 2014. 99 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Sergipe, Sergipe, 2014. Disponível em: <http://contier.com.br/artigos/dissertacao-mestrado-marcelo-augusto-costa-maciel>. Acesso em: 05 jan. 2019.

MANZIONE, L. **Proposição de uma Estrutura Conceitual de Gestão do Processo de Projeto Colaborativo com o uso do BIM**. 2013. 343 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

MARTINS, J. V. **Processos colaborativos e integração de projetos com auxílio da plataforma BIM: Uma Análise no Meio Profissional de Natal-RN**. 2018. 186 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

MARTINS, P. C. F. **A Interoperabilidade entre Sistemas BIM e Simulação Ambiental Computacional: estudo de caso**. 2011. 229 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

MATOS, C. R. **O Uso do BIM na Fiscalização de Obras Públicas**. 2016. 155 p. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) - Universidade de Brasília, Brasília, 2016. Disponível em: http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UNB_a8be44d2b13974190ff0b588a1a79b51. Acesso em: 25 dez. 2018.

MELHADO, S. M. **Qualidade do Projeto na Construção de Edifícios: Aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção**. 1994. 308 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

MENEGOTTO, J. L. Novas disciplinas eletivas para Expressão Gráfica têm agora Building Information Modeling. **Escola Politécnica UFRJ**, 2012. Disponível em: <http://www.poli.ufrj.br/noticias/noticias.php?numnews=1032>. Acesso em: 05 fev. 2017.

MENEZES, G. Breve Histórico de Implantação da Plataforma BIM. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, Minas Gerais, v.18, n.22, p. 152-171, jun. 2011. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/Arquiteturaeurbanismo/article/view/P.2316-1752.2011v18n22p152>. Acesso em: 05 fev. 2017.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES. **Indicadores Nacionais de Ciência, Tecnologia e Inovação 2018**. 1 ed. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, 2018, 164 p. Disponível em: https://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/indicadores/arquivos/Indicadores_CTI_2018.pdf. Acesso em: 10 fev. 2019.

NASCIMENTO, L. A., SANTOS, E. T. A contribuição da tecnologia da informação ao processo de projeto na construção civil. In: WORKSHOP GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, n. 1, 2001, São Carlos. **Anais...** São Carlos: EESC-USP, 2001. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/228552422_A_contribuicao_da_tecnologia_da_informacao_ao_processo_de_projeto_na_construcao_civil. Acesso em: 23 fev. 2018.

OLIVEIRA, O. J. **Modelo de gestão para pequenas empresas de projeto de edifícios**. 2005. 279 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

Open source BIMserver - In the heart of your BIM. **BIMSERVER**, 2018. Disponível em: www.bimserver.org. Acesso em 25 nov. 2018.

PEREZ, C. Technological revolutions and techno-economic paradigms. **Cambridge Journal of Economics**, Cambridge, v. 34, n. 1, p. 185-202, sep. 2009. Disponível em: <https://academic.oup.com/cje/article-abstract/34/1/185/1699623>. Acesso em: 23 fev. 2018.

PLANO BRASIL MAIOR. **Brasil Maior: Inovar para competir. Competir para crescer**. 1 ed. Brasília: República Federativa do Brasil, 2013, 40p.

RODRIGUES, A. R. S. **Grau de Maturidade em BIM: Estudos de Caso em Empresas Projetistas de Arquitetura na Cidade de São Paulo**. 2018. 165 p. Monografia (Especialização em Gestão de Projetos na Construção) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018. Disponível em: <http://poli-integra.poli.usp.br/library/pdfs/844984ab9c1c1ac68423a55c0e465be5.pdf>. Acesso em: 17 dez. 2018.

RODRIGUEZ, W. E. **The modeling of design ideas: graphics and visualization techniques for engineers**. 1 ed. Nova Iorque: McGraw-Hill, 1992, 272 p.

RUSCHEL, R. C.; ANDRADE, M. L. V. X.; MORAIS, M. O ensino de BIM no Brasil: onde estamos?. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 13, n. 2, p. 151-165, abr. 2013. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212013000200012&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 20 mar. 2018.

SABBAG, P. Y. **Espirais do conhecimento: ativando indivíduos, grupos e organizações**. 1 ed. São Paulo: Saraiva, 2007, 351 p.

SANTA CATARINA. **Caderno de Apresentação de Projetos em BIM**. 1 ed. Santa Catarina: Governo de Santa Catarina, 2016, 95 p. Disponível em: <http://www.spg.sc.gov.br/index.php/visualizar-biblioteca/acoes/comite-de-obras-publicas/427-caderno-de-projetos-bim/file>. Acesso em: 22 nov. 2017.

SANTOS, E., BARISON, M. BIM e as universidades. **PINI**, 2012. Disponível em: <http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/115/o-desafio-para-as-universidades-formacao-de-recursos-humanos-282479-1.aspx>. Acesso em: 06 fev. 2017.

Seminário do GT BIM apresenta plataforma gerencial para arquitetos e urbanistas. **Conselho de Arquitetura e Urbanismo**, São Paulo, 2017. Disponível em: www.causp.gov.br/seminario-do-gt-bim-apresenta-plataforma-gerencial-para-arquitetos-e-urbanistas. Acesso em: 02 mar. 2018.

SILVA, M. A. **Parâmetros de desempenho incorporados em projetos de arquitetura com o uso de aplicativo de modelagem BIM**. 2016. 130 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Construção de Edifícios) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2016.

Sistemas CAD/TQS. **TQS Informática Ltda**, 2018. Disponível em: www.tqs.com.br. Acesso em: 20 fev. 2018.

SMART MARKET REPORT. **The Business value of BIM for construction in Major Global Markets**: how contractors around the world are driving innovation with building information modeling. 1 ed. Nova Iorque: McGraw-Hill Construction, 2014, 60 p. Disponível em: https://www.academia.edu/11605146/The_Business_Value_of_BIM_for_Construction_in_Major_Global_Markets_How_Contractors_Around_the_World_Are_Driving_Innovation_With_Building_Information_Modeling. Acesso em: 06 fev. 2017.

SOARES, A. C. Edifício de 1 bilhão de reais deve ficar pronto em 2019. **Veja São Paulo**, 2017. Disponível em: <https://vejasp.abril.com.br/blog/terrace-paulistano/edificio-brigadeiro-faria-lima-b32-birmann>. Acesso em: 15 dez. 2018.

Softwares BIM para projetos de edificações prediais. **ALTOQI**, 2018. Disponível em: www.altoqi.com.br. Acesso em: 25 nov. 2018.

Solibri | Imagine. Reliable information on demand. **NEMETSCHEK Company**, 2018. Disponível em: <https://www.solibri.com>. Acesso em: 20 fev. 2018.

SOUZA, L. L. A; AMORIM, S. L. R.; LYRIO, A. M. Impactos do uso do BIM em escritórios de arquitetura: oportunidades no mercado imobiliário. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v. 4, n. 2, p. 26-53, nov. 2009. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/50958>. Acesso em 16 fev. 2018.

SUCCAR, B. 301in BIM Maturity Matrix. **BIMe Initiative**, 2016. Disponível em: <https://bimexcellence.org/resources/300series/301in/>. Acesso em: 10 dez. 2018.

SUCCAR, B. Building Information Modeling framework: a research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in Construction**, Maryland, v. 18, n. 3, p. 357-375, may 2009. Disponível em: http://www.researchgate.net/publication/222267027_Building_Information_Modelling_framework_A_research_and_delivery_foundation_for_industry_stakeholders. Acesso em: 06 fev. 2017.

SUCCAR, B., SHER, W., WILLIAMS, A. Measuring BIM performance: five metrics. **Architectural Engineering and Design Management**, Newcastle, v. 8, n. 2, p. 120-142, mar. 2012. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/225088877_Measuring_BIM_Performance_Five_Metrics. Acesso em: 04 mar. 2018.

SUTHERLAND, I. E. **Sketchpad**: A man-machine graphical communication system. 1 ed. Cambridge: University of Cambridge, 2003, 149 p. Disponível em: <https://www.cl.cam.ac.uk/techreports/UCAM-CL-TR-574.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2018.

TARDIF, M., SMITH, D. Building Information Modeling: A strategic implementation guide for architects, engineers, constructors, and real estate asset managers. **Journal of Software Engineering and Applications**, Hoboken, v. 10, n. 2, p. 194-210, feb. 2009. Disponível em: [http://www.scirp.org/\(S\(i43dyn45teexjx455qlt3d2q\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1986715](http://www.scirp.org/(S(i43dyn45teexjx455qlt3d2q))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1986715). Acesso em: 07 mar. 2018.

TOBIN, J. Proto-Building: To BIM is to Build. **AECbytes**, Santa Clara, may 2008. Disponível em: <http://www.aecbytes.com/buildingthefuture/2008/ProtoBuilding.html>. Acesso em: 04 mar. 2018.

TOLEDO, R.; ABREU, A.; JUNGLES, A. E. A difusão de inovações tecnológicas na indústria da Construção Civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, n. 1, Salvador, 2000. **Anais...** Salvador: ENTAC, 2000.

TSE, T. K.; WONG, K. A.; WONG, K. F. The utilization of building information models in nD modeling: A study of data interfacing and adoption barriers. **ITcon**, Herman, v. 10, p. 85-110, apr. 2005. Disponível em: http://www.itcon.org/data/works/att/2005_8.content.05676.pdf. Acesso em: 16 fev. 2018.

TZORTZOPOULOS, P. **Contribuição para o desenvolvimento de um modelo do processo de projeto de edificações em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte**. 1999. 163 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1999.

UFPR e Governo do Estado firmam parceria para estimular tecnologia BIM. **Universidade Federal do Paraná**, 2016. Disponível em: <https://www.ufpr.br/portalufpr/noticias/ufpr-e-governo-do-estado-firmam-parceria-para-estimular-tecnologia-bim>. Acesso em: 22 nov. 2017.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2001, 205 p.

APÊNDICE A - ROTEIRO SEGUIDO NAS ENTREVISTAS

IMPLEMENTAÇÃO E USO DO BIM EM ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA: ESTUDO DE CASOS MÚLTIPLOS EM MACEIÓ/AL

PROTOCOLO DE PESQUISA

DADOS DA EMPRESA

- Nome da empresa:
- Endereço:
- Data:

PARTICIPANTE DA PESQUISA

- Nome:
- Cargo:

CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

- Principais serviços prestados:
- Número de funcionários:
- Início das atividades da empresa:
- Início da utilização do BIM:

QUESTIONÁRIO

- Qual foi o motivo da mudança? A decisão partiu internamente no escritório ou houve exigência de contratantes para a utilização do BIM? A decisão partiu do líder do escritório ou dos funcionários?

- Houve algum planejamento para a implementação da metodologia BIM? Explique.

- O que demandou investimento orçamentário na implementação do BIM no escritório? Porque? (Treinamento / Software / Hardware / Consultoria / Outros)

- O investimento inicial foi considerado: (Muito Alto / Alto / Médio / Baixo)

- Existiu consultoria externa para a implementação do BIM?

- Algum membro do escritório ficou responsável pela coordenação da implementação do BIM? Quem?

- Na implementação do BIM no escritório, houve a capacitação da equipe a partir de um projeto piloto ou a metodologia BIM passou a ser utilizada diretamente em um projeto?

- O escritório faz uso de algum template próprio e/ou biblioteca para a criação de novos projetos?

- Após adoção do BIM, o escritório passou a ofertar novos serviços?

- Houve alguma modificação no perfil dos novos funcionários do escritório?

- Quais os desafios na implementação do BIM? (Custo com softwares, custo com hardware, tempo para treinamento de pessoal, empecilhos no uso de software, resistência de membros da equipe, outro)

- Quais os benefícios após a implementação do BIM? (Aumento da produtividade / redução de erros projetuais / melhoria da qualidade gráfica dos projetos / melhoria na coordenação de projetos / maior controle das informações de projeto / melhoria na troca de informações com agentes internos / melhoria na troca de informação com agentes externos / melhoria na reputação da empresa / redução de preços das obras / melhoria no controle de custos / expansão do mercado de atuação da empresa)

- Qual/quais o(s) software(s) BIM que é/são utilizado(s)? Quais os usos de cada software? Utilizam algum software BIM para colaboração?

- Quais foram os critérios de seleção do(s) software(s) BIM?

- Quais softwares, além dos softwares BIM, são utilizados no escritório?

- Descreva os hardwares para utilização do BIM.

Processadores:

Memória RAM:

Placa de vídeo:

Outros:

- Com que frequência e por qual motivo o escritório troca os equipamentos computacionais?

- Como os arquivos do escritório são armazenados?

- Como é o sistema de compartilhamento interno de arquivos?

- Todos os projetos arquitetônicos são elaborados em BIM? Quais as outras disciplinas em que o BIM é utilizado?

- Todos os agentes internos que elaboram os projetos fazem uso do BIM? De que forma eles compartilham os projetos? Quais são os formatos de arquivos utilizados?

- Como aconteceu no momento da implementação e como acontece atualmente a capacitação dos conceitos inerentes ao BIM e da ferramenta BIM utilizada pelos funcionários atuantes no escritório? Os novos funcionários recebem cursos de capacitação? Os funcionários do escritório fazem cursos de capacitação com que frequência?

- São utilizados níveis de detalhamento na elaboração dos projetos?

- Houve a criação de novos processos e políticas para a utilização do BIM? Esses aspectos são revisados com que frequência? São utilizadas normas ou diretrizes referentes ao BIM na gestão do escritório?

- Houveram mudanças nos modelos de contrato após adesão do BIM?

Explique detalhadamente o fluxo de trabalho (processo de projeto) para a elaboração de projetos no escritório.

- Quais são as formas de comunicação para o desenvolvimento dos projetos no escritório?

- O escritório faz uso de alguma ferramenta BIM para colaboração em BIM e para a compartilhamento interno de arquivos? E para colaboração em BIM e compartilhamento com agentes externos?

- Existe alguma ferramenta ou forma de compartilhamento de modelos BIM que o escritório almeja?

- Quais os formatos de compartilhamento arquivos com agentes externos?

- Qual é o formato entrega de arquivos para os clientes? O cliente tem acesso aos modelos BIM? De que forma?

- Os modelos BIM desenvolvidos no escritório são utilizados para quais finalidades? Eles são utilizados para realização de análise de erros projetuais, análises orçamentárias, estudo de insolação, acompanhamento das obras, entre outras análises? Explique.

- Os modelos BIM desenvolvidos no escritório são compartilhados com profissionais de outras disciplinas além dos de arquitetura, estrutura e de instalações prediais? Quais? Explique.

- Os agentes participantes (proprietário da obra, construtoras, outros) da construção de uma obra possuem acesso direto aos modelos BIM? Quais? Como? Fazem uso desses modelos BIM

na execução da obra? Para qual finalidade (análises orçamentárias, acompanhamento e planejamento de obra, outros)? Explique.

ANEXO A - DECRETO Nº 9.377, DE 17 DE MAIO DE 2018

Institui a Estratégia Nacional de Disseminação do **Building Information Modelling**.

O PRESIDENTE DA REPÚBLICA, no uso da atribuição que lhe confere o art. 84, **caput**, inciso VI, alínea "a", da Constituição,

DECRETA:

Art. 1º Fica instituída a Estratégia Nacional de Disseminação do **Building Information Modelling** no Brasil - Estratégia BIM BR, com a finalidade de promover um ambiente adequado ao investimento em **Building Information Modelling** - BIM e sua difusão no País.

Parágrafo único. Para os fins do disposto neste Decreto, entende-se o BIM, ou Modelagem da Informação da Construção, como o conjunto de tecnologias e processos integrados que permite a criação, a utilização e a atualização de modelos digitais de uma construção, de modo colaborativo, de forma a servir a todos os participantes do empreendimento, potencialmente durante todo o ciclo de vida da construção.

Art. 2º A Estratégia BIM BR tem os seguintes objetivos específicos:

- I - difundir o BIM e seus benefícios;
- II - coordenar a estruturação do setor público para a adoção do BIM;
- III - criar condições favoráveis para o investimento, público e privado, em BIM;
- IV - estimular a capacitação em BIM;
- V - propor atos normativos que estabeleçam parâmetros para as compras e as contratações públicas com uso do BIM;
- VI - desenvolver normas técnicas, guias e protocolos específicos para adoção do BIM;
- VII - desenvolver a Plataforma e a Biblioteca Nacional BIM;
- VIII - estimular o desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias relacionadas ao BIM; e
- IX - incentivar a concorrência no mercado por meio de padrões neutros de interoperabilidade BIM.

Art. 3º Fica instituído o Comitê Gestor da Estratégia BIM BR - CG-BIM, com a finalidade de implementar a Estratégia BIM BR e gerenciar suas ações.

Art. 4º São atribuições do CG-BIM:

I - definir e gerenciar as ações necessárias para o alcance dos objetivos da Estratégia BIM BR;

II - elaborar anualmente seu plano de trabalho, que conterà cronograma e estabelecerá as ações prioritárias para o período;

III - atuar para que os programas, os projetos e as iniciativas dos órgãos e das entidades públicas que contratam e executam obras públicas sejam coerentes com a Estratégia BIM BR;

IV - promover o compartilhamento de informações e analisar o impacto das iniciativas setoriais relacionadas a BIM, com vistas à harmonização e à promoção de eficiência e sinergia entre as ações dos órgãos e das entidades públicas;

V - acompanhar e avaliar periodicamente os resultados da Estratégia BIM BR e subsidiar as atividades de articulação e de monitoramento de programas de governo da Presidência da República, quando solicitado;

VI - articular-se com instâncias similares de outros países e dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios;

VII - expedir recomendações necessárias ao exercício de sua competência;

VIII - deliberar sobre a atualização e a revisão periódica da Estratégia BIM BR;

IX - opinar sobre temas relacionados às suas competências; e

X - elaborar e aprovar seu regimento interno.

Art. 5º O CG-BIM será composto por um representante, titular e suplente, dos seguintes órgãos:

I - Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços, que o presidirá;

II - Casa Civil da Presidência da República;

III - Ministério da Defesa;

IV - Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil;

V - Ministério da Saúde;

VI - Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão;

VII - Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações;

VIII - Ministério das Cidades; e

IX - Secretaria-Geral da Presidência da República.

§ 1º Os membros do CG-BIM serão indicados pelo titular do respectivo órgão, no prazo de quinze dias, contado da data de publicação deste Decreto, e serão designados em ato do Ministro de Estado da Indústria, Comércio Exterior e Serviços.

§ 2º Os membros titulares deverão ser servidores ocupantes de cargo em comissão ou função de confiança com hierarquia mínima equivalente ao nível 5 do Grupo-Direção e Assessoramento Superior - DAS ou militares de posto de oficial-general.

§ 3º Os representantes titulares, em suas ausências, poderão se fazer representar pelos seus suplentes.

Art. 6º O CG-BIM se reunirá, ordinariamente, a cada quatro meses e, extraordinariamente, por convocação de seu Presidente ou a pedido da maioria de seus membros.

Art. 7º O quórum de reunião do CG-BIM é de maioria absoluta e o quórum de deliberação é de maioria simples.

Art. 8º O CG-BIM poderá convidar representantes de órgãos e entidades públicas ou privadas, especialistas, pesquisadores e técnicos para apoiar a execução dos trabalhos e subsidiar as suas deliberações, sem direito a voto.

Art. 9º O CG-BIM terá suporte de Grupo Técnico - GTEC-BIM, constituído por servidores ou militares indicados pelos órgãos referidos no art. 5º, e designados em ato do Presidente do CG-BIM, com o objetivo de assessorar o Comitê no desempenho de suas funções.

Art. 10. O CG-BIM poderá criar Grupos de Trabalho para prover os subsídios técnicos necessários ao exercício de suas atribuições. § 1º Os Grupos de Trabalho de que trata o caput terão prazo de duração limitado e somente poderão ser integrados por servidores e militares dos órgãos representados no CG-BIM.

§ 2º Excepcionalmente, a critério do GTEC-BIM, poderão ser convidados especialistas, pesquisadores e técnicos de órgãos e entidades públicas ou privadas para apoiar a execução das atividades desenvolvidas pelos Grupos de Trabalho.

Art. 11. O CG-BIM aprovará seu regimento interno até a segunda reunião ordinária do colegiado.

Parágrafo único. O CG-BIM disciplinará a organização, o funcionamento e as atribuições do GTEC-BIM e dos Grupos de Trabalho.

Art. 12. A Secretaria de Desenvolvimento e Competitividade Industrial do Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços atuará como Secretaria-Executiva e prestará o apoio administrativo necessário para o funcionamento e a execução dos trabalhos do CGBIM, do GTEC-BIM e dos Grupos de Trabalho.

Art. 13. A participação no CG-BIM, no GTEC-BIM e nos Grupos de Trabalho será considerada prestação de serviço público relevante, não remunerada.

Art. 14. Fica revogado o Decreto de 5 de junho de 2017, que institui o Comitê Estratégico de Implementação do **Building Information Modelling**.

Art. 15. Este Decreto entra em vigor na data de sua publicação.

Brasília, 17 de maio de 2018; 197º da Independência e 130º da República.

MICHEL TEMER

Marcos Jorge