



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

DOUGLAS MALHEIRO DE BRITO

**FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO PARA IMPLANTAÇÃO DE
BUILDING INFORMATION MODELLING (BIM) POR ORGANIZAÇÕES
PÚBLICAS**

Salvador
2019

DOUGLAS MALHEIRO DE BRITO

**FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO PARA IMPLANTAÇÃO DE
BUILDING INFORMATION MODELLING (BIM) POR ORGANIZAÇÕES
PÚBLICAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Emerson de Andrade Marques
Ferreira

Coorientadora: Profa. Dra. Dayana Bastos Costa

Salvador

2019

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Universitário de Bibliotecas (SIBI/UFBA),
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Brito, Douglas Malheiro de

Fatores críticos de sucesso para implantação de Building Information Modelling (BIM) por organizações públicas / Douglas Malheiro de Brito. -- Salvador, 2019.

191 f. : il

Orientador: Emerson de Andrade Marques Ferreira.

Coorientadora: Dayana Bastos Costa.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil) -- Universidade Federal da Bahia, Escola Politécnica, 2019.

1. Modelagem da Informação da Construção. 2. Implantação de BIM. 3. Setor Público. 4. Fatores Críticos de Sucesso. 5. Setor de Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação. I. Ferreira, Emerson de Andrade Marques. II. Costa, Dayana Bastos. III. Título.

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE

_____ DOUGLAS MALHEIRO DE BRITO _____

APRESENTADA AO MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL, DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA, EM 22 DE JANEIRO DE 2019.

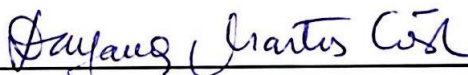
BANCA EXAMINADORA



Prof.º Dr.º Emerson de Andrade Marques Ferreira

Orientador

PPEC - UFBA



Prof.ª Dr.ª Dayana Bastos Costa

Coorientadora

PPEC-UFBA



Prof.º Dr.º Arivaldo Leão de Amorim

PPGAU- UFBA



Prof.(a) Dr.(a) Sergio Scheer

PPGECC- UFPR

Aos meus pais, Carlos Alberto de Brito e Eudenice Brandão Malheiro de Brito, agradeço e dedico esse trabalho como retribuição à minha formação, ensinamentos e incentivo aos estudos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me conceder uma vida cheia de oportunidades de evolução espiritual e aprendizado contínuo.

Aos meus pais, Carlos Alberto de Brito e Eudenice Brandão Malheiro de Brito, pelo dom da vida, formando juntamente com meus irmãos, Ivan Malheiro de Brito e Maísa Malheiro de Brito, uma família única e que sempre esteve me apoiando.

Ao meu orientador, Prof. Emerson de Andrade Marques Ferreira, pela inspiração, suporte e contribuições imprescindíveis ao desenvolvimento desta pesquisa. Obrigado pela confiança, paciência e incentivo ao meu desenvolvimento profissional e acadêmico.

Aos professores Sergio Scheer, Dayana Bastos Costa e Arivaldo Leão de Amorim, pelas contribuições e sugestões realizadas ao longo do desenvolvimento da pesquisa. Tenho certeza que foram relevantes para os resultados alcançados.

Aos engenheiros José Eduardo Ribeiro Copello e Hernani Balthazar da Silveira Junior, da Companhia de Transportes do Estado da Bahia, empresa pública em que trabalho, pela compreensão e apoio durante a realização desse mestrado.

Aos colegas e amigos do Grupo de Pesquisa e Extensão em Gestão e Tecnologia das Construções (GETEC) e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPEC), pela colaboração e disponibilidade.

Aos profissionais, praticantes e especialistas em BIM das organizações públicas, universidades e empresas que participaram das etapas do estudo exploratório e da investigação desta pesquisa pela receptividade e participação.

A todas as pessoas que de alguma forma ajudaram direta ou indiretamente neste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

BRITO, Douglas Malheiro de. **Fatores críticos de sucesso para implantação de Building Information Modelling (BIM) por organizações públicas.** 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2019.

RESUMO

O setor de Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO) vivencia uma transformação de processos e mudança de paradigma, migrando para o *Building Information Modelling* (BIM), fundamentado no fluxo de trabalho colaborativo e em um modelo integrado e rico em informações paramétricas que podem ser associadas com processos de projeção, orçamentação, planejamento, construção e operação. Pesquisas anteriores indicaram que os proprietários e o setor público podem ser os maiores beneficiários do BIM, pois além de reduzir o retrabalho, custos e prazos de construção, possui potencial, com ainda maior impacto, de proporcionar maior valor entregue nas etapas de manutenção e operação. Ainda assim, muitas organizações do setor público ainda não possuem consciência de como e quais fatores influenciam no sucesso do processo de implantação. O objetivo principal deste trabalho é identificar os Fatores Críticos de Sucesso (FCS) para implantação de BIM por organizações públicas. O método da pesquisa é baseado no *Design Science Research* (DSR), englobando a realização de estudo exploratório com três instituições públicas brasileiras pioneiras na adoção de BIM, a proposição e a avaliação de FCS por meio de levantamento com uma amostra de 68 profissionais do setor AECO, dentre especialistas, acadêmicos e gestores públicos. Dezesesseis FCS para adoção de BIM por organizações públicas foram identificados, sendo o envolvimento adequado da equipe; a cultura organizacional favorável; o fluxo de processos colaborativo entre os envolvidos; a interoperabilidade na troca de informações relevantes; e a utilidade percebida e facilidade de uso pelos envolvidos avaliados com os cinco maiores graus de importância, assim como a proposição de um mapa de correlação entre os FCS e de um conjunto de trinta e duas ações potenciais para gerenciá-los. Os resultados do levantamento com profissionais de 14 organizações públicas brasileiras revelaram que 40% se encontram no primeiro nível de adoção dos Estágios de Capacidade BIM, a modelagem baseada em objetos, e que o uso do BIM ainda é predominante em etapas iniciais do ciclo de vida dos empreendimentos públicos: projeto (66,67%); concepção e viabilidade (53,33%); e licitação e contratação (53,33%). A principal contribuição deste estudo é proporcionar uma maior compreensão dos fatores que influenciam no sucesso da implantação de BIM pelas organizações públicas.

Palavras-chave: Modelagem da Informação da Construção. Implantação de BIM. Setor Público. Fatores Críticos de Sucesso. Setor de Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação.

BRITO, Douglas Malheiro de. **Critical success factors for Building Information Modelling (BIM) adoption by public organizations**. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2019.

ABSTRACT

The Architecture, Engineering, Construction and Operation (AECO) sector experiences a transformation process and paradigm change, migrating to Building Information Modelling (BIM), based on the collaborative workflow and integrated model rich in parametric information that can be associated with design, budgeting, planning, construction and operation processes. Previous researches have indicated that owners and public-sector may be the largest BIM beneficiaries, as well as reducing rework, construction costs and time, and it has potential, with even greater impact, to provide value delivered in the maintenance and operation stages. Even so, many public-sector organizations are not yet aware of how and which factors influence the adoption process success. The main objective of this study is to identify Critical Success Factors (CSF) for BIM adoption by public organizations. The research method is based on Design Science Research (DSR), comprising the realization of exploratory study with three pioneering Brazilian public institutions in BIM adoption, the proposal and evaluation of CSF through survey with a sample of 68 professionals from the AECO sector, among specialists, academics and public managers. Sixteen CSF for BIM adoption by public organizations were identified, with adequate involvement of the team; favorable organizational culture; flow of collaborative processes between those involved; interoperability in the exchange of relevant information; and perceived usefulness and ease of use by those involved, evaluated with the five highest degrees of importance, as well as the proposition of a correlation map between the CSF and a set of thirty-two potential actions to manage them. The survey results with professionals from 14 Brazilian public organizations revealed that 40% are in the first level of adoption, object-based modelling, based on BIM Capacity Stages, and that BIM use is still predominant in the early stages of the public projects life cycle: design (66,67%); conception and feasibility (53,33%); bidding and contracting (53,33%). The main contribution of this study is to provide a greater understanding of the factors that influence BIM adoption success by public organizations.

Keywords: Building Information Modelling. BIM Adoption. Public Sector. Critical Success Factors. Architecture, Engineering, Construction and Operation Sector.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Comparativo entre os métodos públicos de contratação brasileiros.....	29
Quadro 2 – Questões do estudo exploratório.....	83
Quadro 3 – Questões sobre Colaboração e Fluxos de Trabalho.....	90
Quadro 4 – Questões sobre Estratégias de Implantação.....	92
Quadro 5 – Questões sobre Normatização.....	94
Quadro 6 – Questões sobre Processo de Modelagem.....	96
Quadro 7 – Questões sobre Controle da Qualidade.....	97
Quadro 8 – Questões sobre Aspectos Governamentais.....	98
Quadro 9 – Fatores Críticos de Sucesso relacionados à implantação do BIM por organizações públicas.....	102
Quadro 10 – Ações Potenciais para Gerenciamento dos FCS para implantação do BIM por organizações públicas.....	108
Quadro 11 – Associação entre os benefícios e barreiras com os FCS para implantação do BIM.....	155

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Segmentação da Indústria da Construção Civil	23
Figura 2 - Produtividade da Construção Civil comparativamente às demais indústrias.....	24
Figura 3 – Obstáculos ao andamento de obras públicas brasileiras	36
Figura 4 – Curvas da habilidade em influenciar nos custos e do custo de execução.....	37
Figura 5 – Custos percentuais das etapas do ciclo de vida de um empreendimento.....	38
Figura 6 – Matriz de responsabilidades para política industrial proposta	42
Figura 7 – Modelo BIM para estudo de massas com diferentes NDs.....	45
Figura 8 – Cronograma planejado e realizado em um modelo BIM 4D.....	50
Figura 9 - Relação de usos do BIM no ciclo de vida dos empreendimentos	51
Figura 10 – Benefícios do BIM citados dentre os três mais importantes.....	53
Figura 11 – Solução de Governança BIM	54
Figura 12 – Dimensões fundamentais do BIM.....	55
Figura 13 – Métodos de entrega dos empreendimentos utilizados com o BIM	59
Figura 14 – Fatores críticos ao processo de implantação do BIM.....	71
Figura 15 – Estágios de Capacidade BIM	73
Figura 16 – Delineamento das etapas de pesquisa	82
Figura 17 – A relação dos gestores públicos com FCS da adoção do BIM.....	105
Figura 18 – Potenciais ações governamentais e as influências nos FCS	106
Figura 19 – Faixa etária e sexo dos participantes do levantamento.....	116
Figura 20 – Grau de escolaridade e formação profissional dos participantes	116

Figura 21 – Estado onde os participantes do levantamento atuam profissionalmente	117
Figura 22 – Área de atuação no Setor AECO dos participantes do levantamento....	118
Figura 23 – Tempo de experiência em BIM dos participantes do levantamento.....	118
Figura 24 - Mapa de correlação entre os FCS para implantação do BIM por organizações públicas.....	131
Figura 25 – Papéis prioritários do setor público para adoção do BIM	134
Figura 26 – Mecanismos prioritários do setor público para disseminação do BIM....	135
Figura 27 – Formato de arquivo que o Contratante deve requisitar para os entregáveis.....	136
Figura 28 – Avaliação das formas de contratação com os benefícios do uso do BIM.....	139
Figura 29 – Avaliação sobre o desenvolvimento de bibliotecas de objetos BIM	146
Figura 30 – Avaliação do tempo de adoção do BIM nas instituições públicas	150
Figura 31 – Avaliação do estágio de adoção do BIM pela organização	151
Figura 32 – Avaliação da indução do processo de adoção do BIM.....	151
Figura 33 – Avaliação das etapas do ciclo de vida de uso do BIM nas organizações.....	152

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Avaliação do grau de importância dos FCS da implantação do BIM por organizações públicas.....	120
Tabela 2 – Avaliação dos FCS em subgrupos amostrais.....	124
Tabela 3 – Correlação entre os FCS da implantação do BIM por organizações públicas.....	128
Tabela 4 – Comparação dos <i>rankings</i> de priorização e correlação dos FCS.....	132
Tabela 5 – Avaliação dos itens obrigatórios para elaboração de <i>mandate</i>	137
Tabela 6 – Avaliação de requisitos para qualificação técnica em contratações BIM.....	141
Tabela 7 – Graus de importância de requisitos para qualificação técnica em contratações BIM em subgrupos amostrais.....	141
Tabela 8 – Avaliação de métodos e ferramentas de verificação da qualidade dos modelos BIM.....	144
Tabela 9 – Graus de importância de métodos e ferramentas de verificação da qualidade dos modelos BIM em subgrupos amostrais.....	145
Tabela 10 – Avaliação de fatores geradores de custo benefício favorável ao desenvolvimento de bibliotecas BIM.....	148
Tabela 11 – Avaliação de uso do BIM nas organizações por atividades.....	153

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACD	Ambiente Comum de Dados
AECO	Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação
AIA	<i>American Institute of Architects</i>
BDS	<i>Building Description System</i>
BEP	<i>BIM Execution Plan</i>
BIM	<i>Building Information Modelling</i>
BOT	<i>Build – Operate – Transfer</i>
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CEE	Comissão de Estudo Especial
COBie	<i>Construction Operations Building Information Exchange</i>
DB	<i>Design – Build</i>
DBB	<i>Design – Bid – Build</i>
DBO/M	<i>Design – Build – Operate/Maintain</i>
DSR	<i>Design Science Research</i>
FCS	Fatores Críticos de Sucesso
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
FIFA	<i>Fédération Internationale de Football Association</i>
GT	Grupo de Trabalho
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFC	<i>Industry Foundation Classes</i>
IPD	<i>Integrated Project Delivery</i>
LOD	<i>Level of Development</i>
MDIC	Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio

NBIMS	<i>National Building Information Modeling Standard</i>
OMNICLASS	<i>OmniClass Construction Classification System</i>
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
PEP	<i>Project Execution Plan</i>
PDF	<i>Portable Document Format</i>
PPP	Parceria Público-Privada
RDC	Regime Diferenciado de Contratações
SLAM	<i>Success Level Assessment Model</i>
SUS	Sistema Único de Saúde
TCU	Tribunal de Contas da União
TIC	Tecnologia de Informação e Comunicação

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
1.1	PROBLEMA DE PESQUISA	17
1.2	QUESTÃO DE PESQUISA.....	20
1.3	OBJETIVOS DA PESQUISA	20
1.4	DELIMITAÇÃO DO TRABALHO.....	21
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO	21
2	O SETOR PÚBLICO NA INDÚSTRIA AECO	23
2.1	AS ETAPAS DO CICLO DE VIDA DOS EMPREENDIMENTOS PÚBLICOS.....	26
2.1.1.	<i>Concepção, Licitação e Formas de Contratação.....</i>	<i>26</i>
2.1.2.	<i>Desenvolvimento do Projeto</i>	<i>32</i>
2.1.3.	<i>Construção e Gerenciamento da Implantação</i>	<i>34</i>
2.1.4.	<i>Gestão do Uso: Operação e Manutenção.....</i>	<i>37</i>
2.2	ADOÇÃO DE TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO.....	40
3	O BIM NO SETOR PÚBLICO E NA INDÚSTRIA AECO.....	43
3.1	CONCEITOS BÁSICOS E USOS NAS ETAPAS DO CICLO DE VIDA ..	43
3.1.1.	<i>Modelagem Paramétrica e Nível de Desenvolvimento</i>	<i>44</i>
3.1.2.	<i>Colaboração e Interoperabilidade.....</i>	<i>46</i>
3.1.3.	<i>Sistemas de Classificação da Informação</i>	<i>48</i>
3.1.4.	<i>Usos e Aplicações.....</i>	<i>49</i>
3.1.5.	<i>Benefícios e Desafios</i>	<i>52</i>
3.2	IMPLANTAÇÃO DO BIM	55
3.2.1.	<i>Documentações para planejamento e execução</i>	<i>60</i>
3.2.2.	<i>Planos de Execução para Implantação</i>	<i>64</i>
3.2.3.	<i>Fatores críticos para Implantação</i>	<i>68</i>
3.2.4.	<i>Avaliação de Desempenho da Implantação</i>	<i>72</i>
4	MÉTODO	77
4.1	ESTRATÉGIA DE PESQUISA.....	77
4.2	DELINEAMENTO E ETAPAS DA PESQUISA.....	81
4.2.1.	<i>Conscientização</i>	<i>81</i>

4.2.2.	<i>Sugestão</i>	84
4.2.3.	<i>Desenvolvimento</i>	84
4.2.4.	<i>Avaliação</i>	85
4.2.5.	<i>Conclusão</i>	88
5	APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	89
5.1.	ESTUDO EXPLORATÓRIO NO SETOR PÚBLICO BRASILEIRO	89
5.1.1.	<i>Colaboração e Fluxos de Trabalho</i>	89
5.1.2.	<i>Estratégias de Implantação</i>	91
5.1.3.	<i>Normatização</i>	93
5.1.4.	<i>Processo de Modelagem</i>	95
5.1.5.	<i>Controle da Qualidade</i>	97
5.1.6.	<i>Aspectos Governamentais</i>	97
5.1.7.	<i>Desafios e Oportunidades para Implantação do BIM pelo Setor Público</i>	99
5.2.	DESENVOLVIMENTO E PROPOSIÇÃO DO ARTEFATO	100
5.2.1.	<i>Fatores Críticos de Sucesso para Implantação do BIM por Organizações Públicas</i>	101
5.2.2.	<i>Ações Potenciais para gerenciamento dos FCS</i>	107
5.3.	AVALIAÇÃO DO ARTEFATO	115
5.3.1.	<i>Priorização dos Fatores Críticos de Sucesso</i>	119
5.3.2.	<i>Correlação entre os Fatores Críticos de Sucesso</i>	127
5.3.3.	<i>Avaliação das Ações Potenciais para Gerenciamento dos FCS</i>	134
5.3.4.	<i>Associação entre o gerenciamento dos FCS com os benefícios e barreiras</i>	149
6	CONCLUSÕES	160
	REFERÊNCIAS	164
	APÊNDICE – QUESTIONÁRIO DO LEVANTAMENTO	172

1 INTRODUÇÃO

O atual modelo de negócios da indústria de Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO) é fragmentado e depende da comunicação baseada em papel, que frequentemente possui erros e omissões causadores de custos imprevistos, atrasos e disputas judiciais. Um dos maiores problemas dessa comunicação durante a fase de projeto é o tempo e gasto consideráveis para gerar informações críticas para análise de uma solução, como estimativas de custo, eficiência energética, detalhamento estrutural, dentre outras, o que costuma ocorrer apenas no final da fase de projeto (EASTMAN *et al.*, 2011).

Além disso, após as obras, os proprietários costumam receber os projetos com todas as modificações, conforme foram construídas em 2D (*as-built*), junto com os manuais dos equipamentos instalados, muitas vezes em papel, consumindo esforço e tempo para transmitir todas as informações relevantes para a equipe de gerenciamento da manutenção e operação, com propensão a erros e custos (EASTMAN *et al.*, 2011).

O processo de converter informações em formato digital, possibilitando capturar informações no tempo e local apropriados, ao longo do ciclo de vida de um ativo, é muito relevante para permitir a tomada de decisões, produtividade, segurança, redução de custos e de emissões de carbono. *Building Information Modelling* (BIM), também intitulado como Modelagem da Informação da Construção, além de reduzir o retrabalho, prazos de construção e custos, possui potencial, com ainda maior impacto, de proporcionar maior valor entregue nas etapas de manutenção e operação, reduzindo despesas operacionais (LOVE *et al.*, 2017).

O objetivo do BIM é construir virtualmente uma estrutura antes de construí-la fisicamente. Isso permite que os participantes projetem, analisem, sequenciem e explorem um empreendimento através de um ambiente digital, onde é muito mais econômico fazer alterações do que durante a construção, onde as mudanças são exponencialmente mais caras (HARDIN; MCCOOL, 2015).

Para Hardin e McCool (2015), o BIM é também um catalisador inicial para um período de inovação e renascimento da tecnologia, gerando inovações em

muitas áreas e mudanças nos processos de apoio, uma vez que as novas tecnologias não se encaixam nos processos anteriores.

A indústria AECO enfrenta uma revolução semelhante ao que sofreram os setores aeroespacial e de manufatura, demandando tanto transformações de processos quanto mudanças de paradigmas, migrando da documentação baseada em 2D e entregas periodizadas para o protótipo digital e o fluxo de trabalho colaborativo. O BIM é fundamentado em um modelo coordenado e rico em informações, possibilitando análises, simulações e a construção virtual do projeto, ampliando substancialmente as capacidades atuais da representação *Computer Aided Design* (CAD), ou projeto assistido por computador, e associando informações com processos de negócio, como orçamentação, planejamento e operação do empreendimento. No processo tradicional, as análises são feitas de modo independente, exigindo entrada de dados manuais e sujeitas a erros, resultando em perda do valor dos ativos informacionais ao longo do ciclo de vida e maior esforço para recriação das informações pelas fases seguintes (EASTMAN *et al.*, 2011).

Segundo Bernstein *et al.* (2014), a diminuição de erros, retrabalhos, custos e prazos são alguns dos benefícios do uso do BIM para contratantes. Dentre os maiores beneficiários estão os clientes, os gestores de manutenção e operação, bem como os contratantes, segundo Eadie *et al.* (2013). Como o setor público assume papéis desde as contratações até a sua utilização, esses benefícios podem resultar em maior eficiência na aplicação dos recursos públicos da sociedade.

Para Eastman *et al.* (2011), os governos são, normalmente, proprietários, e possuem também o controle da seleção dos prestadores de serviço, do tipo de contratação e dos processos de entrega, além das especificações e requisitos gerais. Ainda assim, o setor público pode não perceber seu potencial em alterar ou controlar a forma como um empreendimento é desenvolvido, não tendo consciência, por exemplo, dos benefícios que o BIM pode proporcionar e de quais Fatores Críticos de Sucesso (FCS) estariam envolvidos no processo de implantação.

A adoção de uma inovação é conceituada como o processo em que um indivíduo ou outra associação decisória passa desde o conhecimento da inovação, a formação de uma atitude, a decisão de adotar ou rejeitar, até a implementação da nova ideia e a confirmação dessa decisão. Esse modelo conceitual é composto por cinco etapas: conhecimento e entendimento de como funciona a inovação; persuasão, quando há uma atitude favorável ou desfavorável; decisão que leva a uma escolha de adotar ou rejeitar; implementação ao colocar em uso; e a confirmação que busca o reforço da decisão (ROGERS, 1995).

Para Sacks *et al.* (2016), a adoção do BIM é um processo complexo que exige o desenvolvimento de uma estratégia que compreenda a maturidade da organização, as capacidades da indústria, as políticas e regulamentos regionais e nacionais, educação, aquisição de hardware e software, mudanças nas formas de contratações, dentre outros fatores críticos. A implantação do BIM pelo setor público possui efeito sobre os empreendimentos a serem contratados, assim como em toda a cadeia do setor AECO, uma vez que os governos possuem papel relevante de indução e fomento.

O objetivo principal deste trabalho é identificar os Fatores Críticos de Sucesso (FCS) para implantação do BIM por organizações públicas, contribuindo para uma maior compreensão desse processo e para implementações bem-sucedidas no setor público.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

A indústria da construção civil está passando por mudanças de paradigmas com a introdução dos conceitos e tecnologias relacionadas ao BIM, motivada por objetivos governamentais relevantes, tais como: melhorar eficiência e sustentabilidade dos empreendimentos e da construção civil; melhorar a previsibilidade de resultados e o retorno de investimentos; aumentar as exportações e estimular o crescimento econômico (KASSEM; AMORIM, 2015).

Porwal e Hewage (2012) propuseram uma estrutura para contratação de empreendimentos públicos de construção civil baseado em processos colaborativos BIM, com foco na fase de detalhamento do projeto, visando

maximizar o valor entregue pela indústria da construção civil do Canadá. Aos trabalhos futuros, foram recomendados estudos em áreas relacionadas às diretrizes nacionais sobre BIM, a estrutura legal e a questões contratuais específicas para implantação.

Succar e Kassem (2015) desenvolveram modelos, matrizes e gráficos para avaliação sistemática de macro adoção do BIM nos mercados mundiais. Como continuidade desta pesquisa, Kassem e Succar (2017) validaram os modelos através de uma investigação com 99 especialistas em 21 países avaliados. Como recomendações aos trabalhos futuros, baseado nos modelos introduzidos, espera-se que sejam: identificadas mudanças na adoção nos países investigados; correlacionadas alterações nas taxas de implementação com intervenções políticas; estabelecidas correlações entre os modelos conceituais; e desenvolvidas novas ferramentas para facilitar o desenvolvimento da política e encorajar a implantação do BIM.

A referida pesquisa revelou também que o Brasil possui áreas de difusão do BIM desbalanceadas e baixos níveis de capacidade de modelagem, colaboração e integração. Com relação à maturidade, o maior desempenho foi no componente de infraestrutura tecnológica, enquanto que em: medidas e *benchmarking*; educação; objetivos e marcos; estrutura regulatória; e publicações notáveis, tiveram os níveis mais baixos. A dinâmica de difusão brasileira se iniciou em pequenos escritórios de arquitetura, seguindo para grandes contratantes de engenharia, o que provocou uma adoção formal, ainda que por poucos órgãos dos governos federais e estaduais (KASSEM; SUCCAR, 2017).

As ações políticas brasileiras foram caracterizadas nesta pesquisa como de conscientizar, encorajar e observar, enquadrando-se no padrão totalmente passivo. A importância da compreensão do efeito ou relação entre as ações políticas e a dinâmica de difusão do BIM foi considerada como uma lacuna para futuras pesquisas. Ao comparar o envolvimento dos responsáveis por aspectos de tecnologia, processos e política, com exceção dos desenvolvedores de tecnologia, nenhum outro vem desempenhando papel significativo nos mercados pesquisados, sendo também relevante entender a relação entre os papéis

praticados pelos diferentes jogadores e a influência nas ações políticas e na dinâmica de difusão do BIM (KASSEM; SUCCAR, 2017).

A adoção formal na esfera governamental brasileira é ainda recente, tendo iniciado isoladamente a partir de alguns estados e órgãos federais. Entretanto, o governo federal brasileiro lançou em 2018 a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM, criando o Comitê Estratégico de Implementação do BIM (CE-BIM) através do Decreto nº 9.377 de 17 de maio de 2018. Dentre as atribuições, o comitê será responsável por diversas ações governamentais, tais como o desenvolvimento de: programas de acreditação de empresas; plataforma BIM com biblioteca nacional de objetos; estímulo a exigência nas licitações de obras; e ensino profissionalizante, o que revela uma tendência de maior interesse e propagação do seu uso.

Pesquisas anteriores (EASTMAN *et al.*, 2011; EADIE *et al.*, 2013; GANAH; JOHN, 2013; SACKS *et al.*, 2016) indicaram que os proprietários e o setor público podem ser os maiores beneficiários do BIM, obtendo vantagens durante as fases de projeto e construção e, principalmente, na manutenção e operação. Entretanto, muitas organizações públicas ainda não possuem consciência desses benefícios, tendo dificuldades sobre como implementá-lo em seus processos.

Além disso, embora alguns trabalhos anteriores (WON *et al.*, 2013; CHIEN *et al.*, 2014; OZORHON; KARAHAN, 2016; JONES; LAQUIDARA-CARR, 2016; ANTWI-AFARI *et al.*, 2018) tenham identificado fatores de risco críticos, fatores chaves de sucesso e fatores críticos de sucesso relacionados ao processo de adoção do BIM, não foram encontrados estudos que tenham proposto e avaliado FCS relacionados à implantação por organizações públicas, as quais convivem com muitos dos fatores já identificados, além de outros específicos ou adaptados às suas particularidades.

1.2 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão de pesquisa principal deste trabalho é:

- a) Quais são os fatores críticos que influenciam no sucesso da implantação do BIM por organizações públicas?

As questões específicas são:

- a) Quais são os desafios e oportunidades atuais das organizações públicas para utilizar o BIM?
- b) Quais são os fatores críticos e ações potenciais para implantação do BIM por organizações públicas?
- c) Como avaliar e priorizar os Fatores Críticos de Sucesso para implantação do BIM por organizações públicas?

1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA

O objetivo principal deste trabalho é:

- Identificar os Fatores Críticos de Sucesso (FCS) para implantação do BIM por organizações públicas.

Os objetivos específicos são:

- Identificar desafios e oportunidades do setor público para uso do BIM;
- Identificar fatores críticos e ações potenciais que influenciam no sucesso da implantação do BIM por organizações públicas;
- Avaliar e priorizar os Fatores Críticos de Sucesso para implantação do BIM por organizações públicas.

1.4 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO

O trabalho tem como foco o estudo da adoção do BIM em organizações públicas, em função da baixa quantidade de pesquisas científicas nessa área governamental. Entretanto, não foi selecionada uma determinada tipologia de organizações públicas ou empreendimentos de construção civil para estudo, uma vez que o principal objetivo do trabalho é identificar os Fatores Críticos de Sucesso que estão presentes na grande maioria das organizações e empreendimentos públicos.

Com relação a avaliação dos FCS identificados, a investigação adotada envolve uma amostra de profissionais brasileiros, dentre aqueles que trabalham em organizações públicas e especialistas da academia e do setor privado. Dessa forma, os FCS avaliados e priorizados são adequados à realidade e ao contexto brasileiro, assim como de países em desenvolvimento com limitada disseminação do BIM em seus processos governamentais.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado em seis capítulos, que permitem revisar conteúdos, entender o contexto, os objetivos e o método do estudo, necessários para o desenvolvimento do trabalho, a apresentação e discussão dos resultados, as conclusões obtidas e as sugestões para trabalhos futuros.

A introdução apresenta os temas abordados neste trabalho, localizando-os na área de conhecimento a que pertencem, assim como traz as justificativas, as questões, os objetivos e a delimitação da pesquisa. Nesse capítulo também é evidenciado o problema de pesquisa e a lacuna do conhecimento.

No Capítulo 2 é revisada a literatura sobre o setor público da indústria AECO, os desafios enfrentados, as fases que compõem o ciclo de vida dos empreendimentos do setor público, bem como a adoção de tecnologias de informação e comunicação por este setor.

A revisão da literatura sobre BIM compõe o Capítulo 3, que traz a sua definição, os principais conceitos, usos e aplicações, assim como as pesquisas levantadas sobre a implantação pelo setor público, os fatores críticos envolvidos, o processo de planejamento, os planos de execução da implantação e as formas de avaliação de maturidade existentes.

O Capítulo 4 abrange uma descrição da estrutura metodológica adotada neste trabalho, com as etapas necessárias do método *Design Science Research* (DSR) para atingir os objetivos da pesquisa.

No Capítulo 5 são apresentados e discutidos os resultados em cada uma das fases da pesquisa, como a identificação dos desafios e oportunidades para implantação do BIM, a identificação dos FCS e das ações potenciais e a avaliação.

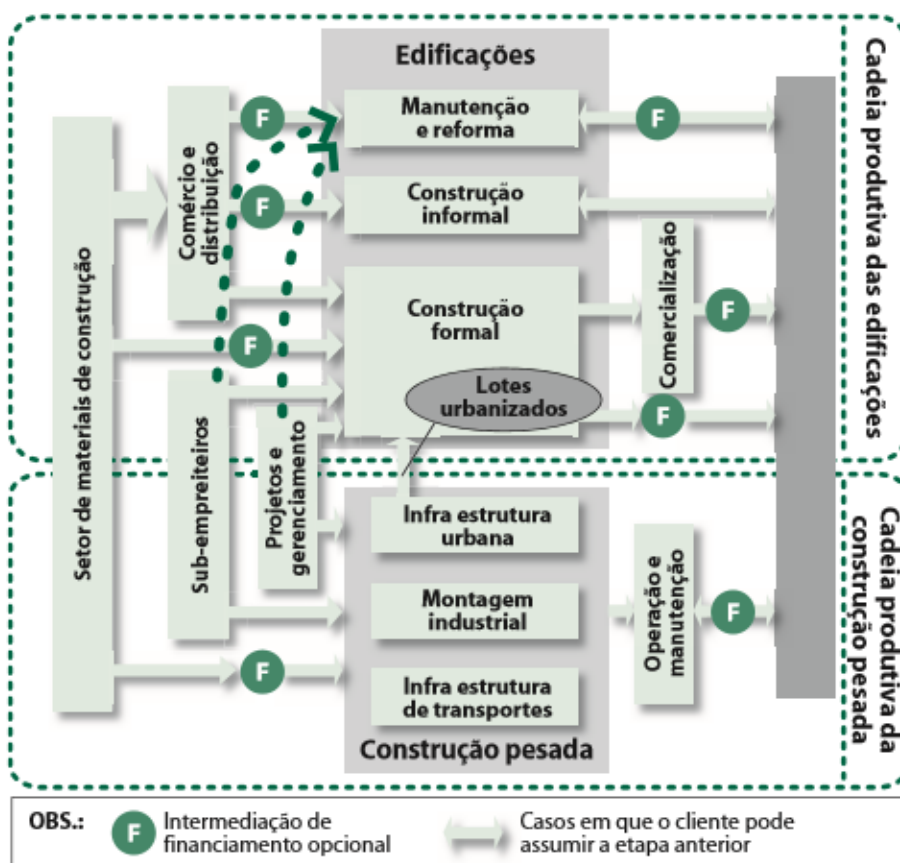
O Capítulo 6 traz as conclusões obtidas na pesquisa, as contribuições científicas e práticas, a generalização, as limitações do trabalho, as sugestões e as recomendações aos trabalhos futuros.

Em seguida, apresentam-se as referências bibliográficas e o apêndice com o questionário do levantamento realizado.

2 O SETOR PÚBLICO NA INDÚSTRIA AECO

A indústria da construção civil é caracterizada pela heterogeneidade, abrangendo atividades com diferentes complexidades, conectadas por uma ampla diversificação de produtos, com processos tecnológicos variados para atender a diversas demandas dos seus subsetores de edificações, construção pesada e materiais de construção (Figura 1). A mesma comporta desde empresas de tecnologia de ponta e capital intensivo até microempresas de serviços com baixo conteúdo tecnológico (MELLO; AMORIM, 2009).

Figura 1 - Segmentação da Indústria da Construção Civil



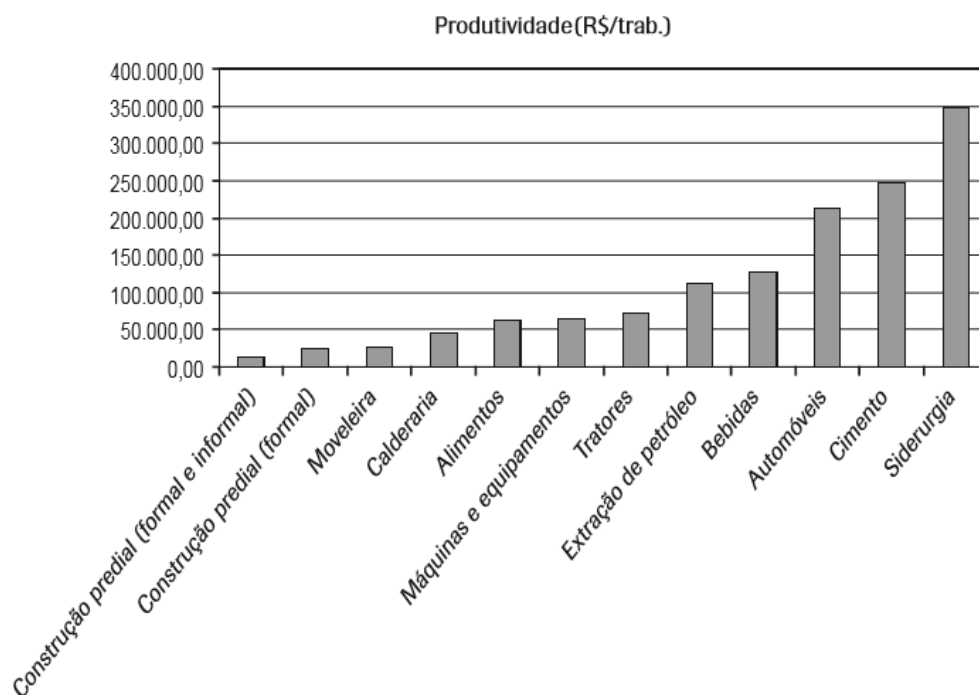
Fonte: Mello e Amorim (2009)

O setor também é dependente do uso de grandes quantidades de informações durante todas as fases do ciclo de vida de um empreendimento, o que faz necessário a utilização de sistemas de informação capazes de melhorar a integração e a comunicação da informação, auxiliando os processos de tomada de decisão (SCHEER *et al.*, 2007).

Outra característica específica que é típica da indústria da construção é a singularidade dos seus produtos, já que a maioria dos projetos são únicos. Entretanto, a variabilidade e singularidade do produto, juntamente com a fragmentação, não são bons requisitos para o trabalho colaborativo, ainda mais se não houver o auxílio da visualização e da tecnologia da informação.

Além da complexidade e importância socioeconômica da construção civil, Brochner e Olofsson (2012) verificaram aumento insignificante da sua produtividade nas últimas décadas, especialmente com base em indicadores tradicionais. Mello e Amorim (2009) em pesquisa desenvolvida para o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio (MDIC), visando propor uma política industrial para o setor, constataram grande disparidade nos dados de produtividade do Brasil, que representam apenas 20% dos índices da União Européia e 15% dos Estados Unidos. Quando confrontada, em valor agregado pelo número de funcionários, com outros setores industriais brasileiros, conforme Figura 2, a indústria da construção brasileira também demonstra uma imensa lacuna a ser reduzida.

Figura 2 - Produtividade da Construção Civil comparativamente às demais indústrias



Fonte: Mello e Amorim (2009)

As principais causas da baixa produtividade brasileira foram associadas por Mello e Amorim (2009) a fatores inter-relacionados como: baixa qualificação e desatualização da mão de obra; falta de padronização e não conformidade dos materiais; quadro regulatório burocrático e deficiente; pouca utilização da Tecnologia da Informação; pouca utilização de equipamentos de alta produtividade; e alta incidência de tributos e encargos.

Com relação ao quadro regulatório da construção civil, destaca-se publicação da FIESP (2008) que analisou as normas, regulamentos, decretos e leis associados às atividades de construção civil nas diversas fases do ciclo de vida dos empreendimentos, desenvolvidas pelos diferentes níveis da esfera pública e da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), a exemplo da: aprovação do projeto nos órgãos responsáveis, obtenção da licença e alvará de construção e a responsabilidade civil do construtor durante o uso.

Os padrões e guias da indústria, nacionais e internacionais, permitem o uso intercambiável de produtos em grandes indústrias, possibilitando a fabricação compatível com outros produtos sem exigir coordenação direta entre os fabricantes e projetistas de cada produto. Em um ambiente altamente fragmentado, como o da indústria AECO, especialmente na área de edificações, padrões e guias são essenciais, definindo métodos de projeto, níveis de desempenho funcional, dimensões modulares de sistemas construtivos, dentre outros aspectos (SACKS *et al.*, 2016).

Dados da Pesquisa Anual da Indústria da Construção de 2015 revelaram que o setor brasileiro realizou incorporações, obras e/ou serviços no valor corrente de R\$ 354,4 bilhões, sendo que R\$ 103,5 bilhões vieram de empreendimentos contratados por entidades públicas, representando cerca de 30%, o que evidencia uma importante participação do setor público no panorama econômico da construção civil. O universo de empresas ativas totalizou em 131,5 mil, as quais empregaram 2,4 milhões de pessoas, cerca de 500 mil empregos a menos que em 2014, em função da retração acelerada no mercado de trabalho desse setor (IBGE, 2017).

Diferentemente do setor privado, a natureza das organizações do setor público é a ausência da motivação pelo lucro e da necessidade de ser bem-

sucedido no mercado. Por outro lado, a busca pelo lucro dá às organizações privadas uma bússola simples e infalível para navegar e medir seu sucesso, enquanto que entidades públicas enfrentam uma variedade de partes interessadas com objetivos conflitantes, as quais podem encobrir a missão e os objetivos finais, que podem ter como conceito orientador a geração de melhor valor ao invés do lucro (GANAH; JOHN, 2013).

2.1 AS ETAPAS DO CICLO DE VIDA DOS EMPREENDIMENTOS PÚBLICOS

O processo de desenvolvimento de um empreendimento público de construção civil costuma iniciar com a concepção e o desenvolvimento de um projeto, definindo o que será construído, o objetivo e o custo estimado, escolhendo-se a forma de contratação, seguido da licitação, licenciamento até as etapas de construção, operação e manutenção. Os itens a seguir apresentam como ocorrem as principais etapas do ciclo de vida dos empreendimentos.

2.1.1. Concepção, Licitação e Formas de Contratação

Os empreendimentos públicos de construção são concebidos internamente pelas entidades, anteriormente aos processos licitatórios e à seleção da forma de contratação adequada para o desenvolvimento do projeto, implantação das obras e a operação, visando a realização de um processo baseado na isonomia e eficiência na seleção da proposta mais vantajosa dentre os licitantes.

Uma das formas fundamentais em que os proprietários podem impactar na eficiência, produtividade e lucratividade de um empreendimento é através da escolha da forma de contratação ou, também chamado, sistema de entrega. Preocupações sobre a ineficiência do setor nas últimas décadas levaram a busca por alternativas ao modelo tradicional *Design-Bid-Build* (DBB), em que as etapas de projeto, contratação e construção são segregadas e, geralmente, executadas por agentes diferentes. Outro sistema que se estabeleceu foi o *Design-Build* (DB), no qual o contratado é responsável tanto pelo projeto quanto pela construção do empreendimento.

Nos últimos anos, outras formas de contratação têm emergido e provocado mudanças mais radicais, a exemplo do *Design-Build-Operate/Maintain* (DBO/M)

que expande o papel do contratado do projeto até a fase de operação e manutenção, ou mesmo o *Integrated Project Delivery* (IPD) que propõe o compartilhamento de riscos e responsabilidades entre as partes desde o início do empreendimento, integrando pessoas, sistemas, estruturas de negócios e práticas em um processo que aproveita os talentos de todos para reduzir o desperdício e otimizar a eficiência (BSI, 2013).

Bernstein e Laquidara-Carr (2014) investigaram a percepção do setor AECO sobre a seleção dessas formas de contratação, verificando que não existe um consenso absoluto sobre os benefícios e obstáculos das formas mais utilizadas como o DBB e DB, a exceção, por exemplo, de uma maior percepção sobre um impacto positivo no prazo e no compartilhamento de riscos e responsabilidades pelo uso do DB, assim como da busca por redução de custos com maior tendência na seleção do DBB.

Como resultado dessa mesma pesquisa, foi relatado que o sistema DB é o de maior crescimento em adoção para empreendimentos de infraestrutura nos Estados Unidos, tais como: estradas, pontes, ferrovias, portos e aeroportos. Além disso, muitos empreendimentos públicos construídos com base no sistema DB são financiados por uma Parceria Público-Privada (PPP), um contrato entre uma autoridade pública e um ente privado que assume riscos operacionais, técnicos e financeiros substanciais. Esses modelos de contratação têm atingido um controle de custos positivo, assim como em sistemas DBO/M para empreendimentos que requerem manutenção de longo prazo.

Os sistemas emergentes como o DBO/M e o IPD tendem a ser mais utilizados, já que este último foi considerado a melhor forma de contratação para atingir melhora da comunicação entre os envolvidos, da produtividade e aumento de eficiência, fazendo com que a maior parte dos proprietários que busquem melhor controle do cronograma, de custos e aumento da qualidade, analisem o seu uso (BERNSTEIN; LAQUIDARA-CARR, 2014).

Na década de 90, o uso do sistema DB para contratações públicas já era crescente nos Estados Unidos da América com alterações na legislação federal, o que motivou uma investigação por Songer e Molenaar (1997) das características que são críticas e afetam o sucesso em termos de orçamento,

prazo e conformidade com as expectativas dos usuários, na visão de profissionais do setor público. Os resultados indicaram que as cinco características críticas para adoção do sistema DB foram: escopo bem definido; entendimento compartilhado do escopo; refinamento do escopo de construção pelo proprietário; equipe de pessoal do proprietário adequada; e orçamento definido.

Os principais métodos públicos de contratação de empreendimentos no Brasil, aplicáveis tanto às entidades da administração direta quanto da indireta, são: a lei tradicional de licitações nº 8.666 (BRASIL, 1993); a lei de Parcerias Público-Privadas (BRASIL, 2004); e o Regime Diferenciado de Contratações – RDC (BRASIL, 2011), conforme comparativo dos seus principais aspectos que pode ser visto no Quadro 1.

Esses métodos públicos de contratação brasileiros citados abrangem diferentes etapas do ciclo de vida dos empreendimentos, o que equivale aos seguintes sistemas de entrega: lei de licitações nº 8666/1993 com o sistema DBB; RDC com o sistema DB no regime de contratação integrada das etapas de projetos básico e executivo, construção e pré-operação; lei de PPPs com o sistema DBO/M, englobando etapas de projetos, construção, operação e transferência ao setor público.

A seleção da forma de contratação pelo proprietário costuma correlacionar o seu nível de controle com os riscos assumidos. O método DBB está no nível intermediário de risco, oferecendo um alto grau de controle sobre o projeto, informações confiáveis sobre o custo antes da construção e papéis das partes claramente definidos, embora possa ser uma escolha que não favoreça com relação ao cronograma e gere uma cultura não colaborativa entre as partes. No baixo nível de risco encontram-se os sistemas IPD e DB que reduzem significativamente os riscos do proprietário, entretanto, se a sua habilidade em gerar valor para o investimento ou o desempenho da edificação forem reduzidos, pode resultar em aumento de custos operacionais (BERNSTEIN; LAQUIDARA-CARR, 2014).

Quadro 1 – Comparativo entre os métodos públicos de contratação brasileiros

Aspectos comparados	Métodos para Contratação de Empreendimentos Públicos de Engenharia no Brasil		
	Lei Nacional de Licitações nº 8.666/1993	Regime Diferenciado de Contratações Públicas (RDC - Lei nº 12.462/2011)	Lei de Parcerias Público-Privadas nº 11.079/2004
Objetivos:	Isonomia; seleção mais vantajosa; desenvolvimento nacional sustentável	Eficiência e competitividade; relação custos benefício; inovação tecnológica; isonomia e seleção mais vantajosa	Eficiência; transparência; repartição de riscos; sustentabilidade financeira e vantagens socioeconômicas
Etapas a serem licitadas:	Projetos e/ou execução das obras e serviços	Projetos e/ou execução das obras e serviços	Projetos e/ou execução das obras e serviços com operação e manutenção
Sistema para entrega do empreendimento equivalente:	DBB (<i>Design - Bid - Build</i>) com segregação das etapas de concepção dos projetos, contratação, construção e operação	DBB (<i>Design - Bid - Build</i>); e DB (<i>Design - Build</i>) no regime de contratação integrada das etapas de projeto (básico e executivo), construção e pré-operação	DBO/M (<i>Design - Build - Operate/Maintain</i>), englobando etapas de projeto (básico e executivo), construção, operação e manutenção
Empreendimentos aplicáveis:	Ampla tipologia de empreendimentos públicos de engenharia	Infraestrutura das Copas da Fifa 2013/2014, Jogos Olímpicos e Paraolímpicos 2016; PAC; SUS; estabelecimentos penais; segurança pública; mobilidade urbana ou infraestrutura logística; sistemas públicos de ensino e ciência, tecnologia e inovação	Parcerias público-privadas no âmbito dos Poderes da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios
Regimes para execução indireta:	Empreitada por preço global ou unitário; tarefa; ou empreitada integral	Empreitada por preço global ou unitário; contratação por tarefa; empreitada integral; ou contratação integrada	Aporte de recursos após as obras e aquisição de bens reversíveis e/ou contraprestação pecuniária durante a operação
Modalidades de licitação:	Convite até R\$ 0,15 MM; Tomada de Preços até R\$ 1,5 MM; e Concorrência acima de R\$ 1,5 MM	Convite até R\$ 0,15 MM; Tomada de Preços até R\$ 1,5 MM; e Concorrência acima de R\$ 1,5 MM	Concessão Patrocinada ou Administrativa, a partir de R\$ 10 MM e com tempo de 5 a 35 anos

Quadro 1 – Comparativo entre os métodos públicos de contratação brasileiros (conclusão)

Aspectos comparados	Métodos para Contratação de Empreendimentos Públicos de Engenharia no Brasil		
	Lei Nacional de Licitações nº 8.666/1993	Regime Diferenciado de Contratações Públicas (RDC - Lei nº 12.462/2011)	Lei de Parcerias Público-Privadas nº 11.079/2004
Tipos de licitação e critérios de julgamento:	Menor preço; Técnica e Preço; ou Melhor Técnica apenas para projeto	Menor preço ou maior desconto; Técnica e Preço; Melhor técnica apenas para projeto; Maior oferta de preço; ou Maior retorno econômico	Menor valor da contraprestação ou combinado com melhor técnica (melhor proposta)
Anexos do Edital:	Projeto básico ou executivo; orçamento estimado com quantitativos; minuta do contrato; especificações e normas de execução	Termo de referência com anteprojeto, projeto básico ou executivo; cronograma de execução; orçamento estimado, valor da remuneração, preço mínimo ou paramétrico; minuta do contrato; especificações e normas	Estudos de engenharia em anteprojeto, investimento em orçamento sintético expedito ou paramétrico, garantias, critérios para avaliação de desempenho
Recomposição do reequilíbrio contratual:	Fatos imprevisíveis; ou previsíveis de consequências incalculáveis, retardadores ou impeditivos; força maior, caso fortuito ou fato do príncipe	Vide Lei nº 8.666/1993; Para contratação integrada: apenas em caso fortuito ou força maior e por alteração do projeto ou das especificações pelo contratante, desde que não decorram de erros ou omissões do contratado	Alterações que afetem o contrato, conforme repartição de riscos entre as partes, inclusive caso fortuito, força maior, fato do príncipe e álea econômica extraordinária
Limites para acréscimos ou supressões:	Até 25% do valor inicial atualizado; e até 50% para acréscimos em reforma	Até 25% do valor inicial atualizado; e até 50% para acréscimos em reforma	-
Inovações em relação a Lei nº 8.666/1993:	-	Possibilidade de remuneração variável vinculada ao desempenho por: metas, padrões de qualidade, critérios de sustentabilidade ambiental e prazo de entrega definidos; Contrato de eficiência para prestação de serviços, incluindo obras para gerar economia, com remuneração proporcional	O contrato poderá prever o pagamento ao parceiro privado de remuneração variável vinculada ao seu desempenho, conforme metas e padrões de qualidade e disponibilidade definidos

Fonte: O autor

Desde a publicação da lei nacional de licitações em 1993, o processo de contratações públicas vem se modernizando com a regulamentação de novos métodos, como a lei de PPP em 2004, que possibilitou o pagamento de remuneração variável vinculada ao desempenho, conforme metas, padrões de qualidade e disponibilidade, seguida pelo advento do RDC em 2011, com as diretrizes de: busca da maior vantagem, considerando custos e benefícios, inclusive de manutenção; redução do consumo de energia e recursos naturais; acessibilidade; inovação tecnológica ou técnica; possibilidade de remuneração variável vinculada ao desempenho; contrato de eficiência para prestação de serviços, com remuneração baseada em percentual da economia.

Com relação às PPP, Cruz e Marques (2012) estudaram o uso em empreendimentos educacionais, destacando a necessidade do setor público em aumentar a transparência e padronização, assim como monitorar o desempenho. No Brasil, possuem papel crescente em relação aos investimentos realizados em áreas de infraestrutura, habitação e na prestação de serviços (FIESP, 2016).

A necessidade de gerar valor (*value for money*) pelas PPP tem motivado um aumento de pressão sobre os processos de monitoramento e gerenciamento, tanto para garantir o atendimento ao cronograma e orçamento previstos para a construção, quanto para avaliação do desempenho efetivo na operação. Liu *et al.* (2015) desenvolveram uma estrutura para gerenciar as seguintes fases ao longo do ciclo de vida do empreendimento: iniciação e planejamento, contratação e parceria, compostas por fatores críticos de sucesso, a exemplo de: gerenciamento de riscos efetivo; processo licitatório transparente e competitivo; e a boa governança, para áreas-chave em conjunto com mecanismos de aprendizagem.

A finalização da fase de contratação ocorre com a assinatura dos termos acordados entre as partes, referente a prazos, preços, requisitos de qualidade, garantias e demais cláusulas necessárias, proporcionando maior segurança jurídica e menores riscos. Os contratos administrativos que envolvem entes públicos possuem outra particularidade, a supremacia do interesse público sobre o privado (FIESP, 2016).

2.1.2. Desenvolvimento do Projeto

Eastman *et al.* (1974) considerava que o único meio prático para comunicar as informações espaciais necessárias para a construção eram os desenhos, assim como para a troca de informações entre as partes envolvidas nos projetos, clientes, inspetores e financiadores. Esses autores já consideravam que os desenhos possuíam muitas fraquezas inerentes, como a redundância de informações em várias escalas diferentes e a necessidade de mais de um desenho para caracterizar qualquer parte do edifício, que é tridimensional. Dessa forma, qualquer mudança de projeto resultaria em esforços direcionados para alterar o conjunto de desenhos de forma a mantê-los consistentes.

Mesmo com esse esforço, a qualquer momento, pelo menos algumas das informações de projeto representadas por um desenho não seriam atuais ou consistentes, levando a tomadas de decisões baseadas em informações obsoletas. Como resposta ao problema, Eastman *et al.* (1974) concebiam uma descrição dos projetos baseada em um banco de dados computacional, que poderia melhorar deficiências dos desenhos para projeção, construção e operação, permitindo a descrição geométrica, espacial e de propriedade dos elementos físicos, dispostos no espaço e "conectados" em uma descrição única para cada elemento construtivo, como em um edifício real.

O processo de desenvolvimento do projeto utilizando a representação CAD tornou-se comum na indústria AECO na década de 1980, sendo o principal meio de comunicação até então. Muitas organizações desenvolveram padrões e guias para o *layout*, conteúdo e dimensionamento dos desenhos CAD, a exemplo de convenções para esquemas de nomenclatura, locais de arquivos, estilos de texto, tipos de linha, unidades, organização, nomes de camadas, título de blocos, arquivamento e localização de rede, objetivando que as equipes de projeto e construção em qualquer empreendimento ou empresa pudessem se comunicar e compartilhar informações entre as diferentes disciplinas (SACKS *et al.*, 2016). Entretanto, a maioria das deficiências dos projetos representados por desenhos, citadas por Eastman *et al.* (1974), continuaram presentes.

Projetos inconsistentes, imprecisos e incertos dificultam a fase construtiva e, principalmente, a fabricação de materiais fora do canteiro, já que depende de

coordenação dimensional e padronização, o que tornaria as construções mais rápidas, baratas e com maior controle de qualidade (EASTMAN *et al.*, 2011).

Yang e Wei (2010) investigaram as causas de atrasos nas fases de planejamento e projeto na visão de profissionais de empresas de engenharia e arquitetura em empreendimentos públicos de Taiwan, identificando que mudanças nos requisitos dos clientes, dados de projetos básicos insuficientes ou mal integrados, coordenação inadequada nas interfaces do empreendimento e pedidos de mudanças por deficiências no projeto foram as motivações mais importantes e frequentes relatadas. A partir desses resultados, é recomendável que os clientes forneçam informações completas e definam claramente o escopo do empreendimento para os planejadores e projetistas, caso contrário, os atrasos nessas fases serão atribuídos aos clientes, como já ocorre durante a construção e que gera custos excessivos.

A entrega de empreendimentos de infraestrutura com prazos e custos acima do previsto também foi associada aos erros de projeto em estudo de Love *et al.* (2012), sendo necessário compreender as condições que resultam nessas falhas de projeto para reduzir a sua incidência. Esses autores consideram necessário que as licitações para contratação de projetistas sejam mais competitivas e que existam documentos de padronização, como os *mandates*, para o processo de revisão e verificação das etapas de projeto.

Outra etapa necessária é a aprovação do projeto pelos órgãos públicos responsáveis para permitir o licenciamento e liberação da construção, envolvendo a verificação da congruência do projeto com as normas urbanísticas (uso e ocupação de solo) e o Código de Obras ou de Edificações do município, bem como o atendimento as exigências técnicas das concessionárias de serviços públicos (água, energia, telefone, dentre outros), órgãos ambientais e normas do Corpo de Bombeiros (FIESP, 2008).

A respeito do Código de Obras, publicação da FIESP (2008) indica uma grande variabilidade entre os conteúdos dos municípios, fazendo com que alguns tenham condições locais semelhantes, mas exigências de dimensões mínimas de ventilação variadas, por exemplo. Outra questão levantada é a inexistência, quase que totalmente, de critérios de desempenho para as

edificações, ao invés disso, a priorização na definição de dimensões geométricas sem integração com a norma de coordenação modular, como a definição de uma determinada espessura para paredes das escadas de emergência, ao invés da exigência do tempo de resistência ao fogo. Com isso, eles recomendam a elaboração de uma legislação pelo setor público brasileiro federal que determine diretrizes ou critérios mínimos de desempenho e qualidade, conferindo padronização aos municípios e a vinculação com as normas técnicas, como a de modulação, seguindo o exemplo de outros países.

2.1.3. Construção e Gerenciamento da Implantação

Com relação à etapa de construção dos empreendimentos, Santos *et al.* (2015) analisaram a incidência e as possíveis causas do aumento de custos e prazos de 151 obras públicas municipais de edificações em uma cidade brasileira. Os resultados apontaram que 96% dos empreendimentos tiveram aditivos de prazo e 72% de valor. As médias dos acréscimos de prazo e custo foram de 90% e 12%, respectivamente, nas obras de implantação, revelando melhor desempenho em relação às obras de reforma. Similarmente, as obras contratadas com empreitadas a preço global tiveram melhores resultados comparadas às de preços unitários.

Santos *et al.* (2015) sugerem que as principais causas dos atrasos estão associadas a problemas na fase de concepção e de projeto, como falhas na compatibilização ou nos processos de orçamentação e planejamento da produção. Os motivos dos aumentos de custos envolvem quantitativos subestimados ou não previstos nos orçamentos, falhas em projetos e condições de solo inesperadas, refletindo um modelo tradicional de gestão de empreendimentos públicos que não integra as fases de projeto e produção, em parte pelos mecanismos de contratação impostos pela lei nacional de licitações.

Larsen *et al.* (2016) avaliaram o efeito variável de 26 fatores no atraso do cronograma, aumento de custos e nível de qualidade de empreendimentos de construção pública, com base na visão de 56 respondentes do setor público dinamarquês, indicando que a falta de financiamento, atrasos causados por

outras autoridades, falta de planejamento, e os erros ou omissões durante a construção foram os que mais afetam o cronograma.

Os maiores impactos nos custos foram atribuídos aos erros ou omissões nos documentos de projetos e consultores, mudanças tardias dos usuários, e a falta de análise preliminar antes do projeto e contratação. Com relação ao nível de qualidade entregue, erros ou omissões nos projetos e durante a construção, inexperiência de consultores, foco político na priorização de custos e prazos, e a falta de planejamento foram os fatores mais relevantes.

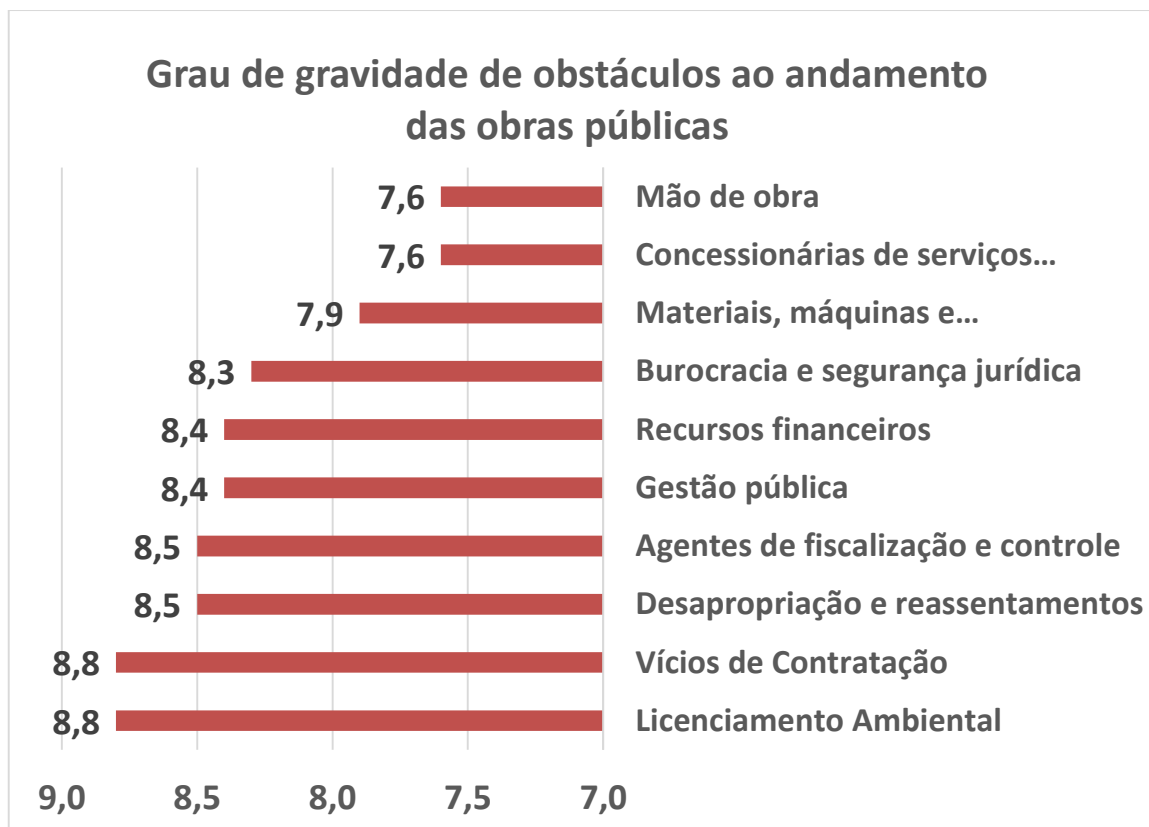
Na comparação desses resultados com outros estudos, foi evidenciado que a maioria desses fatores está relacionada aos proprietários e usuários finais, assim como a tarefas que deveriam ter sido finalizadas na fase de concepção e planejamento, sugerindo a necessidade de investir mais tempo nos requisitos técnicos, funcionalidades e metas do empreendimento, visando à identificação e cumprimento desses aspectos como condição vital para um resultado final bem-sucedido. As recomendações aos trabalhos futuros incluem a identificação dos efeitos dos fatores críticos de sucesso em outras regiões, acompanhados de estudos de caso para explicá-los e demonstrá-los (LARSEN *et al.*, 2016).

Os atrasos e paralisações de obras públicas têm múltiplas causas. Em 2014, uma pesquisa respondida por 95 profissionais envolvidos no setor brasileiro revelou que os obstáculos com maiores gravidades foram: licenciamento ambiental; vícios de contratação; desapropriações e reassentamentos; agentes de fiscalização e controle; gestão pública; recursos financeiros; burocracia e segurança jurídica, conforme Figura 3. As consequências negativas também são variadas, envolvendo desmobilização imprevista de mão de obra, criação de passivos entre empresas e órgãos, perdas econômicas irreparáveis, assim como o adiamento do próprio serviço a ser prestado para o desenvolvimento econômico-social e o bem-estar da sociedade (FIESP, 2015).

A respeito dos vícios de contratação, apontado como o segundo mais grave, foram conceituados como: falhas dos estudos e projetos básicos de engenharia mal elaborados, com baixas exigências técnicas; termos de referência inconsistentes com preços e prazos incompatíveis, gerando impasses, sobrepreços ou inviabilidade no desenvolvimento da obra. Além disso, existem

problemas na pré-qualificação dos licitantes, em função do julgamento simples pelo critério de menor preço, permitindo a contratação de empresas sem respaldo técnico necessário (FIESP, 2016).

Figura 3 – Obstáculos ao andamento de obras públicas brasileiras



Fonte: Adaptado de FIESP (2015)

Toor e Ogunlana (2010) investigaram indicadores chaves para medição do desempenho na implantação de grandes empreendimentos públicos, identificando que além das medidas tradicionais de: conclusão no prazo, dentro do orçamento e de acordo com as especificações de qualidade, intituladas de triângulo de ferro, outras métricas relacionadas à entrega de forma eficaz, eficiente, com segurança, livre de defeitos, conforme as expectativas dos *stakeholders* e que minimize os conflitos e disputas estão sendo valorizadas pelas partes envolvidas.

Toor e Ogunlana (2010) recomendaram que pesquisas futuras se concentrem na integração de indicadores chaves operacionais (tempo, custo e qualidade) com outros relacionados ao ciclo de vida (manutenabilidade, consumo de energia, satisfação dos usuários), questões estratégicas

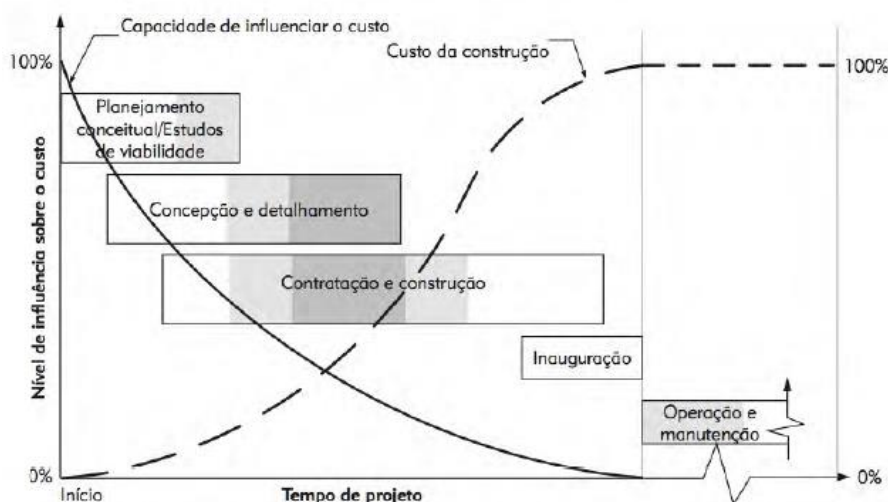
(cooperação inter-organizacional) e socioeconômicas (desenvolvimento social), assim como analisem a conexão entre fatores críticos de sucesso e os indicadores chave.

2.1.4. Gestão do Uso: Operação e Manutenção

Após a conclusão da implantação das obras e a liberação para o uso, os empreendimentos iniciam o processo de deterioração, começando a necessidade de gestão da operação e manutenção. Com o aumento dos custos das novas construções, cada vez mais, os proprietários compreendem a importância da manutenção planejada e gerenciada com o objetivo de preservar o patrimônio para servir ao propósito pretendido, ao invés de realizar atividades puramente reativas (ARDITI; NAWAKORAWIT; 1999).

Segundo estudos relatados por Dowlatshahi (1992), a fase de projeto influencia entre 70% a 85% do custo total de um produto, fazendo com que os projetistas sejam os profissionais em condições mais favoráveis para conceber soluções que reduzam substancialmente o custo do ciclo de vida de um empreendimento. Esses resultados são corroborados através da Figura 4, em que Eastman *et al.* (2011) apresentam a tendência inversamente proporcional entre as curvas da habilidade em influenciar nos custos e do custo de execução ao longo do tempo entre as fases do ciclo de vida de um empreendimento.

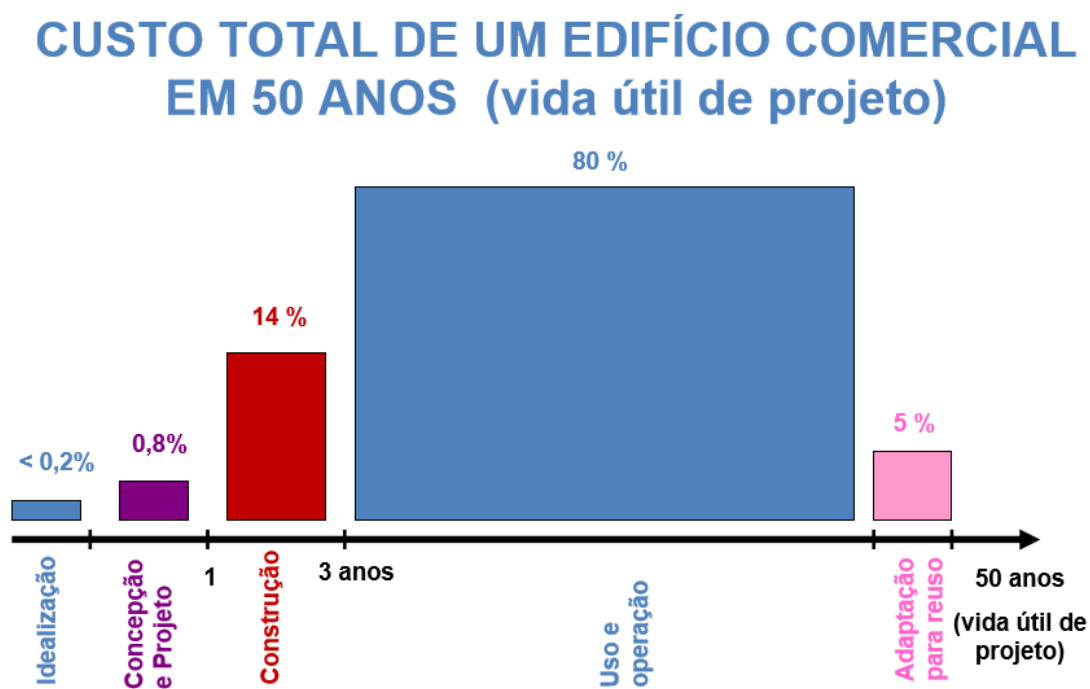
Figura 4 – Curvas da habilidade em influenciar nos custos e do custo de execução



Fonte: Eastman *et al.* (2011)

Além disso, os custos da fase de uso são a parte mais significativa do ciclo de vida e também os mais difíceis de prever, conforme Wilson (1986). Registros do governo norte-americano revelaram que os custos de operação podem exceder o preço de compra em até dez vezes, o que pode ser reforçado pelos dados da Figura 5 de Ceotto (2008), em que a fase de uso e operação de um edifício comercial com vida útil de 50 anos representa 80% do seu custo total, bem à frente do percentual do custo da construção (14%) e de concepção e projeto (0,8%), revelando a importância econômico-financeira dessa fase de maior duração dos empreendimentos, incluindo aqueles do setor público.

Figura 5 – Custos percentuais das etapas do ciclo de vida de um empreendimento



Fonte: Ceotto (2008)

Enquanto em alguns casos, os proprietários têm custos anuais desnecessários em manutenção excessiva e na substituição de componentes, em outras situações, eles deixam os edifícios se deteriorarem a um estado, do qual é muito difícil e dispendioso se recuperar. Dessa forma, para uma manutenção, torna-se necessário prescrever uma frequência de inspeções de acordo com os requisitos técnicos dos equipamentos e sistemas envolvidos, resultando em uma série de inspeções diferentes em uma variedade de intervalos para diferentes componentes. Existe uma presunção de que uma

política de inspeção regular irá reduzir o trabalho de reparação de emergência, diminuindo os custos de reparo ou substituição e aqueles associados à interrupção da operação causada por falhas de elementos (ARDITI; NAWAKORAWIT; 1999).

Brochner e Olofsson (2012) destacaram um conjunto de medidas a serem observadas visando uma maior qualidade e sustentabilidade durante o uso de empreendimentos de construção, tais como: área útil; consumo energético; vida útil prolongada; riscos; acessibilidade; desempenho acústico; segurança; e efeitos sociais, incorporando aspectos relacionados à análise do ciclo de vida para operação e manutenção, *benchmarking* e avaliação ambiental.

Arditi e Nawakorawi (1999) investigaram como 70 gestores de propriedade americanos lidam com diversas questões da fase de uso dos empreendimentos. Algumas questões envolviam como eram conectadas as fases de manutenção e projeto, já que o planejamento do uso durante os estágios iniciais é uma importante forma de melhorar o desempenho das facilidades. Dentre os entrevistados, 49% não se comunicam formalmente com os projetistas e 54% indicaram que os projetistas nunca voltaram para avaliar o desempenho dos edifícios concebidos. Esses autores perceberam que o envolvimento direto da gestão de *facilities* no processo de projeto é propício para o projetista se sentir compelido a avaliar o desempenho das instalações construídas. Além disso, os gestores desejavam aconselhar projetistas sobre: alternativas de projeto funcional (32%), escolha de materiais (28%), equipamentos (25%) e estrutura (13%), o que é essencial para o funcionamento eficiente do empreendimento durante o ciclo de vida.

Quando o proprietário é um desenvolvedor que pretende vender ou locar o empreendimento após a conclusão, é provável que a manutenção seja considerada apenas na medida em que seja susceptível de afetar o preço de venda ou aluguel. Mesmo quando o proprietário é também usuário, há um sistema complexo de interesses diferentes. No entanto, apesar das restrições financeiras e dificuldades, deve ser feito um esforço em alcançar um equilíbrio adequado para os custos de manutenção, analisando as soluções alternativas de projeto (ARDITI; NAWAKORAWIT; 1999).

2.2 ADOÇÃO DE TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO

Apesar de sua relevância econômica, a indústria da construção civil tem sido considerada atrasada em comparação com as demais, apresentando, comumente, desperdícios de materiais e custos excedentes. Além disso, o setor é altamente dependente de programas governamentais, como habitação de baixa renda, infraestrutura e outras obras civis (SCHEER *et al.*, 2007). Para Eastman *et al.* (2011), a automação, o uso de sistemas de informação, uma melhor gestão da cadeia de suprimentos e de ferramentas de colaboração aperfeiçoadas, ainda não foram alcançadas na construção civil, como nas demais indústrias.

FIESP (2008) cita estudo da Fundação de Pesquisa de Engenharia Civil, em que o setor americano da construção civil investe apenas de 0,5% a 1,5% do orçamento em novas tecnologias, abaixo da média de outras indústrias de 3,5% e do percentual de 7% por entidades financeiras. Esses dados revelam a baixa velocidade na busca por novos recursos tecnológicos, o que também ocorre no setor brasileiro, que quando comparado à indústria da construção de outros países, apresenta baixos investimento em pesquisa e desenvolvimento e pouca utilização de sistemas eletrônicos de informações, sensores ligados ao processo construtivo e ferramentas móveis. Dentre os entraves para essa baixa difusão, relacionados ao setor público, destacam-se: a falta de infraestrutura com recursos tecnológicos básicos; pouca formação de profissionais preparados; pouco incentivo para financiamentos; e necessidade de aprimoramentos da legislação vigente.

Os efeitos das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), a exemplo de sistemas eletrônicos de informação de órgãos públicos, envolvem aspectos amplos a respeito de reformas políticas e mudanças organizacionais que visam uma profunda transformação do setor público, sendo as tecnologias, os meios para aumentar a eficiência, melhorar a administração interna e a capacidade de gestão. A adoção de TIC é um desafio complexo e interdisciplinar que requer compreensão política, tecnológica, organizacional e social (CORDELLA; IANNACCI, 2010).

Caerteling *et al.* (2013) estudaram a importância do papel dos governos em liderar o desempenho de projetos de desenvolvimento e difusão tecnológica, sendo um importante fator externo positivo que supera as barreiras regulatórias, promove com entusiasmo as vantagens da tecnologia e reúne os principais *stakeholders* necessários, impactando até mais do que o tradicional apoio financeiro e técnico governamental.

Ozorhon e Oral (2017) analisaram os papéis de diferentes fatores de condução a inovação na construção, sugerindo que os principais aspectos estão relacionados ao nível do empreendimento, seguido pela empresa e, por último, o setor da indústria. A complexidade do projeto, a política de inovação e a sustentabilidade ambiental foram os maiores motivadores das inovações.

A adoção de uma política industrial eficaz depende de articulação entre o poder do Estado e o setor privado através de um acordo setorial com metas e responsabilidades compartilhadas, cabendo ao primeiro estabelecer o arcabouço principal composto pelo quadro institucional necessário e ações que induzam aos resultados esperados. O setor privado deve responder às novas demandas, treinando pessoal, investindo em melhorias tecnológicas e organizacionais, visando aproveitar as oportunidades criadas.

Mello e Amorim (2009) recomendaram diretrizes para uma política industrial brasileira, o que pode ser visualizado na Figura 6. Dentre as diretrizes trazidas pelos autores, inclui-se a criação de Marco Regulatório pelo setor público com objetivo de esclarecer e uniformizar as exigências legais, envolvendo normalização e a criação do Código de Boas Práticas, disseminando junto aos órgãos oficiais, a inclusão de requisitos de desempenho e conformidade nos editais e contratos de obras e projetos. Com relação às TIC, propõem a criação de bibliotecas e gabaritos de projetos e sistemas BIM em curto prazo, a padronização de procedimentos de gestão para desenvolvimento de tecnologias de grande difusão em médio prazo, e a exigência das licitações públicas em BIM no longo prazo, como vem ocorrendo nos EUA.

Algumas das ações recomendadas ao setor público em relatório da Fiesp (2016) sobre o setor da construção civil brasileira consistem em: fomentar o desenvolvimento de bibliotecas dos materiais de construção e equipamentos

utilizados; fomentar a estruturação dos órgãos públicos para a contratação de projetos em BIM por meio de capacitação profissional, intercâmbio de experiências internacionais e processos de contratação adequados; e apoiar o desenvolvimento de guias e manuais.

Essas recomendações reforçam a importância da adoção de novas TIC pelo setor público, como o BIM, pois além do seu potencial em melhorar os processos de projeto, construção e operação dos empreendimentos públicos, pode também conduzir ao uso do BIM por toda a indústria AECO.

Figura 6 – Matriz de responsabilidades para política industrial proposta

Projetos	Objetivos	Responsabilidades do Estado	Responsabilidades do Setor privado
Marco regulatório:	Padronizar critérios mínimos de Códigos Obras, inclusão de boas práticas nas referências normativas;	Desenvolvimento projeto de lei (Min. Das Cidades / MDIC).	Desenvolver os estudos e propor critérios (IAB, ASBEA, ASBECE, CBIC etc.)
	Revisar Normas, com ênfase na industrialização.	Inclusão de critérios de conformidade nas compras e contratações de obras e projetos (MDIC/ Min Planej, Min das Cidades)	Desenvolver os projetos de norma (ABNT, CBIC, associações de fornecedores em geral)
TI na Construção Civil:	Disseminar BIM e ferramentas de gestão	Desenvolvimento de padrão BIM nacional; Normatizar a contratação de projetos (Min. Planej.)	Definir padrões de gerenciamento; Adequação dos sistemas BIM às condições nacionais (ASBEA, ABECE, CBIC, SINAENCO, ABRAMAT, ANAMACO)
Inovação Tecnológica	Desenvolver produtos sistêmicos e modulares	Financiamento ao desenvolvimento de produtos - FINEP; BNDES	Investir na adequação às normas, redução da não-conformidade. (ABRAMAT, associações de fornecedores em geral)

Fonte: Mello e Amorim (2009)

3 O BIM NO SETOR PÚBLICO E NA INDÚSTRIA AECO

Eastman *et al.* (1974) já descreviam na década de 1970, o que eles intitularam de *Building Description System* (BDS) ou Sistema de Descrição da Edificação, como uma forma de projetar com potencial para armazenamento e manipulação das informações com detalhamento suficiente para suportar as atividades de projeto, construção e análise operacional, o que no final do século XX passou a ser conhecido como *Building Information Modelling* (BIM) ou Modelagem da Informação da Construção.

O sistema baseado em um banco de dados computacional poderia descrever os elementos físicos com representação geométrica, espacial e de propriedade, em uma descrição única para cada elemento, como em um edifício real. Qualquer alteração só precisaria ser feita uma única vez e as partes elementares de uma construção poderiam ser desenhadas pelo usuário ou armazenadas em bibliotecas de componentes. Outras características importantes eram a capacidade para gerar desenhos sob qualquer plano, seção e perspectiva, com detalhes construtivos de alta qualidade, de forma consistente, rápida e barata e a possibilidade de análises quantitativas, qualitativas, inspeções e verificações através desse banco de dados (EASTMAN *et al.*, 1974).

O BIM envolve novos processos otimizados para planejar, projetar, construir, usar e manter uma edificação, a partir de um modelo de informação normalizado que contém todos os dados necessários (EASTMAN *et al.*, 2011).

3.1 CONCEITOS BÁSICOS E USOS NAS ETAPAS DO CICLO DE VIDA

BIM é uma tecnologia de modelagem associada a um conjunto de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de edificações. Os modelos BIM se caracterizam por terem componentes da edificação representados como objetos digitais inteligentes e podem ser associados com gráficos computacionais, dados, atributos e regras paramétricas (EASTMAN *et al.*, 2011).

3.1.1. Modelagem Paramétrica e Nível de Desenvolvimento

A modelagem paramétrica simula a geometria e os dados de um ambiente, ao contrário do CAD, que é apenas uma representação aprimorada do desenho em papel. Esse modelo de informação é um banco de dados relacional virtual, geométrico e espacial, mantendo o controle dos dados no que se refere à geometria e localização específicas. Muitos tipos de dados podem ser ligados a um objeto virtual, havendo muitas maneiras para como usar e analisar esses dados contidos no modelo (ANDERSSON *et al.*, 2016).

Ao longo do desenvolvimento do projeto existe um progressivo processo decisório de incorporação de mais informações. Esse incremento de dados se reflete tanto na definição da geometria como nas especificações dos componentes. O Nível de Desenvolvimento (ND) ou *Level of Development* (LOD) foi criado pelo *American Institute of Architects* (AIA) para transmitir a extensão do conteúdo e confiabilidade que pode ser colocada em um elemento de um modelo. A especificação LOD varia de 100 a 500, entretanto, o LOD 500, é relacionado com a verificação de campo do projeto *as built*, que não indica uma progressão para um maior nível de geometria ou informação. O BIMForum (2017) interpreta as definições LOD da seguinte forma:

- elementos LOD 100: não são representações geométricas. Eles podem ser símbolos ou outras representações genéricas de informações derivadas de outros elementos do modelo, sendo considerados aproximados.
- elementos LOD 200: são representados graficamente, mas são espaços reservados genéricos (volume, quantidade, localização ou orientação). Qualquer informação LOD 200 deve ser considerada aproximada.
- elementos LOD 300: são representados graficamente como elementos específicos, em que a quantidade, forma, tamanho, localização e orientação podem ser medidos diretamente, sem ter que se referir a informações não modeladas.
- elementos LOD 350: são aprimorados além do LOD 300 pela adição de informações sobre interfaces com outros sistemas de construção. Por exemplo, um elemento de parede de alvenaria LOD 350 incluiria condições

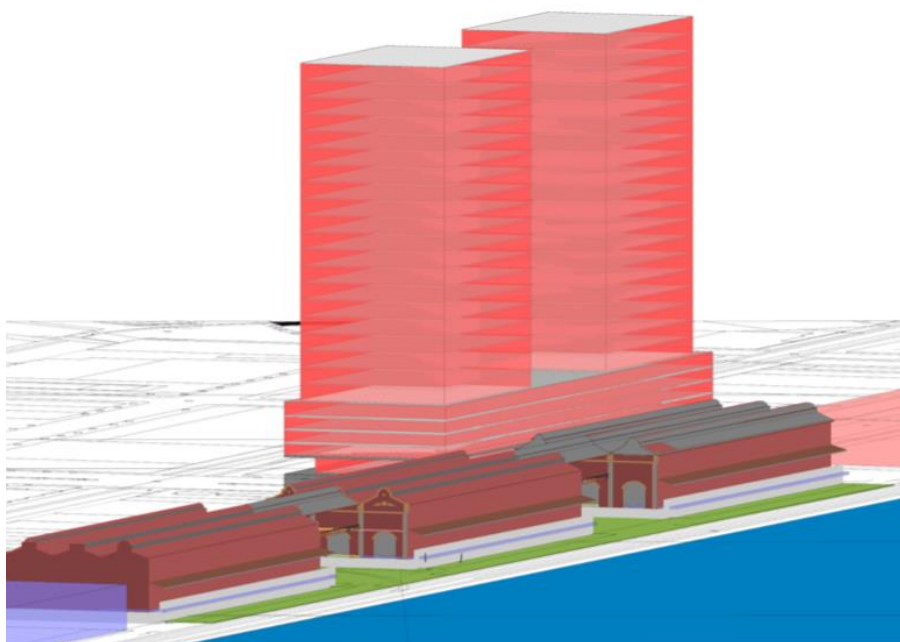
de feixes de ligação e articulações - informações que permitem ao usuário do modelo a coordenação com outros sistemas da estrutura.

- elementos LOD 400: são modelados com detalhes e precisão suficientes para a fabricação do componente representado.

A diferenciação entre o nível de desenvolvimento (ND) e o nível de detalhe é que o primeiro representa a confiabilidade que o modelo do elemento atingiu, enquanto que o nível de detalhe se refere à quantidade de detalhes incluídas no modelo, a exemplo de elementos gráficos e informações anexas que estão agregados a um determinado elemento.

Outra questão relevante é que os elementos dos modelos gerados em uma determinada etapa do desenvolvimento do projeto podem ter diferentes níveis de desenvolvimento, pois os modelos não são compostos exclusivamente por elementos e componentes com mesmo ND. De forma exemplificativa, em guia publicado pela Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), um modelo de projeto básico pode haver componentes com ND 300, 350 ou mesmo 200 (CBIC, 2018), como no estudo de massas da Figura 7 com elementos de ND 200 e 100.

Figura 7 – Modelo BIM para estudo de massas com diferentes NDs



Fonte: CBIC (2018)

3.1.2. Colaboração e Interoperabilidade

A colaboração entre os envolvidos em um empreendimento é essencial para atingir altos padrões de qualidade, melhor aproveitar o conhecimento e a experiência dos participantes, visando uma entrega eficiente. Para isso, ambientes colaborativos são constituídos, segundo o *British Standards Institution* (BSI), da habilidade de comunicar, usar e compartilhar dados de forma eficiente sem perda, contradição ou má interpretação.

Essa abordagem requer compreensão e confiança mútua dentro da equipe e um nível mais profundo de processo padronizado do que o anteriormente experimentado, produzindo e entregando informações de maneira consistente e em tempo hábil. Os benefícios podem incluir menos atrasos e disputas dentro da equipe, melhor gerenciamento do risco e entendimento de onde os custos estão sendo incorridos (BSI, 2013).

Métodos e procedimentos padronizados para produção de informações pelas equipes facilitam a colaboração e para serem implementados dependem do estabelecimento de: papéis e responsabilidades; convenções, códigos e padrões; Ambiente Comum de Dados (ACD), permitindo o compartilhamento da informação entre todos os membros através de um repositório único ou sistemas de gerenciamento de documentos. Esse ambiente é dividido em quatro áreas de trabalho: em andamento; compartilhada; publicada; e arquivada, conforme proposto por BSI (2007).

As informações de cada disciplina de projeto produzidas por suas equipes internas na área de trabalho “em andamento” somente passam para a área “compartilhada” após um processo de aprovação, em que ocorre uma verificação de aspectos, tais como: adequação do modelo, conteúdo técnico, integralidade aos requisitos operacionais. A seção “compartilhada” é utilizada pelas disciplinas para uso como material de referência no detalhamento e coordenação do projeto até a sua conclusão e autorização pelo cliente para publicação e liberação para a etapa de construção, bem como posterior arquivamento (BSI, 2013).

Dentre os padrões de troca de dados técnicos que visam à criação de ambientes colaborativos, conforme citado por diversos autores (BERNSTEIN *et al.*, 2014; EADIE *et al.*, 2013; JUNG; JOO, 2011), têm-se o *Industry Foundation*

Classes (IFC), o qual, de acordo com Bernstein *et al.* (2014) permite a interoperabilidade entre pacotes de softwares proprietários, mas ainda possui limitações devido à falta de bases semânticas amplamente acordadas, resultando em perda de dados em conversões de modelos.

Essas estruturas garantem a interoperabilidade entre os diferentes aplicativos das diferentes fases ou etapas do projeto e entre diferentes idiomas eventualmente em uso pela equipe, tal como preconizado pelo chamado *OpenBIM*. Existem também os padrões BCF (*BIM Collaboration Format*), voltados à coordenação de projetos, que permitem uma comunicação mais fácil e segura entre os diversos participantes, a exemplo do envio de relatórios com imagens vinculadas de modo dinâmico ao modelo, além de agregar funções de comunicação de responsabilidades e prazos para solução de uma interferência no modelo (CBIC, 2018).

Construction Operations Building Information Exchange (COBie) também é um método prático para compartilhar dados estruturados para operação e manutenção, entretanto, é, de forma básica, uma planilha eletrônica neutra que exige a participação massiva dos profissionais, o que pode impor uma carga substancial em termos de custo e tempo (ALRESHIDI *et al.*, 2017).

O valor central do BIM que o setor AECO deve estar ciente é a sua capacidade em obter informações do modelo e estender seu uso, dando-lhe significado para outros fluxos de trabalho e processos. Uma vez que a entrada de dados está se tornando mais eficiente, há uma propensão para a interconectividade constante de dados dentro dos próprios sistemas, transformando-os em um ecossistema de informações ao invés de rotinas de exportações ou importações de arquivos únicos. Como resultado, está ocorrendo uma grande mudança nas metodologias de colaboração e um aumento na frequência de compartilhamento de informações através de novas ferramentas e plataformas de compartilhamento através da web (HARDIN; MCCOOL, 2015).

3.1.3. Sistemas de Classificação da Informação

O setor AECO é muito amplo, com uma enorme variedade de dados, envolvidos, materiais, componentes e localizações. A representação individual de um espaço a ser construído depende de um gigantesco volume de informações que podem ser trocadas, às vezes, entre milhares de participantes, através de dezenas de sistemas de comunicação e aplicativos de projeto ou gerenciamento. Além disso, embora a cadeia de produção do setor não seja extensa verticalmente, ela é muito variada horizontalmente.

O desenvolvimento de padrões de codificação é essencial para manter um empreendimento organizado e efetivamente trocar dados entre diferentes modelos. Os formatos UNIFORMAT e MASTERFORMAT foram desenvolvidos antes da existência da modelagem da informação, enquanto o OMNICLASS foi projetado especificamente para gerenciar dados em BIM (ANDERSSON *et al.*, 2016).

Um sistema de classificação da informação visa evitar ou diminuir as inevitáveis perdas decorrentes dessas trocas e as interpretações dúbias, bem como facilitar a interoperabilidade entre diferentes sistemas informatizados. Para isso, os sistemas propõem “classes” que agrupam objetos físicos ou virtuais que apresentem características semelhantes a partir de uma abordagem lógica definida (CBIC, 2018).

A organização dos modelos, documentos, especificações e informações de projetos, custos, dentre outras, através do uso de sistemas de classificação é essencial para permitir que outros processos gerenciais ocorram adequadamente. Um sistema de classificação fornece uma terminologia e estrutura comuns, as quais todos os documentos e informações podem ser relacionados (BSI, 2013).

Devido à complexidade, foram estabelecidos sistemas para estruturar e padronizar a informação relativa à construção com abrangência nacional, como o UNIFORMAT, o MASTERFORMAT (Estados Unidos e Canadá) e o UNICLASS (Grã-Bretanha), além de alguns com potencial internacional, caso do OMNICLASS. Este último, em conjunto com a norma ISO 12006-2, foi adotado como base pela comissão de estudos da ABNT, a CEE-134 – Comissão de

Estudo Especial de Modelagem de Informação da Construção. O desenvolvimento do sistema de classificação adequado à realidade brasileira, baseado no OMNICLASS já está ocorrendo com a publicação da ABNT NBR ISO 12006-2:2010 e partes da ABNT NBR 15965 - Sistema de classificação da informação da construção.

3.1.4. Usos e Aplicações

Outro aspecto importante do BIM é sua aplicabilidade ao longo de todo o ciclo de vida das edificações, desde a concepção até o descomissionamento*, com reuso ou demolição. Dessa forma, um modelo BIM não é considerado apenas 3D, mas sim nD, porque possui múltiplas dimensões, as quais compreendem uma ampla gama de modelos de informação relacionados. À medida que um projeto avança através de fases esquemáticas até o detalhamento e a construção, são requeridos modelos de níveis variados de detalhes para produzir as entregas necessárias (ANDERSSON *et al.*, 2016).

Durante a fase de projeto, é desenvolvido um modelo BIM de intenção de projeto com o objetivo de fornecer à equipe uma ferramenta para visualizar e entender a integração de todos os sistemas construtivos em 3D, o qual é atualizado durante a fase de construção quando surgem alterações. Esse modelo de informação pode ser utilizado para análises energéticas e verificação dos impactos das decisões tomadas pelos projetistas no desempenho da edificação (ANDERSSON *et al.*, 2016).

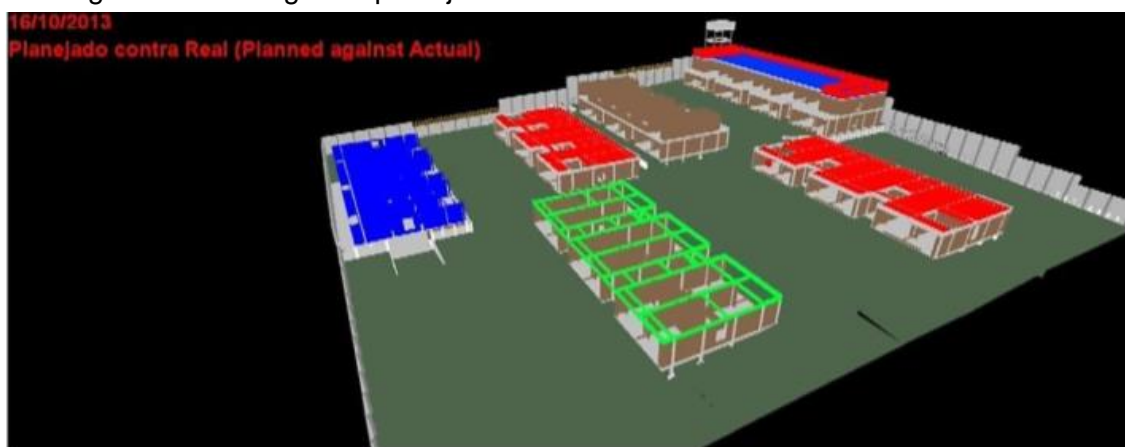
O modelo BIM pode servir de base para múltiplas simulações de desempenho à medida que o projeto avança e incorpora maior volume de informações com maior nível de precisão. Como principal produto, o banco de dados composto pelo modelo paramétrico completo possui todas as propriedades dos componentes, materiais e características específicas, os códigos dos serviços associados às execuções, ciclos de manutenção, parâmetros para extração quantitativa, custos, análises energéticas, acústicas, luminotécnicas, financeiras, estruturais e a conformidade com legislações e normas (CBIC, 2018).

* Descomissionamento é a fase de encerramento do empreendimento, podendo envolver desconstrução, demolição, processamento dos resíduos, deposição final, dentre outras atividades.

A partir da vinculação de atividades da fase de construção com a geometria correspondente no modelo, é possível visualizar o cronograma e obter uma melhor compreensão do planejamento. Modelos 4D são modelos de informação em 3D com a adição da dimensão tempo (ANDERSSON *et al.*, 2016). Esses modelos permitem aos planejadores algumas potencialidades como a visualização do processo de construção e uma maior compreensão do cronograma (Figura 8). Eastman *et al.* (2011) relatam também outros benefícios relacionados à melhoria da comunicação, gerenciamento logístico facilitado, comparação de planos de execução e controle do avanço físico da construção.

Uma investigação com profissionais brasileiros em estudo de Brito e Ferreira (2015) revelou que as potencialidades consideradas mais importantes para o uso de modelos 4D foram a: identificação de possíveis conflitos e interferências de espaço e tempo durante a construção; e integração e comunicação entre todos os envolvidos no projeto.

Figura 8 – Cronograma planejado e realizado em um modelo BIM 4D



Fonte: Brito e Ferreira (2015)

Segundo Andersson *et al.* (2016), os quantitativos derivados diretamente de modelos BIM são geralmente mais precisos do que métodos convencionais e podem ser ligados diretamente aos dados de custos, auxiliando o planejamento financeiro e a elaboração de orçamentos. Se os custos derivados do modelo estiverem vinculados a um cronograma, podem ser rastreados ao longo da vida útil do empreendimento, o que pode ser chamado de modelos 5D.

O modelo *as-built* é o modelo de um empreendimento baseado nas dimensões construídas e dados reais instalados, possibilitando a verificação e

documentação com vistas a garantir que os desenhos finais correspondam à realidade. Esse modelo conforme construído deve ser a base para o modelo de gerenciamento da operação e manutenção, o qual agrega outras dimensões de informações típicas dos chamados modelos BIM nD (ANDERSSON *et al.*, 2016).

O conhecimento dos usos e aplicações permite a definição do que deve ou não ser modelado, de que forma e em que momento do projeto essas informações serão extraídas. O guia da Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura (AsBEA, 2015) adaptou a relação de usos mapeada no guia do planejamento da execução BIM da *Pennsylvania State University* (2011) relacionando um conjunto de 21 possíveis usos BIM, ao longo das fases de projeto, construção e operação dos empreendimentos, conforme Figura 9.

Figura 9 - Relação de usos do BIM no ciclo de vida dos empreendimentos

Operação:

1. Programação de manutenção preventiva do edifício
2. Análises dos sistemas do edifício
3. Gestão do edifício
4. Gerenciamento dos espaços
5. Planejamento de abandono do edifício
6. Modelo Final Consolidado

Construção:

7. Planejamento da ocupação do canteiro
8. Projetos de sistemas construtivos
9. Fabricação digital
10. Controle e planejamento 3D
11. Planejamento de etapas de construção / implantação - 4D

Projeto:

12. Modelagem de condições existentes
13. Análise de implantação
14. Criação e concepção
15. Validação de códigos e normas
16. Coordenação 3D
17. Análise de engenharia
 - a. Análise Energética
 - b. Análise Estrutural
 - c. Análise Luminotécnica
 - d. Análise de Climatização e outras
18. Avaliação de Sustentabilidade - LEED
19. Definição do Programa de Necessidades
20. *Design Review* - Revisão Crítica
21. Estimativa de custo

Fonte: AsBEA (2015)

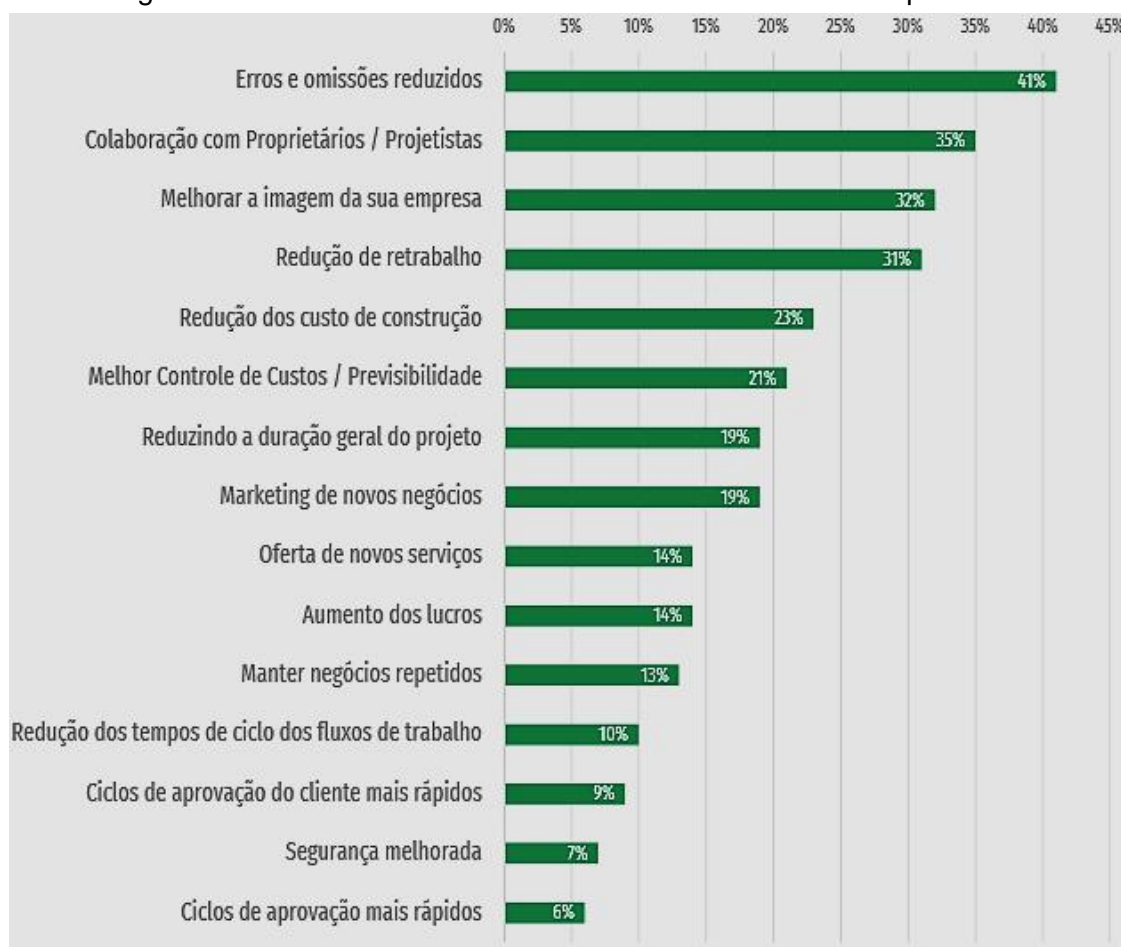
De acordo com o guia (AsBEA, 2015), os modelos comumente desenvolvidos no Brasil abrangem um conjunto de no máximo 10 desses usos, como: modelagem de condições existentes; análise de implantação; criação e concepção; validação de códigos e normas; coordenação 3D; análises de engenharia; *design review*; estimativa de custo; e planejamento da construção/implantação - 4D, em função do atual grau de disseminação do BIM no país.

3.1.5. Benefícios e Desafios

O BIM está em processo de disseminação no mundo, mas ainda existem diferenças significativas entre as experiências vivenciadas pelas empresas de construção e os benefícios da utilização em diversas regiões. Bernstein *et al.* (2014) investigaram o uso do BIM em mercados globais de 10 países de diversos continentes, indicando que os sete principais benefícios percebidos (Figura 10) pelos contratantes foram: redução de erros e omissões (41%); melhor colaboração entre proprietários e firmas de projeto (35%); melhora da imagem organizacional (32%); redução do retrabalho (31%); redução de custos (23%); melhor controle de custos (21%); e a redução da duração geral do projeto (19%).

Outros benefícios envolvem: processos mais rápidos e eficazes; melhores soluções de projeto com as simulações realizadas; controle de dados ambientais e custos do ciclo de vida com maior previsibilidade e compreensão; melhor qualidade de produção; montagem automatizada; e melhor atendimento ao cliente (AZHAR; 2011).

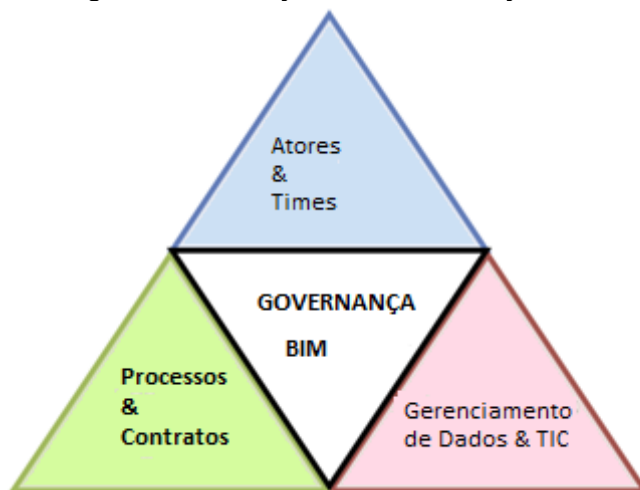
Figura 10 – Benefícios do BIM citados dentre os três mais importantes



Fonte: CBIC (2018) traduzido de Bernstein *et al.* (2014)

A colaboração tem se tornado crítica e novas tecnologias, como as ferramentas, processos e abordagens BIM, têm contribuído ao trazer à tona questões envolvendo confiança, preocupações com direitos de propriedade intelectual, falta de comunicação e diferenças culturais, além da possibilidade de inconsistência ou perda de dados. Alreshidi *et al.* (2017) desenvolveram uma solução de governança baseada em nuvem, considerando os processos de gerenciamento de dados, o ciclo de vida, a complexidade da cadeia de suprimentos, os direitos e responsabilidades da equipe, as políticas e os padrões. Essa solução inter-relaciona atores e equipes, envolvidas no projeto, inclusive o cliente, formando um time colaborativo para: a produção de dados; a gestão de tecnologias de informação e comunicação; os processos e contratos, que apoiam o processo BIM, conforme é visto na Figura 11.

Figura 11 – Solução de Governança BIM



Fonte: Adaptado de Alreshidi *et al.* (2017).

Jaradat *et al.* (2013) examinaram como grandes sistemas digitais integrados usados para projetar, construir e manter edificações e infraestrutura podem influenciar questões relacionadas ao profissionalismo, em função da mudança de papéis e interações profissionais. Novas tecnologias para aprovações e monitoramento do fluxo de trabalho, como o BIM, estariam associadas a novos grupos ocupacionais, outras responsabilidades profissionais e maior interação entre os envolvidos.

Eadie *et al.* (2013) conduziram estudo no Reino Unido, verificando que os principais impactos da implantação envolvem a colaboração, o entendimento como um processo (e não como uma tecnologia) e a redução de desperdícios (materiais, recursos e custos). Em relação às aplicações, a mais frequente ocorre nas fases anteriores à construção, como a de projeto, seguida pela fase construtiva com 34,67% dos participantes utilizando regularmente, e pela fase de operação com apenas 8,82%. Os clientes foram considerados como os que mais se beneficiam financeiramente, seguidos pelos gestores de manutenção e operação, vendedores de softwares e contratantes principais.

Eastman *et al.* (2011) diferenciam os proprietários operadores dos incorporadores. Os proprietários que constroem para operar devem ser fortemente incentivados a considerarem os custos de longo prazo de operação de um empreendimento, como o setor público e mesmo edificações privadas de corporações, indústrias, hospitais, escolas, universidades, dentre outras, pois

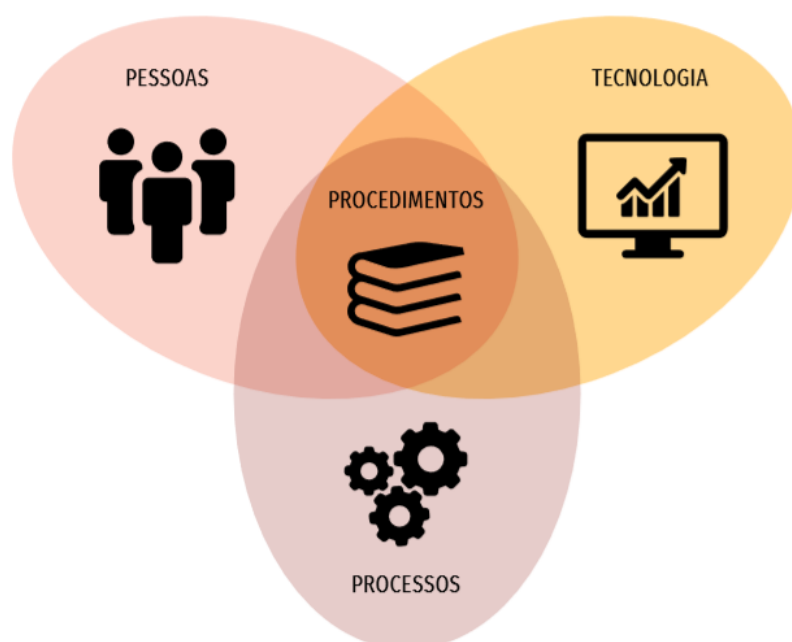
eles se beneficiam de qualquer aplicação BIM associada aos custos iniciais e recorrentes. De outro lado, os incorporadores são proprietários por tempo mais curto, ainda assim, eles se beneficiam ao evitar custos ocultos e aumentar a lucratividade, a partir da maior confiabilidade das estimativas de prazo e custo, reduzindo o tempo de lançamento e sendo comercialmente mais atrativos.

3.2. IMPLANTAÇÃO DO BIM

De acordo com Andersson *et al.* (2016), novas tecnologias disruptivas estão transformando o ambiente construído. O processo BIM tem sido classificado como uma inovação disruptiva, pois altera as soluções técnicas atuais profundamente, levando a novas abordagens do mercado, gerando mudanças culturais nas organizações e em todos os participantes.

A implantação bem-sucedida do BIM requer considerar fatores relacionados à processos, tecnologias e comportamentos, que precisam ser integrados durante o uso (HARDIN; MCCOOL, 2015). Similarmente, Succar *et al.* (2012) propõem uma divisão em três campos: processos, tecnologia e política, equivalendo-se também às três dimensões: tecnologia, pessoas e processos, unidas por Procedimentos, Normas e Boas Práticas, como mostra a Figura 12.

Figura 12 – Dimensões fundamentais do BIM



Fonte: CBIC (2018) adaptado de Succar *et al.* (2012)

Muitas empresas quando adotam novas tecnologias tendem a utilizá-las em processos antigos, criando desperdícios por não levarem em conta as implicações das novas ferramentas nos processos existentes e nos fluxos de trabalho que deveriam ser alterados. A escolha de ferramentas tecnológicas que melhorem a forma de trabalho de uma organização é essencial. Uma estratégia de seleção que vem se tornando mais conhecida é aquela em que a equipe observa os seus processos atuais, em seguida, planeja e entende os resultados desejados, para decidir quais ferramentas se alinham com a visão e incorporam valor à organização (HARDIN; MCCOOL, 2015).

A dimensão tecnológica envolve ainda a infraestrutura necessária para a operação, programas e equipamentos, conexão com a internet, rede interna, segurança e armazenamento de arquivos. O foco nas pessoas também é fundamental em termos de experiência necessária, capacitação e flexibilidade para as mudanças. O aspecto de processos abrange o plano de execução: fluxo de trabalho, cronograma, especificação dos entregáveis, método de comunicação, definição de funções, nível de detalhe em cada fase e usos do modelo. Estas três dimensões são vinculadas entre si por Procedimentos, Normas e Boas Práticas, o conjunto de documentos que regula e consolida os processos e as políticas de pessoal, práticas comerciais, uso e operação da infraestrutura tecnológica (CBIC, 2018).

O aspecto comportamental tende a ser o mais difícil de se mudar, embora possua grande influência na implantação do BIM a partir de comportamentos pessoais e organizacionais facilitadores. Hardin e McCool (2015) exemplificam essa questão, contrapondo organizações que tenham uma cultura de inovação e atitude ágil para mudanças de outras que possuam ambientes resistentes a alterações e que sufocam a inovação. Assim como as ferramentas BIM que estão se tornando cada vez mais colaborativas, o mesmo deveria acontecer com os comportamentos e mentalidades dos envolvidos.

Lee, Yu e Jeong (2015) propuseram um modelo de aceitação do BIM composto de um conjunto de fatores que influenciam sua adoção pelas organizações, entrevistando também profissionais da construção civil da Coreia do Sul que já utilizavam o BIM em suas empresas. Os resultados observados

indicaram que a aceitação e a adoção bem-sucedida dependem da disposição organizacional e do envolvimento dos profissionais em um sistema de cooperação para uso das ferramentas.

Xu, Feng e Li (2014) realizaram pesquisa com a indústria da construção chinesa e perceberam que dimensões organizacionais, tecnológicas e de atitude (vontade e interesse) afetam indiretamente a adoção, sendo a utilidade percebida e a facilidade de uso determinantes para propagação em larga escala.

Jung e Joo (2011) consideram que o objetivo do BIM é melhorar a eficácia das construções através de uma melhor utilização dos sistemas de informação da construção de forma integrada. Eles desenvolveram uma estrutura compreensiva para aplicação BIM, visando avaliar áreas promissoras e identificar fatores de condução para uma eficácia prática.

Para Eastman *et al.* (2011), algumas das ações que os proprietários podem adotar como forma de incentivo ao BIM são: incluir critérios de pré-qualificação específicos na seleção dos contratados, como conhecimento e experiência em BIM; construir e educar uma rede qualificada de prestadores de serviço BIM; alterar requisitos para as entregas, incorporando escopo, detalhe e organização da informação do modelo e seus usos; e propor contratos baseados em desempenho e planos de incentivo compartilhados.

Cheng e Lu (2015) consideram que o setor público tem papel primário na condução da indústria para a adoção do BIM. Baseado na análise e na comparação entre adoções de diversos países, seis papéis principais a serem exercidos pelos governos foram identificados:

- iniciador e condutor – definir metas, comitês e atividades BIM;
- regulador – propor diretrizes e normas;
- educador – desenvolver planos e programas de treinamento, formação;
- agente financiador – fornecer suporte financeiro para implementação;
- demonstrador – fazer projetos piloto, plano interno, teste de tecnologias;
- pesquisador – realizar projetos de pesquisa e desenvolvimento, colaboração com instituições de pesquisas.

Ao contrário da especialização em realizar determinados serviços, típica das empresas privadas, as agências públicas, que são responsáveis desde a concepção até a operação dos empreendimentos do setor AECO, costumam gerenciar uma gama ampla de responsabilidades, devendo garantir a criação de um empreendimento seguro, acessível, confortável, com bom desempenho energético, esteticamente agradável, boa iluminação, conforto acústico, dentre outras, respeitando um orçamento limitado. Adotar o BIM, percebendo seu potencial de agregar valor para os ocupantes dos edifícios, requer motivação, recursos significativos e coordenação entre as organizações e as disciplinas e *stakeholders* interdependentes (GUREVICH *et al.*, 2017).

Os maiores desafios associados à implantação do BIM estão em aspectos relacionados às organizações e as pessoas, sendo que a maturidade depende, principalmente, dos clientes e proprietários dos empreendimentos. A integração do contratante na fase inicial de projeto é essencial para o potencial do BIM. Porwal e Hewage (2012) propuseram uma estrutura para contratação de empreendimentos públicos baseado em processos colaborativos BIM, visando maximizar o valor entregue no Canadá. Foi realizado estudo de caso em empreendimento com financiamento público contratado pelo menor preço, com a forma de entrega através do DBB, para comprovar a viabilidade do método proposto de parceria BIM antecipada.

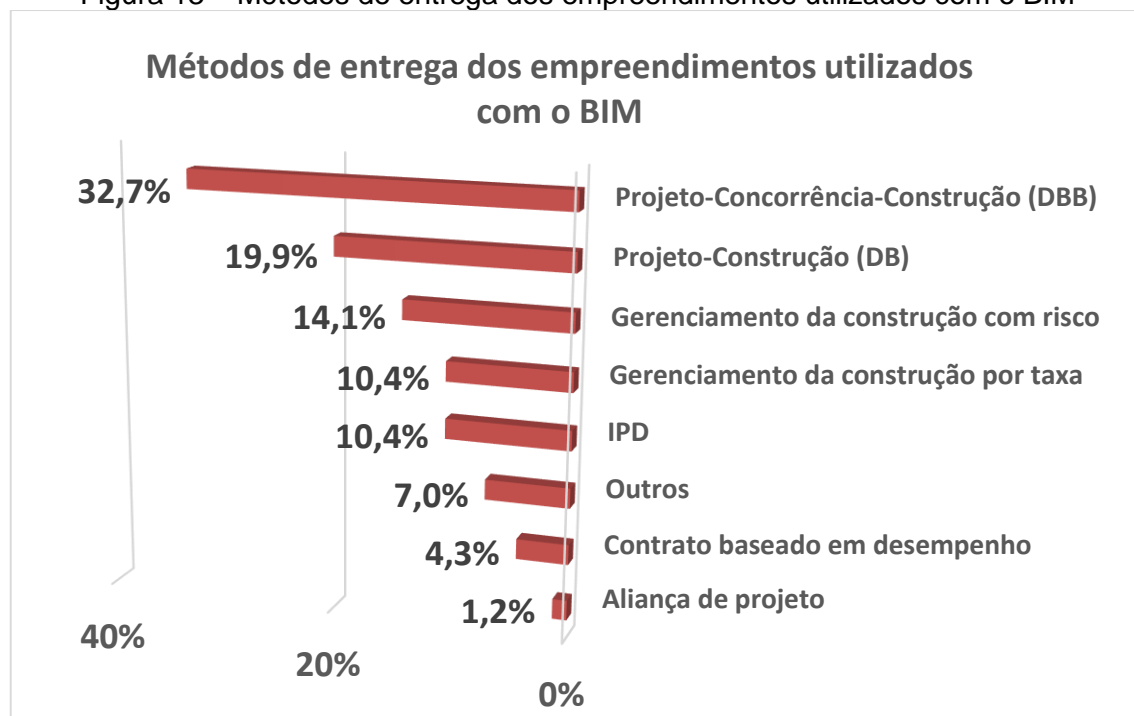
Os resultados indicaram serem necessárias orientações de onde começar, quais as ferramentas disponíveis, como enfrentar os desafios legais, contratuais e culturais, dentre outras. Comparado ao método tradicional de contratação DBB, a parceria colaborativa BIM proposta foi considerada adequada ao setor público pelo processo de seleção ser aberto, objetivo, justo e livre de influência política, esperando-se melhorias significativas em termos de custo, valor entregue e desempenho nas emissões de carbono. Aos trabalhos futuros, recomendou-se áreas relacionadas às diretrizes nacionais sobre BIM, a estrutura legal e a questões contratuais específicas (PORWAL; HEWAGE, 2012).

Outra questão central para o setor público envolvem os atuais processos de contratação baseados no menor preço, os quais costumam diminuir a importância de critérios como prazo e qualidade, sem garantir o retorno do

máximo valor. Para o BIM, quanto mais cedo o modelo puder ser desenvolvido e compartilhado, maior será a sua utilidade. Por essa razão, os modelos de contratação DB proporcionam uma grande oportunidade de exploração dos benefícios, pois o contratado é responsável pelo projeto e construção, e ambos podem participar da fase de projetos. Outras formas de contratação também podem obter avanços com o BIM, porém, atingindo benefícios parciais, caso não haja colaboração durante o projeto (EASTMAN *et al.*, 2011).

Becerik-Gerber e Rice (2010) investigaram o uso do BIM nos Estados Unidos, a partir de uma amostra de 424 respondentes. Com relação aos métodos de entrega dos empreendimentos (Figura 13), embora o sistema tradicional DBB ainda fosse o mais utilizado, já era possível notar que muitos dos empreendimentos adotavam métodos de entrega mais recentes e colaborativos, incluindo o DB, *Integrated Project Delivery* (IPD), contratos baseados em desempenho e aliança. O IPD foi citado pelos entrevistados como o mais eficaz para facilitar o uso do BIM, pois busca criar uma atmosfera colaborativa mais abrangente, alinhada aos objetivos de todos os membros, incentivando-os a trabalharem em conjunto ao longo de todas as fases.

Figura 13 – Métodos de entrega dos empreendimentos utilizados com o BIM



Fonte: Traduzido de Becerik-Gerber e Rice (2010)

Alguns respondentes consideraram muito cedo para determinar o valor do BIM, já que a indústria ainda está nos estágios iniciais de adoção. Para uma avaliação efetiva do valor em termos de retornos significativos do investimento, seria necessário um prazo de 5 a 8 anos. Muitas empresas ainda estão trabalhando na implantação inicial e, embora existam algumas eficiências alcançadas, ainda existem curvas de aprendizagem enormes e íngremes, demandando o desenvolvimento de modelos, métricas e *benchmarks* para a indústria (BECERIK-GERBER; RICE; 2010).

Ganah e John (2013) estudaram o valor que o BIM pode gerar ao setor público ao ser utilizado em contratos de PPP na fase de operação e manutenção, possibilitando um acompanhamento mais claro dessa fase por períodos de até 30 anos, identificando áreas chave que exigirão maior compreensão para futuros empreendimentos em PPP.

3.2.1. Documentações para planejamento e execução

Kassem *et al.* (2015) analisaram 57 documentos, intitulados de publicações notáveis sobre BIM, emitidos por associações industriais, órgãos governamentais e comunidades acadêmicas de oito países, objetivando identificar e organizar o conhecimento a partir de uma taxonomia que diferencia guias, protocolos e *mandates*, reduzindo ambiguidades e facilitando a análise do conteúdo, comparação e o desenvolvimento futuro. Essas publicações são voltadas para uma ampla audiência e visam promover a compreensão, regular a implementação ou exigir requisitos para o BIM.

Enquanto os padrões costumam, jurisdicionalmente, serem obrigatórios, os guias não são impositivos, mas podem ser contratualmente vinculativos, dependendo das políticas da organização que publica ou contrata (SACKS *et al.*, 2016). Os guias BIM são caracterizados como documentos descritivos e opcionais, esclarecendo metas, reportando pesquisas e simplificando temas complexos. Protocolos também são opcionais, entretanto, são prescritivos, fornecendo, detalhadamente, etapas ou condições para atingir um objetivo ou resultado mensurável. Em contrapartida, os *mandates* são prescritivos e ditados

por uma autoridade, identificando o que deve ser entregue e, em algumas vezes, como, quando e por quem (KASSEM *et al.*, 2015).

A análise da distribuição dessas publicações pelo mundo, indica que, enquanto em alguns países, como a Austrália, há uma predominância de guias com temas sobrepostos, protocolos insuficientes e falta de *mandates* governamentais, gerando um desafio a ser enfrentado pelas partes interessadas na implantação do BIM pela indústria. Em outros, como na Dinamarca, Noruega e Finlândia, que foram pioneiros no desenvolvimento de protocolos e *mandates* exigindo o BIM em empreendimentos públicos entre 2007 e 2010, percebe-se uma distribuição adequada dos tipos de publicações, além de um processo constante de atualização e redução dos valores financeiros em que empreendimentos são considerados obrigados a adotar (KASSEM *et al.*, 2015).

Além de estabelecer metas para utilização do BIM, as organizações públicas também criam grupos de trabalho ou comitês para suporte a adoção, visando criar um entendimento comum e uma abordagem consistente por meio de regulamentos regionais que instruem e padronizam, evitando conflitos entre o setor, a exemplo da *National Building Information Modeling Standard* (NBIMS) dos Estados Unidos (CHENG; LU, 2015).

Em Singapura, organizações do setor público em colaboração com as entidades privadas estão liderando a propagação do BIM. O governo oferece programas de conscientização, oficinas, *roadshows*, capacita e treina através de uma entidade acadêmica, financia o processo de adoção das organizações com um fundo específico e é pioneiro em um sistema eletrônico de envio de documentos (CHENG; LU, 2015).

As publicações notáveis sobre BIM nos Estados Unidos são impulsionadas pela existência de numerosos órgãos da indústria, agências públicas e autoridades governamentais dos diversos níveis que desenvolveram ativamente guias e *mandates* desde 2007 (KASSEM *et al.*, 2015).

De acordo com Cheng e Lu (2015), a maior diferença da adoção do BIM nos Estados Unidos em relação a outros países pode estar na contribuição dada por diferentes níveis do setor público americano, que publicaram normativos para adoção continuada. Eles consideram que os normativos devem abranger: plano

de execução do empreendimento (*Project Execution Plan – PEP*), metodologia de modelagem, níveis de detalhe e desenvolvimento, estilo de apresentação dos componentes e organização dos dados.

Faria, Barros e Santos (2016) também analisaram *mandates* de países pioneiros na adoção, como Estados Unidos, Reino Unido, Finlândia, verificando que possuem:

- plano de execução;
- definição dos formatos de arquivos para troca de informações;
- usos esperados;
- papéis e responsabilidades;
- propriedade intelectual dos entregáveis;
- nível de desenvolvimento LOD dos componentes; e
- controle de qualidade dos modelos.

Segundo Gurevich *et al.* (2017), embora muitas agências públicas tenham publicado guias para proporcionar maior clareza a sua equipe e fornecedores, priorizam orientações táticas sobre como usá-lo nos empreendimentos, não focando em orientações estratégicas, necessárias ao gerenciamento do processo de implantação pelas entidades públicas para alcançar melhores resultados. A exceção seria o *mandate* do Reino Unido, mais amplo e abrangente para as agências governamentais, exigindo adoção progressiva e níveis crescentes da capacidade tecnológica e de conteúdo, a exemplo do nível 2 requerido ao setor público e suas cadeias de suprimento em abril de 2016. Nesse nível estabelecido, o gerenciamento de todo o ciclo de vida dos empreendimentos deve utilizar o BIM, incluindo o intercâmbio de modelos através do IFC, modelagem através de bibliotecas digitais, a provisão de um ambiente único para compartilhamento de informações e dados do ativo e o desenvolvimento do BIM *Execution Plan* (BEP) ou Plano de Execução BIM.

Sacks *et al.* (2016) consideram que a preparação de diretrizes adequadas de como o usar o BIM, de forma a oferecer valor, para serem exigidas em contratos é uma das principais etapas que podem ser exercidas pelos grandes

clientes do setor da construção (empresas, autoridades e departamentos públicos) para uma implementação guiada e sistêmica. A análise de 15 *mandates* publicados por instituições diversas, identificou similaridades e aspectos faltantes em relação ao tipo de organização, recomendando um conjunto de requisitos para as organizações desenvolverem, avaliarem ou atualizarem seus próprios documentos. Dos dez principais tópicos, a interoperabilidade, o papel do gerente BIM, os modos de colaboração, os requisitos para operação e manutenção, o plano de execução BIM e as simulações apresentaram similaridades nos documentos, embora conteúdo, frequência, especificidade e nível de resolução tenham variado.

Um tópico presente em todos os guias é a interoperabilidade no compartilhamento dos modelos, em que todas as instituições adotam o “*OpenBIM*”, especificando a compatibilidade com o padrão IFC em níveis de detalhamento variados, o que implica em restrições mínimas na escolha das ferramentas de softwares, ao contrário da definição de plataforma única que restringe os parceiros do empreendimento.

Com relação ao papel do gerente BIM, com apenas uma exceção, todas as organizações se posicionam quanto à responsabilidade pelo gerenciamento ser designada a um profissional específico com funções únicas em relação a um empreendimento tradicional. A responsabilidade de designação varia entre o proprietário, arquiteto e o empreiteiro geral, e as atribuições envolvem aspectos organizacionais (coordenação, planejamento estratégico, controle de edições) e técnicos (sincronização dos modelos, interoperabilidade, controle de qualidade, segurança de dados, coordenação espacial) (SACKS *et al.*, 2016).

Os modos de colaboração também apareceram em todos os *mandates* por ser uma condição necessária para explorar os benefícios do BIM, tais como: reuniões regulares para coordenação das atividades; espaços físicos como “*Big Room*” para projetistas e construtores; e colaboração digital. Embora a forma de contratação DBB ainda seja a mais tradicional, alguns documentos abordam o DB e a tendência do IPD para aumento de colaboração e integração, ainda que existam muitos obstáculos práticos, legais e logísticos, especialmente em

organizações públicas que possuem processos de contratações e legislações próprias (SACKS *et al.*, 2016).

O setor público brasileiro possui algumas iniciativas, a exemplo da publicação do Caderno de apresentação de projetos de edificação em BIM e licitação realizada para contratação dos projetos do Instituto de Cardiologia pelo Governo de Santa Catarina (2015), assim como a audiência pública da Fundação para o Desenvolvimento da Educação para anúncio da adoção do BIM em 2016, aplicações no Exército Brasileiro e o projeto de cooperação do governo federal com a União Europeia (KASSEM; AMORIM, 2015).

Dentre os aspectos abordados no caderno do Governo de Santa Catarina (2015), considerado um documento pioneiro na área governamental brasileira, inclui-se: níveis de desenvolvimento associado às etapas de projeto; requisitos e condições de modelagem; nomenclaturas; e documentos anexos a serem entregues pelo contratado.

A mais recente iniciativa brasileira em documentações para planejamento e execução da implantação foi a publicação do Caderno de especificação técnica para contratação de projetos de edificações em BIM, publicado em 2018 pelo Governo do Estado do Paraná (2018), sob consulta pública para recebimento de contribuições do setor AECO. O caderno traz requisitos sobre o plano de execução, entregáveis, critérios de medição, checagem de modelos, codificação dos elementos, fluxos de trabalho, bem como diretrizes gerais de modelagem para as diversas disciplinas de projeto, planejamento de obra, extração de quantitativos e integração com tabelas referenciais de custo, adotando-se o *openBIM*.

3.2.2. Planos de Execução para Implantação

O planejamento da implantação do BIM envolve a elaboração do BIM *Execution Plan* (BEP) ou Plano de Execução, o qual é preparado pelo contratante para explicar como os aspectos da modelagem da informação de um empreendimento serão realizados (BSI, 2013).

Segundo Sacks *et al.* (2016), o BEP é um componente essencial da adoção, pois é nele que está contido os modos pretendidos de colaboração e

compartilhamento de informações, papéis e responsabilidades dos envolvidos, softwares a serem utilizados, o escopo e o LOD a serem atingidos, procedimentos de controle de qualidade, composição de objetos e convenções de nomenclatura para um determinado empreendimento. Alguns *mandates* possuem *templates*, modelo básico a ser seguido na elaboração do BEP, que pode agregar requisitos específicos para simulações energéticas, de sustentabilidade (iluminação, acústica, segurança e acessibilidade), de interferências e construtibilidade, estimativas de custos, influenciando mais cedo na fase de projeto, o que maximiza o potencial do BIM.

Um BEP adequado deve especificar o LOD a ser alcançado para cada sistema construtivo e seus elementos em cada marco do empreendimento, podendo a organização padronizar os entregáveis em todos os projetos, prevendo o LOD no guia BIM institucional. Documentos futuros podem considerar novas aplicações, a exemplo da modulação com a pré-fabricação de elementos volumétricos pré-acabados de construção, gerenciamento da cadeia de suprimentos, submissão e verificação *online* para permissões e licenciamento, além de simulações avançadas (SACKS *et al.*, 2016).

Pereira e Amorim (2017) propuseram BEP para a etapa de projeto de uma superintendência responsável pelos empreendimentos da Universidade Federal da Bahia, visando desenvolver um fluxo de trabalho compatível com o uso do BIM, formado a partir do mapeamento dos novos processos com a identificação da sequência de atividades, responsáveis e os fluxos de compartilhamento de informações. Os resultados indicaram a relevância de: conhecer detalhadamente os processos vigentes a serem otimizados; considerar as especificidades organizacionais; promover a integração e colaboração; definir e sistematizar as atividades, funções e responsabilidades; e elaborar procedimentos de colaboração e gestão.

O caderno de especificação técnica do Governo do Paraná (2018) estabelece que o BEP deverá ser entregue pelo contratado juntamente com a documentação da etapa de estudo preliminar através de um Sistema de Gestão de Projetos e Obras, em desenvolvimento para submissão eletrônica de documentos. O Governo do Estado do Paraná requisitou também que o BEP

contenha minimamente: usos BIM pretendidos; softwares que serão utilizados, de forma a garantir a interoperabilidade; diagrama de fluxo dos marcos da modelagem; matriz de responsabilidade; procedimentos de gestão, colaboração e comunicação; procedimentos de controle de qualidade; cronograma de reuniões; e os entregáveis em formatos IFC e nativos.

Os procedimentos para controle de qualidade de modelos BIM recebidos de projetistas devem ser realizados anteriormente à integração ao modelo federado e disponibilização como referência para os demais projetistas. Essa verificação envolve aspectos tanto do modelo em si quanto de seus componentes individuais e visa assegurar a consistência das informações e a conformidade dos componentes e seu uso.

Os seguintes aspectos devem ser verificados: objetos com tipologias corretas definidas; objetos duplicados, muito pequenos ou sobrepostos; LOD/ND estabelecido para determinado tipo de componente no marco ou fase correspondente; e objetos em conformidade aos usos pretendidos (CBIC, 2018).

Gurevich *et al.* (2017) conduziram pesquisa ação e estudos de caso em cinco agências públicas do Reino Unido que adotam o BIM para propor um Mapa de Impacto da Adoção, em que relaciona possíveis ações tomadas pelas agências, os resultados intermediários e eventuais impactos sociais no valor entregue aos ocupantes dos empreendimentos e em sua funcionalidade às atividades diárias, permitindo uma análise sistêmica dos pontos fortes, fraquezas e oportunidades na implementação.

A referida pesquisa evidenciou, por exemplo, que o artefato de uma biblioteca de objetos BIM impactaria na implementação da padronização pela organização, gerando efeitos positivos na duração, custo e manutenção, assim como que a elaboração dos guias BIM das agências possui amplo impacto, apoiando na prescrição do conteúdo dos contratos e influenciando no gerenciamento do empreendimento através dos planos de execução. As cinco agências estudadas enfatizaram a importância do valor da informação dos ativos obtida no final de um processo de contratação e construção em BIM, trazendo benefícios para as atividades de operação e manutenção.

Os gestores de empreendimentos públicos são peças chave na adoção das políticas BIM de uma entidade, pois os seus níveis de motivação e de compreensão sobre os novos processos são fundamentais para uma implantação bem-sucedida. Ao participarem da preparação dos contratos, eles influenciarão no trabalho de projetistas e construtores, especificando a forma de em que o BIM será usado nessas fases e, até mesmo, a exigência da elaboração de um BEP específico, o qual pode definir o LOD dos projetos e o modelo de informação do ativo, geralmente baseados no guia BIM da agência. Entretanto, um impacto mais significativo no valor gerado para os usuários de uma edificação ao longo de sua vida útil, exige um maior grau de consciência das agências públicas, clientes e usuários no potencial do BIM em gerar benefícios, a partir do uso das diversas simulações suportadas (GUREVICH *et al.*, 2017).

Gurevich *et al.* (2017) encontraram padrões comuns de comportamentos nas agências públicas em processo de adoção do BIM ao longo do tempo, definindo quatro estágios consecutivos:

- negação ou rejeição: a inércia e a falta de percepção de valor, levam a uma resistência de mudança, necessitando de forte liderança e impulso externo;
- confusão: não há um entendimento comum sobre o nível da implementação, os recursos e orçamentos necessários;
- ação: uma equipe de implantação é nomeada para treinamento dos funcionários e realização de projetos pilotos; e
- aceitação ou tomar posse: há inovação e a compreensão que o BIM melhora o gerenciamento das informações e é um veículo para mudanças nos processos de negócios da organização.

A referida pesquisa identificou que em todas as agências britânicas analisadas, o impulso para adoção do BIM foi fornecido pelo *mandate* nacional com meta obrigatória para o nível 2. Dentre outras similaridades, os gestores ficaram confusos e não perceberam os benefícios a priori, exigindo uma forte liderança para motivar, conscientizar a equipe e os fornecedores e definir os

requisitos necessários da informação. Uma das primeiras medidas tomadas pelas agências foi a nomeação da equipe de implantação para treinar e desenvolver projetos piloto, tendo sido difícil mantê-los nas instituições, a medida em que se tornavam especialistas em BIM. O processo de adoção transformou-se em uma oportunidade para uma reengenharia de processos mais enxutos e a criação de um banco de dados dos ativos.

3.2.3. Fatores críticos para Implantação

Com o aumento da aceitação do BIM em melhorar as práticas tradicionais baseadas em CAD, o interesse da indústria mudou de como aplicá-lo para como adotá-lo de forma satisfatória nas organizações (KHOSROUSHAHI; ARAYICI, 2012). Os Fatores Críticos de Sucesso (FCS), ou *Critical Success Factors*, é um conceito proposto no final da década de 1970 por Rockart (1979), como: um número limitado de áreas em que resultados satisfatórios assegurarão o desempenho competitivo bem-sucedido para uma organização.

Leidecker e Bruno (1984) caracterizaram FCS em: características, condições ou variáveis que, quando sustentadas, mantidas ou gerenciadas adequadamente, podem ter um impacto significativo no sucesso de uma organização em uma determinada indústria. Dessa forma, FCS são importantes em qualquer tipo de gerenciamento e implementação de novas tecnologias, permitindo que a organização concentre seus esforços e recursos em áreas chave, identificando aspectos problemáticos e ações corretivas necessárias. Ainda assim, poucos trabalhos identificaram FCS relacionados à adoção do BIM, especialmente por organizações do setor público, as quais enfrentam fatores específicos a serem gerenciados.

O uso de informações digitais do ativo sob a forma de modelos, dados de desempenho previstos e modelos *as-built* possibilitam aos proprietários e operadores melhorar o desempenho e gerar maior valor aos ocupantes através do monitoramento operacional contínuo, do registro de dados em longo prazo para apoio a tomada de decisões, como a venda ou atualização do ativo, e o conhecimento da análise de dados para decisões sobre futuros empreendimentos (GUREVICH *et al.*, 2017).

Taborda e Cachadinha (2012) investigaram os seguintes aspectos condicionantes da implementação do BIM para contratações públicas:

- político - promover as alterações necessárias na legislação e assegurar a continuidade prática e o cumprimento da decisão de adoção;
- cultural – modo de aplicação ajustado aos hábitos locais vigentes, determinando ritmo de adoção que não seja precipitado, nem lento, para não haver aversões ou perda de assertividade do processo;
- financeiro – acordos com empresas de consultoria e softwares para flexibilização do acesso a pacotes de hardware, licenças, incentivos fiscais para adoção das empresas de menor porte;
- educacional – alteração do sistema de ensino para inclusão do BIM na formação profissional;
- técnico – alteração de normas, estabelecimento de regulamentos para utilização, questões de *copyright*, direito e deveres de propriedade.

A referida investigação apontou como uma estratégia política de adoção estabelecer um valor financeiro mínimo dos empreendimentos, a partir do qual será obrigatória a utilização do BIM, assim como reduções ao longo do tempo nesse valor de referência até que alcancem todas as obras públicas, informando antecipadamente aos agentes envolvidos para que se preparem para as mudanças necessárias e realizem alterações nos seus processos operacionais.

A cultura organizacional é criada e praticada por todos os envolvidos nas organizações, repercutindo no processo de negócios, nas tecnologias usadas e em práticas de trabalho. A disposição organizacional para aceitação do BIM depende da capacidade das pessoas e da compreensão do novo processo, necessitando de suporte da governança para criar o ambiente necessário para o processo de implementação bem-sucedido. A educação, formação e treinamento também são partes importantes, em função das mudanças tecnológicas e nos processos da organização que ocorrem, demandando habilidade das pessoas afetadas (KHOSROSHAHI; ARAYICI, 2012).

O uso do BIM é um facilitador para um melhor engajamento e participação da equipe, já que a maior comunicação e planejamento possibilitados combatem os maiores inibidores do engajamento, a confusão, a complexidade e a falta de comunicação. Por esse motivo, é fundamental que cada membro da equipe entenda os detalhes e os usos do BIM, o que demanda da liderança a criação de planos sobre as ferramentas que serão usadas, os formatos de arquivo aceitáveis e quando os membros da equipe podem esperar receber informações (HARDIN; MCCOOL, 2015).

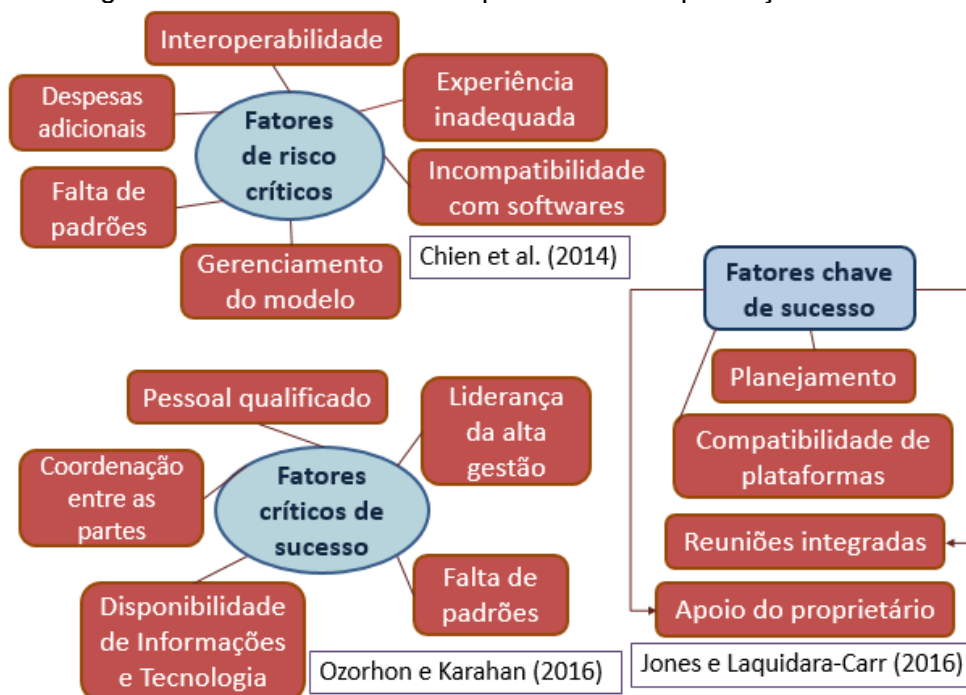
Uma adoção bem-sucedida do BIM deve incorporar estratégias que considerem tecnologias, processos e pessoas. As barreiras identificadas foram:

- relutância em iniciar novos fluxos de trabalho ou treinamento de pessoal;
- custos para implementar;
- benefícios não tangíveis o suficiente para garantir o uso;
- falta de capital para investir em hardware e software; e
- falta de demanda.

Para superar esses desafios, os profissionais precisam de orientação clara, treinamento e suporte técnico (KHOSROWSHAHI; ARAYICI, 2012). Embora os FCS possam ser conceituados como o inverso de barreiras, ou seja, que o sucesso ocorre quando uma organização supera esses fatores, um número limitado de publicações traz FCS em relação à adoção do BIM.

Dentre esses estudos voltados à identificação de fatores considerados relevantes para o sucesso da implantação, alguns conceituaram como fatores críticos de sucesso (WON *et al.*, 2013, OZORHON; KARAHAN, 2016), entretanto, outros autores utilizaram diferentes nomenclaturas, como: fatores de risco críticos (CHIEN *et al.*, 2014); e fatores chave de sucesso (JONES; LAQUIDARA-CARR, 2016), conforme exemplificado na Figura 14 com alguns dos fatores identificados nessas pesquisas.

Figura 14 – Fatores críticos ao processo de implantação do BIM



Fonte: O Autor

Dentre os fatores chave de sucesso investigados por Jones e Laquidara-Carr (2016) que contribuem para impactos positivos em implementações, a partir da perspectiva de profissionais de sete empreendimentos, o apoio dado pelo proprietário, considerado relevante, ainda é pouco presente, necessitando de envolvimento, desenvolvimento de padrões e diretrizes para incorporação de processos baseados em modelos como práticas nas formas de entregas dos empreendimentos (JONES; LAQUIDARA-CARR, 2016).

Won *et al.* (2013) diferenciaram os fatores em três níveis crescentes de importância: fatores de consideração, fatores críticos e fatores críticos de sucesso, sendo esses últimos, os que possuem maior prioridade de gerenciamento. A identificação foi baseada na revisão da literatura e através de questionários respondidos por 52 especialistas de diversos países.

Os dez principais FCS identificados na referida pesquisa foram: disposição de compartilhar informações entre os participantes; gestor do modelo principal; colaboração efetiva; estrutura organizacional para suporte; investimento contínuo; liderança da alta gestão; protocolos de compartilhamento de informações; programas de treinamento; suporte técnico para questões de

interoperabilidade; e procedimentos de trabalho padronizados (WON *et al.*, 2013).

Antwi-Afari *et al.* (2018) conduziram uma revisão da literatura com estudos publicados entre 2005 e 2015 sobre FCS para implementação bem-sucedida do BIM e identificaram um conjunto comum de cinco FCS relevantes: colaboração entre *stakeholders*; visualização 3D antecipada do projeto; coordenação e planejamento na construção; intercâmbio aprimorado de informações e gerenciamento do conhecimento; e melhora do planejamento do canteiro de obras.

Todavia, esses FCS não eram direcionados para adoção do BIM em organizações públicas. Nesse mesmo estudo, foi recomendado o uso de métodos pelos pesquisadores e profissionais de países desenvolvidos e em desenvolvimento para melhor entendimento das principais abordagens a serem consideradas para implantação do BIM, de acordo com suas situações.

Como foi visto, embora algumas pesquisas tenham identificado fatores de risco e fatores críticos de sucesso relacionados à adoção do BIM, não foram encontrados estudos que tenha proposto e avaliado FCS da implantação por organizações do setor público, as quais enfrentam muitos dos fatores citados, assim como outros adaptados às suas particularidades.

3.2.4. Avaliação de Desempenho da Implantação

Succar *et al.* (2012) propuseram cinco métricas de avaliação de desempenho da implantação do BIM em termos de: estágios de capacidade; níveis de maturidade; conjuntos de competências; escala organizacional; e níveis de granularidade.

A capacidade BIM é definida como a capacidade básica de executar uma tarefa ou entregar um serviço ou produto. Os estágios de capacidade BIM definem requisitos mínimos para os principais marcos a serem alcançados por equipes ou organizações, como podem ser vistos na Figura 15. Três estágios separam o chamado "Pré-BIM", um ponto inicial fixo que representa o progresso da indústria antes da implantação, e o intitulado "Pós-BIM", ponto final variável,

em constante evolução, para empregar ferramentas e conceitos virtualmente integrados de projeto, construção e operação, ultrapassado os estágios anteriores. Esses três estágios são conceituados como:

- Modelagem baseada em objetos: uso do BIM em pelo menos uma única disciplina em uma fase do ciclo de vida do empreendimento;
- Colaboração baseada em modelos: uso multidisciplinar do BIM com o intercâmbio acelerado de modelos entre os envolvidos;
- Integração baseada em redes: intercâmbio interdisciplinar simultâneo de modelos nD ao longo das fases do ciclo de vida de um empreendimento.

Os níveis de maturidade referem-se à qualidade, repetitividade e grau de excelência dentro de uma capacidade BIM. Embora a capacidade denote uma habilidade mínima, a maturidade denota a extensão dessa capacidade na realização de uma tarefa ou entrega de um serviço ou produto BIM. Succar *et al.* (2012) propuseram cinco níveis crescentes de maturidade: inicial/*ad hoc*, definido, gerenciado, integrado e otimizado.

Figura 15 – Estágios de Capacidade BIM



Fonte: BIME *Initiative* traduzido de Succar *et al.* (2012)

Um conjunto de competências BIM é uma coleção hierárquica de competências individuais identificadas para fins de implementação e avaliação do BIM. Neste contexto, o termo competência reflete um conjunto genérico de habilidades adequadas para a implementação, bem como para avaliação da capacidade ou maturidade. As competências BIM são um reflexo direto dos requisitos e entregáveis e podem ser agrupadas em três conjuntos, de acordo com Succar *et al.* (2012):

- tecnologia: software, hardware e dados/redes;
- processo: recursos, atividades/fluxos de trabalho, produtos/serviços e liderança/gestão;
- política: indicadores/controles, contratos/acordos e orientação/supervisão.

Para permitir que as avaliações de desempenho da implementação do BIM respeitem a diversidade de mercados, disciplinas e tamanho das organizações, Succar *et al.* (2012) desenvolveram a métrica da escala organizacional, que pode ser dividida nos níveis: macro (mercado, submercado, indústria, setor, disciplina ou especialidade); meso (times do empreendimento); e micro (organização, unidade, grupo ou membro organizacional).

Succar *et al.* (2012) propuseram os níveis de granularidade como um filtro de quatro níveis para aprimorar as avaliações de capacidade e maturidade do BIM, além de aumentar a flexibilidade. A progressão dos níveis de granularidade mais baixos para os mais altos indica um aumento na amplitude da avaliação, nos detalhes da pontuação, na formalidade e na especialização do avaliador. Essa variabilidade permite a preparação de várias ferramentas de medição de desempenho, desde avaliações de baixo detalhamento, informais e auto administradas até avaliações detalhadas, formais e conduzidas por especialistas.

Dentre os estudos que têm sido desenvolvidos nos últimos anos propondo modelos de avaliação da maturidade e estruturas para adoção do BIM, Liang *et al.* (2016) desenvolveram um modelo de maturidade multifuncional, considerando as diferenças entre as unidades de análise: empreendimento único, empresa e a indústria da construção. Além disso, o modelo é composto de três domínios de maturidade: tecnologia com um conjunto de técnicas, habilidades, softwares e hardwares; processo como a geração e utilização de dados para projeto, construção e operação; e protocolo como uma série de documentos contratuais, incluindo requisitos, questões de coordenação e conflito, propriedade e gerenciamento dos modelos.

Outros métodos de avaliação foram propostos por Succar e Kassem (2015), que desenvolveram modelos, matrizes e gráficos para avaliação sistemática da macro adoção do BIM nos mercados mundiais nos seguintes aspectos: áreas de difusão; componentes de maturidade; dinâmicas de difusão; ações políticas; e responsabilidades de difusão, visando também o desenvolvimento estruturado de políticas de adoção específicas pelos países.

Como continuidade, Kassem e Succar (2017) esclareceram como os cinco modelos foram validados através de uma investigação com especialistas de 21 países. Os resultados indicaram: taxas variáveis de difusão do BIM; níveis variáveis de maturidade, com a maioria dos componentes abaixo do nível médio; dinâmicas de difusão variáveis entre os países; ações políticas variadas com a predominância da abordagem política passiva; e distribuição variável das responsabilidades de difusão entre grupos de jogadores, sem padrão dominante.

O modelo de avaliação das ações políticas de implementação foi desenvolvido com três atividades (comunicar, engajar e monitorar) e abordagens (passiva, ativa e assertiva), estando os países analisados em padrões: totalmente passivos; predominantemente passivos; ou predominantemente ativos. Ao comparar o envolvimento dos responsáveis por aspectos de tecnologia, processos e política, com exceção dos desenvolvedores de tecnologia, nenhum outro vem desempenhando papel significativo nos mercados pesquisados, sendo também relevante entender a relação entre os papéis praticados pelos diferentes envolvidos e a influência nas ações políticas e na dinâmica de difusão do BIM (KASSEM; SUCCAR, 2017).

Won e Lee (2016) desenvolveram um método orientado por objetivos para uma avaliação sustentável do sucesso de empreendimentos que utilizam o BIM. O modelo de avaliação (SLAM BIM) considera que o sucesso não pode ser avaliado sem a identificação das metas, sendo essa a primeira de cinco etapas, seguida pela definição: dos usos, indicadores de desempenho chave mensuráveis, coletáveis e comparáveis, unidades de medida e os processos e formulários para coleta dos dados.

Alguns dos indicadores de desempenho selecionados em dois estudos de caso para avaliação do SLAM BIM foram: a diferença entre o custo real e o custo

planejado sobre o custo adicional para implementar o BIM; número de erros e omissões detectadas em campo; conformidade com o cronograma.

Em contrapartida, o número de ordens de mudanças, o número de retrabalhos, a percentagem de atividades concluídas sem atraso no cronograma e a taxa de inspeções iniciais aprovadas, foram selecionados, mas não foram utilizados em alguns casos devido a dificuldades na coleta dos dados, bem como pela falta de dados comparáveis com empreendimentos anteriores que usaram métodos tradicionais (WON; LEE; 2016).

Essas pesquisas revelam a importância, não apenas da identificação dos requisitos e fatores críticos a serem considerados em implantações do BIM, mas também da avaliação do processo de adoção, por meio de indicadores chave que permitam o monitoramento e a retroalimentação.

4 MÉTODO

Neste capítulo será apresentado o método utilizado no desenvolvimento da pesquisa. A estratégia de pesquisa será inicialmente descrita para, em seguida, trazer o delineamento e as etapas planejadas, visando o atingimento dos objetivos do trabalho.

4.1. ESTRATÉGIA DE PESQUISA

O método da pesquisa é baseado no *Design Science Research* (DSR) ou também chamada Pesquisa Construtiva (*Constructive Research*), que envolve a ação do pesquisador em um determinado cenário, compreendendo uma questão, concebendo e validando uma possível solução (HEVNER *et al.*, 2004). Para Van Akel (2004), a natureza de uma teoria é fortemente influenciada pelo paradigma que foi utilizado para desenvolvê-la. O paradigma de pesquisa envolve a combinação das questões de pesquisa formuladas, as metodologias permitidas para respondê-las e a natureza dos produtos de pesquisa obtidos. Dessa forma, inspirado pelo trabalho “As Ciências do Artificial” de Simon (1969), o autor diferencia as ciências formais, como a filosofia e a matemática, das ciências explicativas, a exemplo das ciências naturais, e das ciências de *design*, ou ciências de projeto, formadas pela engenharia, medicina, psicoterapia moderna e a área de gestão.

Enquanto Van Akel (2004) considera: as ciências formais como empiricamente vazias, visando construir sistemas de proposições testadas pela consistência lógica interna; e as ciências explicativas com a missão de descrever, explicar e prever fenômenos observáveis em campo, gerando modelos causais expressos, preferencialmente, em termos quantitativos; define a missão das ciências de *design* como o desenvolvimento de conhecimento válido e confiável para projetar e construir artefatos que resolvam problemas de construção ou problemas de melhoria, quando utilizados na melhoria do desempenho de entidades existentes, ocupando o meio termo entre a teoria descritiva e a aplicação real.

No entanto, os métodos tradicionais de construção de conhecimento comumente aplicados no campo da gestão têm enfrentado críticas extensivas

pela atenção excessiva dada às teorias descritivas, dificultando o desenvolvimento de estudos que ampliem essa perspectiva. Dessa forma, espera-se que a investigação no domínio da gestão possa não só explorar, descrever e explicar um determinado fenômeno, mas também estudar o *DSR* e a criação de artefatos (DRESCH *et al.*, 2015).

Lukka (2003) utiliza a denominação pesquisa construtiva como um procedimento para a produção de artefatos destinados a resolver problemas reais, contribuindo também para o desenvolvimento teórico no contexto da área de aplicação. A resolução de entraves gerenciais, por meio do desenvolvimento de planos, modelos, diagramas e estruturas podem ser consideradas parte da abordagem de pesquisa construtiva, quando é precedida pela obtenção de informações conectadas a realidade. As características fundamentais desta abordagem são: foco em uma questão real, relevante e passível de ser resolvida na prática; construção de um artefato inovador que possa contribuir para a solução; execução de testes de implementação da solução desenvolvida; colaboração entre pesquisadores e profissionais em uma aprendizagem empírica; obtenção de conhecimento teórico prévio; reflexão sobre os resultados em termos de contribuição, em relação ao conhecimento teórico existente.

Com relação ao desenvolvimento do conhecimento em geral, a pesquisa construtiva para Lukka (2003) é adequada para reduzir a distância entre a prática e a pesquisa acadêmica. Essa lacuna é algo que não foi considerado um problema por um período longo em vários campos de estudos, no entanto, parece haver uma preocupação crescente sobre a sua existência e nas implicações negativas. Em pesquisas construtivas, a interação entre profissionais e acadêmicos, e o intercâmbio de conhecimento e ideias, é uma parte natural do processo de pesquisa.

DSR pode, em princípio, usar todos os métodos conhecidos para coleta e análise de dados, porém, as estratégias de pesquisa tendem a ser baseadas em casos, colaborativas e intervencionistas. Estratégias colaborativas aprofundam a compreensão do problema e das alternativas de intervenção, enquanto que as intervencionistas facilitam o entendimento da dinâmica e nos testes dos vários conceitos de solução (VAN AKEN; ROMME; 2009).

March e Smith (1995) detalharam os quatro tipos de produtos da ciência do design: constructos, modelos, métodos e implementações. Os constructos, como na ciência natural, são advindos da necessidade de uma linguagem básica de conceitos para caracterizar os fenômenos, formando o vocabulário de um domínio. Um conjunto de preposições ou declarações expressando relações entre constructos, usado para descrever tarefas, situações ou artefatos, constituem os modelos. Os métodos são conjuntos de etapas, um algoritmo ou diretriz, usados para realizar atividades dirigidas a objetivos, migrando de um modelo ou representação para outro ao resolver o problema. Finalmente, essas construções podem ser instanciadas em produtos específicos, as instanciações são implementações físicas de um artefato, destinadas a executar determinadas tarefas em seu ambiente, operacionalizando constructos, modelos e métodos.

A trajetória do desenvolvimento do conhecimento no contexto de DSR é orientada pela utilização das classes de problemas, as quais permitem que o conhecimento gerado, a partir do problema real e dos artefatos construídos como solução satisfatória para um contexto específico, quando generalizado, possa ser classificado para aplicação por outros pesquisadores ou organizações que tenham problemas semelhantes. Assim, a classe de problemas é a organização de um conjunto de problemas, práticos ou teóricos, que contenham artefatos úteis para a ação nas organizações. Essa definição oferece ainda a possibilidade de formalizar artefatos presentes na prática de uma determinada organização, que possam ser avaliados em outros ambientes, através do uso de métodos de pesquisa tradicionais, como o estudo de caso, a pesquisa ação, a modelagem e o levantamento (DRESCH *et al.*, 2015).

A adoção dessa abordagem nesta pesquisa é justificada em função da questão de pesquisa ser uma dificuldade real enfrentada pelas organizações do setor público, relevante e passível de ser resolvida na prática, a partir da identificação e avaliação dos FCS para implantação do BIM. Ademais, o problema enquadra-se na classe de problemas do método DSR.

O método de pesquisa adotado envolve as etapas de conscientização, sugestão, desenvolvimento, avaliação e conclusão, conforme propõe o ciclo de resolução de problemas de Van Aken *et al.* (2012).

Com a identificação de um problema teórico ou prático, é necessário tornar-se consciente dos seus impactos em uma organização. Além disso, é necessário identificar os objetivos e requisitos necessários para considerar o problema resolvido de forma satisfatória. Este procedimento consiste na "conscientização" e consideração do problema. A partir desta consciência, é necessário realizar uma revisão da literatura, visando estabelecer o conjunto de soluções empíricas conhecidas, bem como as teorias que podem apoiar uma melhor compreensão do problema (DRESCH *et al.*, 2015).

Uma vez que os artefatos existentes são identificados, as classes de problemas são estruturadas e as soluções satisfatórias são formalizadas, o pesquisador deve iniciar a fase de sugestão, em que ocorre a proposição de artefatos para resolver um problema específico. O pesquisador deve propor os artefatos, considerando a realidade, o contexto de desempenho e viabilidade, dentre outras coisas, visando possíveis soluções para modificar e melhorar essa situação. Como o processo de proposição de artefatos é essencialmente criativo, o raciocínio abduutivo é adequado, junto com o uso de conhecimentos prévios (DRESCH *et al.*, 2015).

Na fase de desenvolvimento, um artefato deve ser selecionado entre o conjunto proposto, e deve ser projetado, considerando as suas características internas de funcionamento, seus limites e sua relação com o contexto externo de operação. É importante no desenvolvimento do artefato selecionado, que o pesquisador descreva todos os procedimentos que serão utilizados, não só para a construção, mas também para a avaliação, definindo o desempenho, os resultados esperados e garantindo o rigor da pesquisa, quanto à replicação e confirmação por outros pesquisadores (DRESCH *et al.*, 2015).

Na etapa de avaliação, o pesquisador observa e mede o comportamento do artefato em direção a uma solução satisfatória do problema, podendo ser realizada em um ambiente experimental ou em um cenário real. Como resultado da etapa de avaliação, inclui: o artefato devidamente avaliado e a formalização da heurística de contingência, indicando os limites e as condições de uso, ou seja, a relação do artefato com o ambiente externo (DRESCH *et al.*, 2015).

A avaliação de pesquisas de construção de artefatos deve levar em consideração métricas de desempenho relacionadas ao valor ou utilidade para uma tarefa importante de uma comunidade de usuários. Ao avaliar o desempenho de um artefato, é importante também determinar por que e como o artefato funcionou ou não dentro de seu ambiente, teorizando e justificando para explicar as características do artefato e sua interação com o meio ambiente que resultaram no desempenho observado. Isso requer uma compreensão das leis naturais que regem o artefato e que governam o meio ambiente. Observa-se que o objetivo é determinar "quão bem" funciona um artefato, não provar como ou por que ele funciona (MARCH; SMITH, 1995).

Na última etapa, é formalizada a conclusão, objetivando mostrar os resultados da pesquisa e as decisões tomadas durante a realização, indicando as limitações que podem levar a futuros estudos. É possível que após a reflexão sobre a aprendizagem alcançada e as conclusões obtidas, o pesquisador tenha novos conhecimentos e novos problemas que devem ser estudados, reiniciando a pesquisa científica de design. É importante também que o artefato desenvolvido, mesmo que para uma situação particular, seja generalizado para uma classe de problemas (DRESCH *et al.*, 2015).

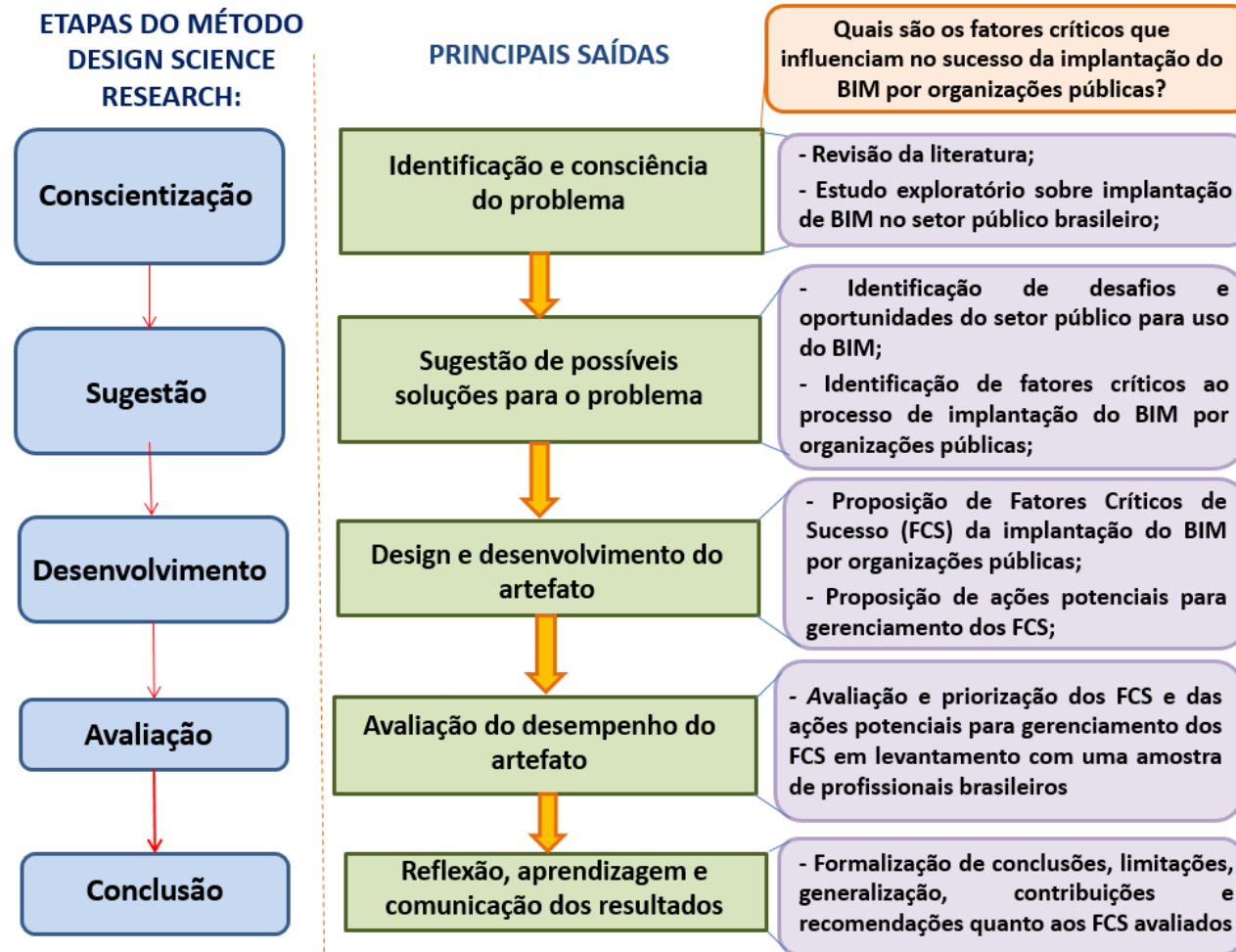
4.2. DELINEAMENTO E ETAPAS DA PESQUISA

O delineamento da pesquisa pode ser visualizado na Figura 16 com as etapas do método, as ações previstas e as principais saídas esperadas.

4.2.1. Conscientização

A fase inicial de conscientização consistiu na identificação do problema e na realização de uma revisão da literatura sobre o setor público na indústria AECO, envolvendo as particularidades de cada etapa do ciclo de vida dos empreendimentos e o processo de adoção de inovações tecnológicas, assim como a respeito das definições e conceitos do BIM, os seus usos e aplicações, a implantação pelo setor público, os fatores críticos que estão envolvidos, o processo de planejamento, os planos de execução da implantação e as formas para avaliação de maturidade existentes na literatura.

Figura 16 – Delineamento das etapas de pesquisa



Fonte: O Autor

Concomitantemente, um estudo exploratório foi realizado para analisar os aspectos mais relevantes que influenciam na adoção do BIM para consequente identificação dos desafios e oportunidades relacionados às organizações públicas, através do desenvolvimento e aplicação de questionário em entrevistas semiestruturadas com profissionais responsáveis por três projetos pioneiros de implantação no setor público brasileiro, em visitas técnicas para observação direta e coleta de documentos e evidências, conforme publicado em Brito, Ferreira e Costa (2017).

O questionário para realização das entrevistas abrangeu vinte e duas questões agrupadas em seis áreas, baseado na revisão da literatura e experiência dos pesquisadores, conforme Quadro 2.

Quadro 2 – Questões do estudo exploratório

Área	Questões da Pesquisa
COLABORAÇÃO E FLUXOS DE TRABALHO	Relações de trabalho e fluxos da informação
	Relações contratuais e compartilhamento de riscos
	Interoperabilidade
ESTRATÉGIAS DE IMPLANTAÇÃO	Plano de Execução e nível de maturidade
	Emprego de mecanismos para obrigatoriedade
	Desenvolvimento de GT, laboratórios e projetos piloto
	Bibliotecas virtuais públicas
NORMATIZAÇÃO	Legislação brasileira para contratação de projetos e obras
	Tipologia de contratação pública adequada
	Nível de desenvolvimento do projeto adequado para contratação
	Normas técnicas suficientes para suporte da implementação
PROCESSO DE MODELAGEM	Escopo dos manuais regulamentadores
	Estruturação de modelos BIM
	Padrões de nomenclatura e representação gráfica
	Direitos de propriedade e <i>copyright</i>
CONTROLE DE QUALIDADE	Critérios utilizados para avaliação e validação dos modelos
	Modulação para padronização e racionalização
ASPECTOS GOVERNAMENTAIS	Papéis a serem assumidos pelo Setor Público
	Etapa do ciclo de vida com maior potencial indutor
	Dificuldades durante a implantação
	Sistema de monitoramento com indicadores de desempenho
	Impacto das mudanças políticas na continuidade

Fonte: Douglas, Ferreira e Costa (2017)

Três entidades públicas de estados brasileiros diferentes foram analisadas, envolvendo duas secretarias estaduais da administração direta (intituladas Entidades Públicas A e C) e uma empresa pública estadual da área de transportes (Entidade Pública B). As entrevistas foram realizadas com um profissional responsável por cada uma das organizações em visitas técnicas realizadas em 2016.

4.2.2. Sugestão

A partir do estudo exploratório e da revisão da literatura realizados na etapa de Conscientização foram identificados os principais desafios e oportunidades vivenciados pelo setor público para utilização do BIM e adoção em seus processos. Para isso, após a realização das entrevistas, as respostas dos questionários foram analisadas considerando os resultados verificados por outras pesquisas na revisão bibliográfica, assim como as particularidades das implementações observadas diretamente nas visitas técnicas e na análise dos documentos públicos disponibilizados pelas instituições.

Ainda durante a etapa de sugestão foram identificados fatores críticos ao processo de implantação do BIM, considerados importantes para um resultado bem-sucedido na adoção por organizações públicas, a partir de uma ampla revisão da literatura internacional e dos fatores relevantes identificados no estudo exploratório realizado no Brasil.

4.2.3. Desenvolvimento

Após a identificação dos fatores críticos considerados relevantes pela literatura na etapa de sugestão, adotou-se o conceito de Fatores Críticos de Sucesso (FCS) para a proposição de dezesseis FCS relacionados à implantação do BIM por organizações públicas. A utilização desse conceito de FCS é baseada na ideia de que é possível assegurar um desempenho bem sucedido de uma organização, a partir do gerenciamento adequado de áreas chave que possuem impactos significativos nos objetivos esperados, conforme propõem Rockart (1979) e Leidecker e Bruno (1984) e utilizado em estudos recentes (WON *et al.*, 2013; CHIEN *et al.*, 2014; OZORHON; KARAHAN, 2016; JONES;

LAQUIDARA-CARR, 2016; ANTWI-AFARI *et al.*, 2018) sobre implementações do BIM, mas que não são direcionados para as especificidades de organizações públicas.

Cada FCS proposto possui uma definição objetiva, as fontes de evidência trazidas na literatura e foram classificados, de acordo com as perspectivas BIM, propostas na estrutura de implementação desenvolvida por Jung e Joo (2011), em que existem três níveis de análise: indústria, organização e empreendimento, para uma melhor compreensão e análise. Considerou-se como o nível da indústria o setor de Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO), como organização cada órgão público que pretenda implantar o BIM e no nível do empreendimento, cada um dos empreendimentos sob responsabilidade da organização pública em processo de adoção do BIM.

Em seguida, foram propostas ações potenciais que podem ser tomadas pelos *stakeholders* de cada um dos níveis de análise, visando um gerenciamento dos FCS propostos. Essas ações são baseadas no estudo exploratório e na revisão da literatura, especialmente as publicações nacionais e internacionais, a exemplo dos guias, protocolos e *mandates* sobre adoção do BIM, tendo sido agrupadas e divididas de acordo com cada FCS e o respectivo nível de análise.

4.2.4. Avaliação

Na etapa de Avaliação os FCS propostos na etapa de Desenvolvimento foram priorizados e avaliados por meio de um levantamento, a partir do desenvolvimento e envio de questionários digitais (Apêndice) elaborados no *Google Docs*, por e-mail, para uma amostra de profissionais brasileiros envolvidos com o uso do BIM em organizações públicas, dentre gestores públicos, acadêmicos e especialistas na temática.

As questões que foram aplicadas no levantamento foram previamente avaliadas entre o período de 12/04 a 26/04/2018 através de um questionário piloto, analisado por dois especialistas em implantação do BIM, sendo um pertencente à uma organização pública brasileira considerada pioneira na adoção e outro que atua como consultor e na academia com pesquisa e ensino.

Dentre os comentários dos especialistas, foi sugerido uma adaptação na estrutura do questionário para que a priorização dos FCS ocorresse antes da avaliação das ações potenciais. Quanto à avaliação dos FCS, os especialistas recomendaram o uso de uma Escala Likert com cinco pontos, como foi adotado, ou através de uma sequência de priorização de 1 a 16. Outras observações envolveram adaptações nas nomenclaturas utilizadas para formação profissional e nas áreas de atuação no Setor AECO.

A priorização dos FCS ocorreu através da avaliação pelos praticantes do grau de importância no sucesso de implantação do BIM em uma organização pública, atribuído a cada um dos fatores, utilizando uma Escala Likert com cinco níveis (1 – Muito Baixo; 2 – Baixo; 3 – Médio; 4 – Alto; 5 – Muito Alto), conforme adotado em outros estudos (ANTWI-AFARI *et al.*, 2018; CHIEN *et al.*, 2014; JONES; LAQUIDARA-CARR, 2016; OZORHON; KARAHAN, 2016). A escolha do constructo grau de importância para avaliar os FCS se baseou na necessidade de saber o que era considerado de maior relevância em influenciar no processo de implantação, bem como avaliar o artefato através de uma métrica quanto ao seu valor, conforme propõem March e Smith (1995).

Considerando que os dezesseis FCS identificados já haviam sido selecionados, tendo como base outros trabalhos que avaliaram os graus de importância, o método utilizado para seleção dos FCS priorizados adotou como limite mínimo o grau de importância médio de todos os FCS, estabelecendo como prioritários aqueles avaliados com média amostral no levantamento igual ou superior ao limite. Esse método já havia sido utilizado na avaliação dos FCS propostos por Won *et al.* (2013).

O questionário foi estruturado em três seções, sendo a primeira composta por informações sobre o perfil dos profissionais (nome, faixa de idade, sexo, estado onde tem principal atuação profissional, formação, grau de escolaridade atual, áreas de atuação na indústria AECO, tempo de experiência pessoal com BIM). A segunda seção envolvia a avaliação dos FCS identificados e de algumas ações potenciais relacionadas ao seu gerenciamento e a terceira seção era formada por informações sobre a implantação do BIM pela organização em que o participante possui vínculo, caso fosse aplicável, como: a esfera

governamental da organização; tempo de adoção; avaliação do estágio de adoção, baseado em Succar *et al.* (2012); forma interna de indução; etapas e atividades de uso do BIM pela organização e seus empreendimentos, baseado na classificação da *Pennsylvania State University* (2011); e os principais benefícios e barreiras encontradas.

Dentre as ações potenciais propostas que foram avaliadas no levantamento, em termos de seu valor e utilidade, destacam-se: papéis e mecanismos prioritários a serem assumidos pelo setor público para disseminação da adoção; formas de contratação pública para empreendimentos com maiores potenciais de maximização dos benefícios do BIM; itens obrigatórios em um *mandate* de uma organização pública; formatos de arquivo interoperáveis a serem requisitados pelas organizações; desenvolvimento de bibliotecas virtuais de objetos pelos órgãos. Também foram avaliados os graus de importância, utilizando a mesma Escala Likert adotada nos FCS, para: os requisitos de qualificação técnica em contratações BIM; os métodos e ferramentas de verificação da qualidade dos modelos; os fatores geradores de custo benefício favoráveis ao desenvolvimento de bibliotecas de componentes BIM.

O questionário teve a sua consistência interna avaliada por meio do coeficiente alfa de Cronbach, utilizando as questões que adotaram a Escala Likert para avaliar os FCS, similarmente a outros estudos (WON *et al.*, 2013; CHIEN *et al.*, 2014;), o qual pode variar entre zero e um, sendo aceitável na literatura com valores acima de 0,70. A pesquisa também utilizou as seguintes técnicas estatísticas: teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov; cálculo do coeficiente de correlação de Spearman, entre os itens do questionário com relação ao grau de importância; determinação da média e desvio padrão para cada questão avaliada pela Escala Likert; bem como os percentuais de respostas para cada alternativa de todas as questões, para a amostra geral e subgrupos amostrais.

A divisão dos subgrupos ocorreu de acordo com especificidades, tais como: profissionais vinculados a instituições públicas que adotam o BIM; especialistas e acadêmicos no tema; formação e área de atuação profissional;

tempo de experiência pessoal com BIM; dentre outros que possam evidenciar diferenças relevantes na avaliação.

4.2.5. Conclusão

A última etapa de Conclusão da pesquisa abrange a explicitação das contribuições teóricas e práticas do trabalho, em relação a esses aspectos e as etapas projetadas, formalizando os FCS priorizados e as ações potenciais para implantação do BIM por organizações públicas.

A partir da formalização das limitações e generalização do artefato proposto, o conhecimento gerado pode ser orientado para utilização em uma classe de problemas, relacionada à implantação do BIM em organizações públicas, permitindo que a contribuição, a partir do problema real e do artefato, possa ser aplicado por outros pesquisadores ou organizações que tenham problemas semelhantes.

As contribuições teóricas e práticas resultantes do objetivo geral deste trabalho também são explicitadas nesta etapa do método, assim como as recomendações e sugestões aos trabalhos futuros.

5 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos são detalhados e discutidos neste capítulo, abrangendo o estudo exploratório, a proposição, o desenvolvimento e a avaliação do artefato.

5.1. ESTUDO EXPLORATÓRIO NO SETOR PÚBLICO BRASILEIRO

O estudo exploratório buscou analisar os aspectos mais relevantes que influenciam na adoção do BIM e a identificação de desafios e oportunidades vivenciadas pelas organizações públicas. As três entidades que tiveram profissionais entrevistados estavam entre as poucas do setor público brasileiro, em processo de adoção formal do BIM.

As Entidades A e C pertencem a órgãos da administração direta de diferentes estados com amplo escopo e tipologias de empreendimentos do setor AECO sob sua responsabilidade, já a Entidade B é uma empresa pública estadual da área de transportes, responsável por projetos complexos de uma mesma tipologia. As questões pesquisadas foram divididas em seis áreas para facilitar a análise dos resultados, conforme relatado a seguir.

5.1.1. Colaboração e Fluxos de Trabalho

As entidades públicas consideram que o BIM provoca uma inversão no fluxo de informações tradicional, demandando investimentos em recursos humanos, lembrado pelas Entidade A e B, juntamente com a necessidade de uma base de informações estruturada para suportar as mudanças também nas relações de trabalho.

Sobre as alterações nas relações contratuais e no compartilhamento de riscos, para a Entidade B é preciso de integração entre todos os níveis em substituição a visão compartimentalizada. Essas alterações devem ser explicitadas nos manuais orientadores e em revisões dos termos de referência para contratações, segundo a Entidade C.

Outra questão, conforme Quadro 3, envolveu o uso do formato IFC como padrão aberto para interoperabilidade de informações. As Entidades A e C

concordam com a adoção do chamado *open* BIM, com os entregáveis nos formatos IFC e, possivelmente, do software utilizado pelo contratado, para garantir a livre concorrência e a promoção de ambientes colaborativos. Para a Entidade B, o IFC ainda se mostra imperfeito em sistemas complexos, levando ao uso dos formatos nativos apenas dos softwares desenvolvedores dos projetos em adoção pela instituição.

Quadro 3 – Questões sobre Colaboração e Fluxos de Trabalho

Área	Questão	Entidade Pública A	Entidade Pública B	Entidade Pública C
COLABORAÇÃO E FLUXOS DE TRABALHO	Relações de trabalho e fluxos da informação	Necessário ter perfil de pessoas adequado e base de informações estruturada	Há inversão no fluxo de informações tradicional, sendo necessário investir nas pessoas e na transferência do conhecimento	Necessidade de maior colaboração e integração entre os entes públicos envolvidos
	Relações contratuais e compartilhamento de riscos	BIM minimiza riscos do projeto para as partes devido a maior clareza na explicitação dos objetivos, tornando os contratos mais seguros	Necessário deixar a visão compartimentalizada dos setores para integração entre todos os níveis	Importância da criação de manuais orientadores para cada etapa, bem como revisão dos termos de referência para contratações
	Interoperabilidade	Garantia da livre concorrência, não interferência do Estado na criação de reservas de mercado entre fornecedores, criação de ambiente colaborativo com produtos finais mais eficientes	Utilização dos formatos nativos dos softwares, pois o IFC ainda se mostra imperfeito em sistemas complexos, como o de empreendimentos metroviários	Adoção do <i>open</i> BIM para interoperabilidade com entregas nos formatos IFC e proprietário. Importância da existência de licenças flexíveis para softwares no mercado

Fonte: O Autor

Essas discrepâncias de interpretações sobre interoperabilidade têm sido questionadas, com pedidos de impugnações em licitações, sob a alegação de restrição da competitividade e isonomia. Alguns contratantes consideram que existem necessidades não supridas pelo IFC e que a aceitação de formatos de

diversos softwares exigiria proporcional aumento de esforços e custos na criação de *templates*, manuais de utilização e capacitação de equipes, contrariando os princípios da padronização, da compatibilidade de especificações técnicas e da economicidade da legislação licitatória. O Tribunal de Contas da União (TCU, 2013) em representação sobre possíveis irregularidades em licitações considerou não haver restrição ou direcionamento na exigência das entregas nos formatos nativos dos softwares utilizados pelo contratante, o que vem criando jurisprudência no setor público brasileiro.

5.1.2. Estratégias de Implantação

Cada uma das entidades está adotando algumas estratégias durante a implantação, a exemplo da Entidade B que estabeleceu uma adoção sequencial ao longo do ciclo de vida (projeto, construção e uso) dos empreendimentos, com objetivo final na fase de operação e manutenção (*facilities*). A Entidade C especificou um conjunto de ações que está realizando para apoio da implantação, envolvendo parcerias com outros órgãos públicos, entidades de classe e universidades, conforme detalhado no Quadro 4.

Outros tipos de estratégias que poderiam ser utilizadas seriam os mecanismos para obrigatoriedade. Mesmo com a Entidade C tendo incluído o BIM no plano de metas governamental e a Entidade B contratado projetos piloto para sinalizar as mudanças, as organizações não demonstraram, até então, que pretendam utilizar mecanismos mais incisivos, como o estabelecimento de valores financeiros mínimos referenciais para obrigatoriedade em novos empreendimentos, realizados em alguns países europeus citados no estudo de Tabora e Cachadinha (2012).

A respeito da importância dos grupos de trabalho (GT), laboratórios multidisciplinares e projetos piloto, as Entidades A e C adotam essas estratégias para qualificação da equipe, refinamento de decisões táticas, definição de critérios técnicos para contratação e avaliação da aplicabilidade. A Entidade B não oficializou a criação do GT e laboratório, mas disponibiliza profissionais de áreas-chaves para os testes, interação entre os setores e acompanhamento dos pilotos em andamento com projetos mais simples.

Quadro 4 – Questões sobre Estratégias de Implantação

Área	Questão	Entidade Pública A	Entidade Pública B	Entidade Pública C
ESTRATÉGIAS DE IMPLANTAÇÃO	Plano de Execução e nível de maturidade	Experiência favorável com prazo de implantação maior para testes de aderência da tecnologia e as formas de requisitar o BIM	Adoção sequencial nas fases do ciclo de vida (projeto, construção e uso) com objetivo final para gestão da operação e manutenção (<i>facilities</i>)	Fomento ao aprendizado coletivo; Promoção de parcerias e convênios; Acultramento interno; Ampliação da rede BIM na esfera pública; Diálogo técnico com a cadeia, entidades de classe e academia; Apoio e monitoramento;
	Emprego de mecanismos para obrigatoriedade	Estratégias assertivas no âmbito político viabilizam a transformação de toda a cadeia (indústria, setor público, academia, desenvolvedores)	Contratação de projetos pilotos exigindo BIM e preparação para requerer na construção, sinalizando as mudanças à cadeia	BIM já faz parte do Plano de Metas da gestão governamental, sendo considerada na revisão do decreto regulamentador para contratações públicas
	Desenvolvimento de GT, laboratórios e projetos piloto	Necessário para qualificação da equipe, validação das estratégias definidas, refinamento das decisões táticas, avaliação da aplicabilidade	Profissionais de áreas chave indicados para representação, sem oficializar o GT; Interação entre setores; e pilotos em projetos mais simples	Laboratório de treinamentos, definição de critérios técnicos para contratação e fiscalização, assim como os GT para implantação em projetos pilotos
	Bibliotecas virtuais públicas	Criação de repositório federal a ser alimentado com obras de diversas tipologias, permitindo que os órgãos públicos direcionem esforços para outras atividades	Desenvolvimento interno de biblioteca de projetos padrão (<i>templates</i> para via permanente e sistemas) para ser um dos anexos dos <i>mandates</i>	Possibilidade de estabelecer parcerias para o desenvolvimento das bibliotecas virtuais

Fonte: O Autor

A necessidade de desenvolver biblioteca pública de objetos BIM para apoio à modelagem é outra decisão estratégica a ser tomada pelas organizações públicas. Dentre as entidades entrevistadas, somente a B elaborou internamente

seus projetos padrão para anexar aos manuais de contratação. Em contrapartida, as Entidades A e C pretendem estabelecer parcerias para o desenvolvimento das bibliotecas e sugerem a criação de um repositório federal, a ser alimentado com obras de diversas tipologias, visando otimizar os esforços e recursos. A percepção favorável do custo-benefício em desenvolver *templates* próprios e, conseqüentemente, bibliotecas virtuais públicas, pode estar diretamente relacionada ao quanto maior forem à repetitividade de tipologias, especificidades e a complexidade dos projetos demandados pelo ente público, como é o caso da Entidade B, a única a adotar essa estratégia.

5.1.3. Normatização

No campo da legislação para contratações, todas as entidades concordam que a lei nacional tradicional de licitações nº 8.666 (BRASIL, 1993) já permite a utilização do BIM. A Entidade A entende que pode exigir os benefícios que são potencializados, como a comprovação da compatibilização das disciplinas de projeto, e ainda introduzir inovações, a exemplo das possibilitadas pela nova lei nacional RDC (BRASIL, 2011). Todavia, desde 2015, uma comissão do Legislativo vem debatendo sobre a inserção do BIM nas concorrências públicas acima de R\$ 7 milhões, havendo, inclusive, um projeto de lei (BRASIL, 2016) propondo alterar a lei de licitações para estabelecer a obrigatoriedade do BIM.

Sobre a tipologia de contratação pública mais adequada, as entidades estudam o critério de julgamento de técnica e preço. As Entidades A e C analisam os critérios que farão parte da pontuação para qualificação técnica dos licitantes. A Entidade B destacou que adotará apenas a lei de licitações tradicional, equivalente ao sistema de entrega DBB, com separação da contratação do projeto executivo das obras, em detrimento da contratação integrada possibilitada pela lei RDC, comparável ao sistema DB em que o objeto da licitação compreende desde a elaboração dos projetos até a implantação das obras, realização de testes e pré-operação do empreendimento.

Outra questão relevante é definir qual nível de desenvolvimento do projeto é o mais adequado para a contratação externa. Todas as Entidades pretendem licitar apenas o detalhamento dos projetos executivos. Entretanto, para a Entidade A, o nível de desenvolvimento (LOD 200) com informações de materiais

e geometria (anteprojeto em BIM) já é suficiente para caracterizar o empreendimento, como pode ser visto no Quadro 5.

Quadro 5 – Questões sobre Normatização

Área	Questão	Entidade Pública A	Entidade Pública B	Entidade Pública C
NORMATIZAÇÃO	Legislação brasileira para contratação de projetos e obras	Permite através da exigência de benefícios que são potencializados pelo uso do BIM como a comprovação da compatibilização de todas as disciplinas e a partir da possibilidade de inovações do RDC	Os contratos de desenvolvimento de projetos com BIM em curso utilizaram a lei de licitações brasileira tradicional (Lei nº 8.666/1993)	Legislação atual permite e os requisitos necessários estão sendo estudados na revisão dos termos de referência e na regulamentação para contratações públicas
	Tipologia de contratação pública adequada	Técnica e Preço até que o mercado esteja qualificado	Lei nº 8.666/1993 com contratação do objeto separada entre projeto e construção	Em estudos da forma de pontuação para qualificação técnica das empresas em BIM
	Nível de desenvolvimento do projeto adequado para contratação	Anteprojeto (LOD 200) com informações de materiais e geometria. Definição de projeto legal como aquele que possui todas as informações necessárias e suficientes para aprovação pelos órgãos públicos de análise	Houve mudança nos processos para desenvolvimento interno do projeto funcional e básico em um mesmo setor para contratação do projeto executivo e posterior licitação para implantação	Necessidade de maior aprofundamento nos projetos de viabilidade como estratégia para tomada de decisão do desenvolvimento dos projetos básicos dos empreendimentos que terão a licitação dos projetos executivos em BIM
	Normas técnicas suficientes para suporte da implantação	Desatualização de algumas normas em vigor, a importância da norma de sistemas de classificação BIM em desenvolvimento e a necessidade de adequação ao setor público	Normas específicas em desenvolvimento. A implantação contou com o apoio de consultoria externa e treinamentos conceituais e práticos	Desafio de transpor as atuais e novas normas técnicas para a prática, facilitada pelo uso da filosofia BIM e as orientações dos manuais

Fonte: O Autor

A Entidade B precisou reformular seus processos internos para desenvolvimento do projeto funcional e básico no mesmo setor, reduzindo a desintegração e departamentalização dessa etapa. Já a Entidade C percebeu que o BIM provoca uma necessidade de maior aprofundamento nos projetos de viabilidade, como estratégia mais assertiva para definição de quais deles serão desenvolvidos até o nível de projetos básicos para a licitação.

Com relação à existência de normas técnicas para suporte a implantação, a Entidade A alertou que algumas estão desatualizadas e da importância da norma BIM em desenvolvimento. Ela tem sete partes e é intitulada de NBR 15965 - Sistema de Classificação da Informação da Construção, já tendo sido publicadas quatro partes pela Comissão de Estudo Especial (CEE) 134 da ABNT, responsável pela elaboração, baseado nas tabelas de classificação da informação OMNICLASS dos Estados Unidos da América

5.1.4. Processo de Modelagem

Sobre os manuais regulamentadores ou *mandates*, para a Entidade A, eles devem englobar os níveis: estratégico (legislação, *roadmap*, critérios de obrigatoriedade); tático (recursos e meios, infraestrutura tecnológica, capacitação, fluxo de trabalho e comunicação); até o operacional (softwares, aplicações, tipologias). A Entidade B desenvolve manuais para cada fase, os quais são revisados pelos colaboradores da fase seguinte (clientes internos), contendo o nível de detalhe a ser atingido e os *templates* adequados, conforme Quadro 6.

As diretrizes para estruturação dos modelos e os padrões de nomenclatura e representação gráfica são muito importantes para atender aos objetivos e aos níveis de qualidade desejados, e estão em processo de desenvolvimento por cada uma das Entidades, a partir dos testes com softwares e projetos piloto, visando à definição dos *templates* e a inserção de especificações técnicas ajustáveis às tipologias de obras do contratante.

Os direitos de propriedade e *copyright* sobre os modelos, ao longo do ciclo de vida dos empreendimentos, têm gerado discussões técnicas e jurídicas. De acordo com a Entidade A, esses direitos serão compartilhados, com o ente

público como coautor nos casos de desenvolvimento do anteprojeto. As demais entidades pretendem definir essas questões nos editais de contratação e minutas dos contratos.

Quadro 6 – Questões sobre Processo de Modelagem

Área	Questão	Entidade Pública A	Entidade Pública B	Entidade Pública C
PROCESSO DE MODELAGEM	Escopo dos manuais regulamentadores	Englobar os níveis hierárquicos de gestão: estratégico – legislação, <i>roadmap</i> , obrigatoriedade; tático – recursos e meios, infraestrutura tecnológica, capacitação, fluxo de trabalho e comunicação; operacional – softwares, usos por fases, tipologias	Desenvolvimento de <i>mandates</i> por fases do ciclo de vida (projeto, construção) e revisados pelos setores que são clientes internos, contendo nível de detalhe a ser atingido e os <i>templates</i> próprios	Forma de apresentação e as informações que os entregáveis devem possuir, alinhados às metas, a forma de colaboração, definição das etapas e procedimentos
	Estruturação de modelos BIM	Em andamento, a partir dos testes e simulações que estão sendo realizados	Resultam de testes com softwares e projetos pilotos, preparam o mercado e adaptam-se a cultura local	Definição de <i>templates</i> ; Inserção de especificações técnicas ajustáveis às tipologias de obras do setor
	Padrões de nomenclatura e representação gráfica	Existem padrões para representação gráfica e de nomenclatura por secretaria, tipologia, código do IBGE por cidade para os diretórios do repositório de informações	Equipe técnica testa e desenvolve padrões para nomenclatura, características técnicas e gráficas, disponibilizando os <i>templates</i>	Compõe um dos objetivos do laboratório BIM de definir critérios, formatos e padrões
	Direitos de propriedade e <i>copyright</i>	Compartilhado com o Estado que é coautor em caso de desenvolvimento do anteprojeto	Define os direitos nos editais de contratação e minutas dos contratos	Serão discutidos nas definições para contratação e nos projetos pilotos a serem desenvolvidos

Fonte: O Autor

5.1.5. Controle da Qualidade

Dentre os critérios utilizados para avaliação e validação dos modelos, a Entidade A está criando regras específicas e gerais a partir das normas, boas práticas e funcionalidade para análises e atendimentos aos requisitos do programa de necessidades. As Entidades B e C estão testando também regras e softwares de validação automática, aprimorando em projetos pilotos, conforme explicitado no Quadro 7.

Quadro 7 – Questões sobre Controle da Qualidade

Área	Questão	Entidade Pública A	Entidade Pública B	Entidade Pública C
CONTROLE DA QUALIDADE	Critérios utilizados para avaliação e validação dos modelos	Criação de regras gerais e/ou específicas (boas práticas, normas, funcionalidade) por tipo de análises ou requisitos do programa de necessidades	Utilização de regras e softwares de validação, aprimoramento em projetos pilotos reais	Investimento inicial em softwares de modelagem e análise para criação desses critérios a serem testados nos projetos pilotos
	Modulação para padronização e racionalização	Potencialidade para replicação em projetos de uma mesma tipologia, adoção de padrões mínimos e ajustes com o local de implantação	Tendência à racionalização com a criação das bibliotecas virtuais de elementos da via permanente e sistemas	Alta potencialidade pela criação de <i>templates</i> de acordo com o setor de implantação

Fonte: O Autor

Sobre a possibilidade de modulação dos projetos para maior padronização e racionalização, a Entidade B acredita nessa tendência com a criação das bibliotecas de projetos padrão. As demais entidades também visualizam essa potencialidade para replicação em projetos repetitivos, adotando padrões mínimos e ajustes ao local de implantação.

5.1.6. Aspectos Governamentais

Dentre os papéis a serem exercidos pelo setor público identificados por Cheng e Lu (2015), os mais destacados foram: demonstrador; incentivador financeiro para aquisição de sistemas e equipamentos; regulador; e educador, tendo sido citados ainda as funções de fomentador, líder, adaptador a cultura local e integrador, conforme Quadro 8.

Quadro 8 – Questões sobre Aspectos Governamentais

Área	Questão	Entidade Pública A	Entidade Pública B	Entidade Pública C
ASPECTOS GOVERNAMENTAIS	Papéis a serem assumidos pelo Setor Público	Fomentador, educador, demonstrador em ambiente controlado, incentivador financeiro com linhas de crédito e benefícios fiscais, entrega de serviços com qualidade	Líder, fomentador, adaptar a cultura local, regulador, integrador	Fomentador, incentivador da participação pela cadeia, apoiador financeiro na aquisição de sistemas e equipamentos
	Etapa do ciclo de vida com maior potencial indutor	Operação e uso, sem negligenciar o projeto e construção	Gerenciamento da operação e manutenção (<i>facilities</i>)	Operação, passando pelas fases de projeto e construção
	Dificuldades durante a implantação	Inovação para viabilizar investimentos em equipamentos, softwares e treinamento por meio de parcerias impulsionadas pelo pioneirismo; resistência	Implantação com sistema complexo em operação, resistência inicial das equipes com o novo, visão interna departamental, necessidade de colaboração e integração	Necessidade de integrar setores distintos; exigência de investimento na estrutura física (hardware) e treinamento
	Sistema de monitoramento com indicadores de desempenho	Serão definidos indicadores para acompanhamento como: taxa de produtividade (kB/dia), atingimento de metas, qualidade, requisitos da modelagem	Em desenvolvimento. Existem metas para implantação ao longo das etapas do ciclo de vida, visando à operação.	Em implantação de sistema gerencial de monitoramento através de módulos por etapas e empreendimentos
	Impacto das mudanças políticas na continuidade	BIM como meio para melhorar a assertividade no cumprimento dos programas políticos e a importância de disseminar as experiências em outros entes públicos	Importância de formalização e documentação das ações, percepção dos benefícios, projetos contratados em andamento e plano estratégico	Diferencial no plano de metas governamental; existência de parcerias formais com empresas, universidades, chamada pública; criação de portal eletrônico, GT

Fonte: O Autor

A Entidade B escolheu a fase da operação e manutenção (*facilities*) como o principal objetivo e maior indutora da adoção, ainda que necessite passar pelas etapas de projeto e construção, citadas pelas demais entidades. Esse foco durante a fase de uso pode ser explicado pela elevada representatividade em termos de custos e duração em relação ao ciclo de vida, assim como pela expectativa que o BIM gere benefícios aos gestores de *facilities*, como destacado nos trabalhos de Eadie *et al.* (2013).

Dentre os desafios enfrentados pelas entidades, os mais citados envolvem a resistência inicial interna, a necessidade de colaboração e integração das equipes e a inovação como forma de viabilizar investimentos em equipamentos e treinamento. Sobre o planejamento e uso de sistemas de monitoramento, todas estão desenvolvendo, a exemplo do sistema gerencial da Entidade C e os indicadores para acompanhamento da Entidade A.

Com relação às estratégias para reduzir os impactos das mudanças políticas na continuidade da implantação, as mais citadas foram: disseminação das experiências em outros entes, formalização e registro das ações realizadas, percepção dos benefícios pelos níveis decisórios, existência de projetos contratados em andamento, inserção em planos governamentais, existência de termos de cooperação técnica e chamadas públicas com empresas e universidades; criação de portal eletrônico, GT e redes colaborativas.

5.1.7. Desafios e Oportunidades para Implantação do BIM pelo Setor Público

Dentre os aspectos influenciadores, considerando a análise das respostas e os resultados verificados por outras pesquisas, assim como as particularidades observadas nas visitas técnicas e em análises documentais, os principais desafios na implantação do BIM pelo setor público identificados foram:

- Alterações nas relações contratuais e no compartilhamento de riscos;
- Interoperabilidade com utilização do formato IFC;

- Análises de custo benefício do desenvolvimento de bibliotecas virtuais públicas de objetos BIM;
- Definição do nível de desenvolvimento do projeto adequado para contratação externa;
- Legislação e o tipo de contratação pública mais adequado;
- Criação e atualização de normas técnicas de suporte à adoção;
- Definição do escopo dos manuais orientadores das organizações públicas;
- Proposição de diretrizes para estruturação dos modelos, padrões de nomenclatura e representação gráfica;
- Acordos e definições sobre os direitos de propriedade dos modelos BIM;
- Proposição de critérios para avaliação e validação dos modelos;
- Requisitos para investimentos em infraestrutura e pessoal,
- Necessidade de integração entre os setores envolvidos na implantação;
- Impactos das mudanças políticas na continuidade da implantação.

As oportunidades identificadas envolvem:

- Estratégias no plano de execução para aumento do nível de maturidade;
- Desenvolvimento de GT, laboratórios multidisciplinares e projetos piloto;
- Potencialidade da modulação dos projetos para padronização e racionalização;
- Diversidade de papéis que podem ser exercidos pelo setor público.

5.2. DESENVOLVIMENTO E PROPOSIÇÃO DO ARTEFATO

A etapa de Desenvolvimento compreende a proposição dos FCS e das ações potenciais para gerenciá-los.

5.2.1. Fatores Críticos de Sucesso para Implantação do BIM por Organizações Públicas

Baseado nos fatores críticos identificados na revisão da literatura e no estudo exploratório com a identificação dos desafios e oportunidades das fases de Conscientização e Sugestão, dezesseis Fatores Críticos de Sucesso (FCS) relacionados à implantação do BIM por organizações públicas foram propostos. A utilização do conceito de FCS é baseada na ideia de que é possível assegurar um desempenho bem-sucedido de uma organização a partir do gerenciamento adequado de áreas chave que possuem impactos significativos nos objetivos esperados.

Os FCS foram agrupados em três níveis de análise ou perspectivas: Indústria (I), Organização (O) e Empreendimento (E), de acordo com as definições elaboradas para cada um dos fatores identificados pelas fontes de evidência, conforme apresentado no Quadro 9.

Na perspectiva macro, na indústria AECO, foram agrupados quatro FCS (I-01 a I-04) relacionados à papéis governamentais de regulação e legislação adequada, interoperabilidade e fluxo colaborativo entre a cadeia do setor. Metade dos FCS foram agrupados no nível da organização pública (O-01 a O-08), abrangendo aspectos quanto à disponibilidade de pessoal, infraestrutura e recursos, cultura, nível de experiência e política de adoção da organização, geração de informações críticas e requisitos dos clientes ou proprietários. Os outros quatro FCS (E-01 a E-04) estão na perspectiva dos empreendimentos sob responsabilidade das organizações públicas, incluindo a forma de contratação, os requisitos para recebimento dos entregáveis e o envolvimento, utilidade percebida e facilidade de uso da equipe.

Quadro 9 – Fatores Críticos de Sucesso relacionados à implantação do BIM por organizações públicas

Nível de Análise	Fator Crítico de Sucesso (FCS)	Definição	Fontes de Evidência
I-01	Liderança e incentivo governamental	Papel governamental de condução do setor à implantação, incentivando e fomentando o uso	Taborda e Cachadinha (2012); Won <i>et al.</i> (2013); Cheng e Lu (2015); Ozorhon e Karahan (2016); Gurevich <i>et al.</i> (2017); Kassem e Succar (2017); Brito <i>et al.</i> (2017)
I-02	Regulação e legislação governamental	Papel governamental de regulação através de leis, normativos, <i>mandates</i> e protocolos	Taborda e Cachadinha (2012); Ozorhon e Karahan (2016); Kassem e Succar (2017); Gurevich <i>et al.</i> (2017); Brito <i>et al.</i> (2017); Alreshidi <i>et al.</i> (2017)
I-03	Interoperabilidade na troca de informações relevantes	Interoperabilidade na troca de informações relevantes para as próximas fases do ciclo de vida entre os envolvidos	Eastman <i>et al.</i> (2011); Khosrowshahi e Arayici (2012); Won <i>et al.</i> (2013); Chien <i>et al.</i> (2014); Jones e Laquidara-Carr (2016); Brito <i>et al.</i> (2017)
I-04	Fluxo de processos colaborativo entre os envolvidos	Existência de ambiente colaborativo para o fluxo de processos integrados e coordenados entre todas as partes interessadas	Jung e Joo (2011); Eastman <i>et al.</i> (2011); Khosrowshahi e Arayici (2012); Porwal e Hewage (2012); Won <i>et al.</i> (2013); Eadie <i>et al.</i> (2013); Bernstein <i>et al.</i> (2014); Lee, Yu e Jeong (2015); Hardin e McCool (2015); Jones e Laquidara-Carr (2016); Gurevich <i>et al.</i> (2017); Brito <i>et al.</i> (2017); Alreshidi <i>et al.</i> (2017); Antwi-Afari <i>et al.</i> (2018)
O-01	Disponibilidade de pessoal qualificado	Existência de recursos humanos competentes e qualificados	Khosrowshahi e Arayici (2012); Won <i>et al.</i> (2013); Ozorhon e Karahan (2016); Gurevich <i>et al.</i> (2017); Alreshidi <i>et al.</i> (2017)
O-02	Requisitos dos clientes e proprietários	Existência de requisitos especificados pelos clientes ou proprietários para adoção	Porwal e Hewage (2012); Khosrowshahi e Arayici (2012); Won <i>et al.</i> (2013); Ozorhon e Karahan (2016); Jones e Laquidara-Carr (2016); Brito <i>et al.</i> (2017)
O-03	Disponibilidade em gerar informações críticas para análises	Habilidade em disponibilizar informações críticas necessárias a análises ao longo do ciclo de vida	Becerik-Gerber e Rice (2010); Eastman <i>et al.</i> (2011); Khosrowshahi e Arayici (2012); Chien <i>et al.</i> (2014); Ozorhon e Karahan (2016); Jones e Laquidara-Carr (2016); Gurevich <i>et al.</i> (2017); Antwi-Afari <i>et al.</i> (2018)
O-04	Cultura Organizacional favorável	Existência de uma cultura organizacional interna com clima, visão e valores aderentes	Taborda e Cachadinha (2012); Porwal e Hewage (2012); Khosrowshahi e Arayici (2012); Won <i>et al.</i> (2013); Hardin e McCool (2015); Ozorhon e Karahan (2016); Gurevich <i>et al.</i> (2017); Alreshidi <i>et al.</i> (2017)

O-05	Política de adoção eficaz da entidade	Existência de uma política da entidade eficaz para alcance dos objetivos da implantação com Plano de Execução e os meios necessários	Jung e Joo (2011); Porwal e Hewage (2012); Khosrowshahi e Arayici (2012); Won <i>et al.</i> (2013); Xu, Feng e Li (2014); Cheng e Lu (2015); Lee, Yu e Jeong (2015); Ozorhon e Karahan (2016); Faria, Barros e Santos (2016); Jones e Laquidara-Carr (2016); Kassem e Succar (2017); Brito <i>et al.</i> (2017); Gurevich <i>et al.</i> (2017); Alreshidi <i>et al.</i> (2017)
O-06	Nível de experiência dentro da entidade	Existência de um nível de experiência para implantação na equipe da entidade	Khosrowshahi e Arayici (2012); Won <i>et al.</i> (2013); Chien <i>et al.</i> (2014); Ozorhon e Karahan (2016); Alreshidi <i>et al.</i> (2017)
O-07	Disponibilidade de recursos financeiros	Existência de recursos financeiros suficientes para implantação na organização	Becerik-Gerber e Rice (2010); Taborda e Cachadinha (2012); Khosrowshahi e Arayici (2012); Won <i>et al.</i> (2013); Chien <i>et al.</i> (2014); Ozorhon e Karahan (2016); Alreshidi <i>et al.</i> (2017); Gurevich <i>et al.</i> (2017)
O-08	Disponibilidade de Infraestrutura tecnológica	Existência de infraestrutura tecnológica necessária, incluindo instalações de hardware, rede e softwares	Becerik-Gerber e Rice (2010); Jung e Joo (2011); Khosrowshahi e Arayici (2012); Won <i>et al.</i> (2013); Xu, Feng e Li (2014); Ozorhon e Karahan (2016); Kassem e Succar (2017)
E-01	Forma de contratação apropriada	Seleção do método de contratação, requisitos contratuais e formas de qualificação alinhadas aos objetivos	Eastman <i>et al.</i> (2011); Porwal e Hewage (2012); Won <i>et al.</i> (2013); Eadie <i>et al.</i> (2013); Brito <i>et al.</i> (2017); Alreshidi <i>et al.</i> (2017)
E-02	Envolvimento adequado da equipe	Compromisso e participação da equipe envolvida na implantação	Porwal e Hewage (2012); Jaradat <i>et al.</i> (2013); Won <i>et al.</i> (2013); Xu, Feng e Li (2014); Hardin e McCool (2015); Lee, Yu e Jeong (2015); Ozorhon e Karahan (2016); Jones e Laquidara-Carr (2016); Gurevich <i>et al.</i> (2017); Alreshidi <i>et al.</i> (2017);
E-03	Utilidade percebida e facilidade de uso	Percepção de usos e facilidade pelos envolvidos na adoção	Becerik-Gerber e Rice (2010); Khosrowshahi e Arayici (2012); Won <i>et al.</i> (2013); Xu, Feng e Li (2014); Faria, Barros e Santos (2016)
E-04	Requisitos e diretrizes para recebimento dos entregáveis	Existência de requisitos e diretrizes objetivas e padronizadas para recebimento das entregas nos períodos necessários	Eastman <i>et al.</i> (2011); Won <i>et al.</i> (2013); Chien <i>et al.</i> (2014); Cheng e Lu (2015); Ozorhon e Karahan (2016); Faria, Barros e Santos (2016); Jones e Laquidara-Carr (2016); Gurevich <i>et al.</i> (2017); Brito <i>et al.</i> (2017)

Fonte: O Autor

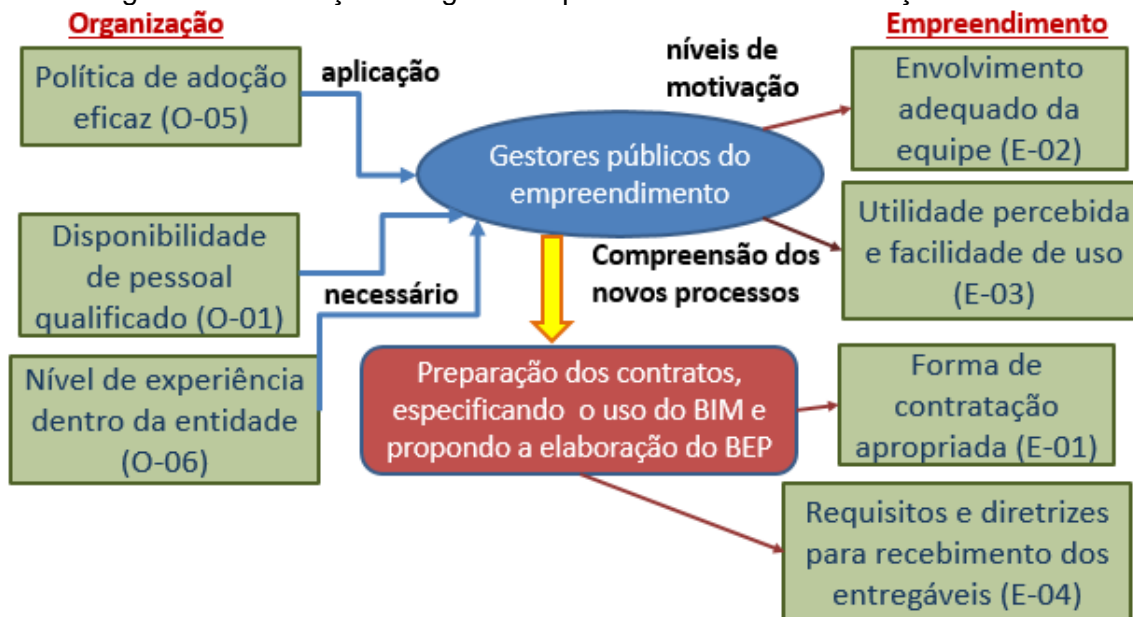
Apesar dos FCS terem sido categorizados em função das perspectivas da indústria, organização e empreendimento, para facilitar o processo de análise e compreensão, cada FCS pode ser gerenciado através de ações tomadas por *stakeholders* dos três níveis citados, a exemplo de estratégias colaborativas e adoção de práticas que privilegiem a interoperabilidade (I-03) que possam ser aplicadas no nível dos empreendimentos, podendo surtir algum efeito sobre um FCS influenciador da indústria AECO. Similarmente, estratégias desenvolvidas por agentes da indústria para a criação de regulação e legislação governamental (I-02) podem influenciar no FCS relacionado à forma de contratação apropriada (E-01), que está associado ao nível do empreendimento, denotando a inter-relação entre os FCS.

Dentre os FCS associados à organização pública, a aplicação da política de adoção eficaz (O-05) tende a depender dos gestores públicos dos empreendimentos, peças chaves para influenciar outros FCS, como o envolvimento adequado da equipe (E-02) e a utilidade percebida e facilidade de uso (E-03), em função dos seus níveis de motivação e de compreensão sobre os novos processos. Segundo Gurevich *et al.* (2017), esses profissionais podem participar também da preparação dos contratos, interferindo no trabalho futuro de projetistas e construtores, especificando a forma como o BIM será usado nessas fases e, até mesmo, propondo a elaboração do BIM *Execution Plan* (BEP) específico para o empreendimento. Dessa forma, os gestores públicos estariam agindo sobre os outros dois FCS na perspectiva do empreendimento: forma de contratação apropriada (E-01) e requisitos e diretrizes para recebimento dos entregáveis (E-04), revelando o papel crucial desses profissionais e reforçando a necessidade da organização possuir disponibilidade de pessoal qualificado (O-01) e o nível de experiência dentro da entidade (O-06), conforme representado na Figura 17.

Em um processo de adoção do BIM por organizações públicas, além da identificação desses FCS propostos, é importante avaliá-los no contexto do empreendimento, organização e indústria em que se está inserido, estabelecendo uma priorização dos FCS mais importantes, em dado momento,

para o desenvolvimento de estratégias e a tomada de ação dos responsáveis pela implementação.

Figura 17 – A relação dos gestores públicos com FCS da adoção do BIM



Fonte: O Autor

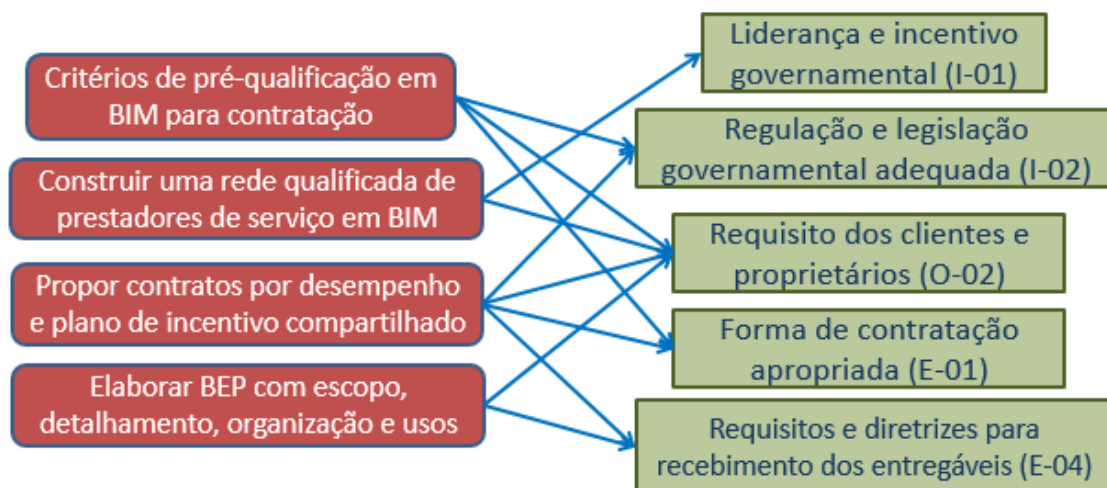
De forma exemplificativa, como citado por alguns autores, incluindo Sacks *et al.* (2016), alguns *mandates* de organizações possuem *templates*, que são modelos básicos a serem seguidos na elaboração de um BEP adequado para o empreendimento, especificando aspectos, tais como: o LOD a ser alcançado para cada sistema construtivo e seus elementos, em cada marco do empreendimento, correspondendo a uma ação que poderia ser tomada para o FCS (E-04) da existência de requisitos e diretrizes objetivas e padronizadas para recebimento das entregas nos períodos necessários.

Segundo Eastman *et al.* (2011), como os governos são, normalmente, proprietários e possuem o controle da seleção dos prestadores de serviço, algumas das ações que os proprietários poderiam realizar são: incluir critérios de pré-qualificação específicos na seleção dos contratados, como conhecimento e experiência em BIM; construir e educar uma rede qualificada de prestadores de serviço; alterar requisitos para as entregas, incorporando escopo, detalhe e organização da informação do modelo e seus usos; e propor contratos baseados em desempenho e planos de incentivo compartilhados.

Com essa visão, as diferentes escalas governamentais poderiam agir em variados níveis de análise, desde FCS da indústria, como a liderança e incentivo governamental (I-01) e a regulação e legislação governamental (I-02), até FCS relacionados à organização e ao empreendimento, como requisito dos clientes e proprietários (O-02), forma de contratação apropriada (E-01) e requisitos e diretrizes para recebimento dos entregáveis (E-04), conforme Figura 18.

Uma ação comum que vêm sendo tomada para gerenciamento do FCS (E-04) - requisitos e diretrizes para recebimento dos entregáveis, é o desenvolvimento de bibliotecas públicas virtuais de objetos e *templates* de projetos BIM, visando criar requisitos e diretrizes padronizadas para aceitação dos entregáveis. Entretanto, é estratégico avaliar o custo-benefício associado a elaboração, uso e atualização dessas bibliotecas, uma vez que a caracterização da organização, baseada no grau de repetitividade de tipologias, especificidades e complexidade dos seus empreendimentos, bem como a existência de requisitos formalizados para modulação e padronização tendem a influenciar significativamente no custo-benefício.

Figura 18 – Potenciais ações governamentais e as influências nos FCS



Fonte: O Autor

De forma exemplificativa, uma organização pública com tipologias e especificidades variadas, baixa complexidade em seus empreendimentos e que não adote critérios de modulação e padronização, tende a ter um menor custo-benefício em desenvolver bibliotecas, o que pode encorajar o uso de repositórios públicos de objetos BIM e a prescrição de requisitos para os entregáveis no BEP com maior detalhamento e clareza.

5.2.2. Ações Potenciais para gerenciamento dos FCS

Como um dos resultados da fase de Desenvolvimento, foram propostas trinta e duas ações potenciais para gerenciamento dos FCS para implantação do BIM por organizações públicas, conforme Quadro 10. A explicitação dessas ações teve como base o estudo exploratório e a revisão da literatura, especialmente as publicações nacionais e internacionais sobre adoção por instituições públicas, tais como: guias, protocolos e *mandates*.

Cada um dos dezesseis FCS propostos possuem ações potenciais, que podem ser tomadas pelos *stakeholders* de, pelo menos, algum dos níveis de análise. Dez ações foram detalhadas ou agrupadas de modo que pudessem ser avaliadas através de questões do levantamento na fase seguinte, tendo como limitações para a definição do número e seleção de ações a serem avaliadas:

- a) aderência ao instrumento adotado para a avaliação, por meio de levantamento com profissionais do setor através de questionários digitais;
- b) objetividade com avaliações de ações que pudessem ser baseadas em questões de múltipla escolha ou utilizando Escala Likert de cinco pontos;
- c) manutenção do tempo médio de resposta ao questionário de até quinze minutos, para não que não fosse demasiadamente extensa;

Quadro 10 – Ações Potenciais para Gerenciamento dos FCS para implantação do BIM por organizações públicas

Nível de Análise	Fator Crítico de Sucesso (FCS)	Ações Potenciais para Gerenciamento
I-01	Liderança e incentivo governamental	<ul style="list-style-type: none"> - Promoção e fomento à adoção pelo setor; - Definição de metas, objetivos estratégicos, estágios e marcos para adoção;
I-02	Regulação e legislação governamental	<ul style="list-style-type: none"> - Desenvolvimento de estrutura regulatória (mandates, protocolos, diretrizes e normativas); - Prescrever critérios de obrigatoriedade para organizações e empreendimentos;
I-03	Interoperabilidade na troca de informações relevantes	<ul style="list-style-type: none"> - Proposição de protocolos para compartilhamento de informações; - Mapeamento dos softwares e aplicativos de acordo com os usos previstos;
I-04	Fluxo de processos colaborativo entre os envolvidos	<ul style="list-style-type: none"> - Procedimentos de comunicação e colaboração entre os <i>stakeholders</i>; - Mapeamento dos processos do fluxo de informação;
O-01	Disponibilidade de pessoal qualificado	<ul style="list-style-type: none"> - Definição da equipe, papéis e responsabilidades, incluindo o gerente BIM; - Proposição de planos de treinamento e capacitação;
O-02	Requisitos dos clientes e proprietários	<ul style="list-style-type: none"> - Avaliação do nível de satisfação dos clientes e/ou proprietários; - Envolvimento efetivo na concepção e viabilidade dos empreendimentos;
O-03	Disponibilidade em gerar informações críticas para análises	<ul style="list-style-type: none"> - Definição das fases e casos de uso que serão aplicados; - Mapeamento das informações necessárias que serão trocadas;
O-04	Cultura Organizacional favorável	<ul style="list-style-type: none"> - Explicitação de visão, clima e valores aderentes aos objetivos da implantação; - Proposição de capacitação, incentivos, recursos e planos de ação à equipe;

O-05	Política de adoção eficaz da entidade	- Aplicação do Plano de Execução BIM com a definição dos objetivos estratégicos e projetos-pilotos, fluxos dos processos, responsabilidades, participantes e infraestrutura necessária;
O-06	Nível de experiência dentro da entidade	- Contratação de profissionais com maior nível de conhecimento e experiência prévia e/ou consultores especializados; - Avaliação do nível de competência e maturidade da organização;
O-07	Disponibilidade de recursos financeiros	- Estimativas de investimentos em pessoal, infraestrutura e mudança de processos; - Monitoramento do retorno sobre o investimento;
O-08	Disponibilidade de Infraestrutura tecnológica	- Definições de <i>hardwares</i> , redes, suporte, armazenamento e <i>softwares</i> compatíveis aos casos de usos e aos entregáveis previstos para a organização;
E-01	Forma de contratação apropriada	- Definição de critérios para qualificação em BIM, seleção dos métodos de entrega, cronogramas físico-financeiro, direitos de propriedade e responsabilidades; - Incentivo ao compartilhamento de riscos e resultados dos empreendimentos;
E-02	Envolvimento adequado da equipe	- Aplicação de mecanismos que promovam maior entendimento do processo de adoção e comprometimento com os papéis e responsabilidades; - Acompanhamento das necessidades de treinamento ou requalificação da equipe;
E-03	Utilidade percebida e facilidade de uso	- Monitoramento do progresso e cumprimento das metas do Plano de Execução; - Desenvolvimento de indicadores para avaliação da modelagem, etapas e marcos; - Coleta, armazenamento e análise de informações de empreendimentos similares;
E-04	Requisitos e diretrizes para recebimento dos entregáveis	- Definição das informações, níveis de desenvolvimento e qualidade mínimos requeridos para cada processo e entregáveis previstos; - Procedimentos de controle de qualidade e conformidade dos entregáveis; - Análise de custo benefício no desenvolvimento de bibliotecas virtuais de objetos BIM;

Fonte: O autor

A seguir, serão apresentados cada FCS com a respectiva ação potencial de gerenciamento e o seu detalhamento que foi proposto para avaliação através do levantamento.

Fator Crítico de Sucesso:

FCS (I-01) - Liderança e incentivo governamental

FCS (I-02) - Regulação e legislação governamental

Ação potencial:

Promoção e fomento à adoção pelo setor;

Desenvolvimento de estrutura regulatória (*mandates*, protocolos, diretrizes e normativas).

Os seguintes papéis que poderiam ser assumidos prioritariamente pelo setor público visando para adoção do BIM pela indústria AECO foram propostos:

- Agente Financiador com suporte financeiro para implantação;
- Demonstrador com projetos pilotos, planos internos e testes de tecnologias;
- Educador com guias, programas e planos de formação e treinamento;
- Iniciador/Condutor com definição de metas, comitês, atividades;
- Pesquisador com projetos de pesquisa e colaboração com universidades;
- Regulador com normas, protocolos, mandates e padrões;
- Outros.

Ação potencial:

Definição de metas, objetivos estratégicos, estágios e marcos para adoção;

Desenvolvimento de estrutura regulatória (*mandates*, protocolos, diretrizes e normativas);

Prescrever critérios de obrigatoriedade para organizações e empreendimentos.

Os seguintes mecanismos que poderiam ser aplicados prioritariamente pelo setor público visando uma disseminação do BIM pela indústria AECO foram propostos:

- Definir objetivos estratégicos, estágios e marcos para a adoção;
- Prescrever critérios para definição dos empreendimentos em que o uso do BIM passe a ser obrigatório na contratação;
- Estabelecer grupos de trabalho para desenvolver e implementar as estratégias de adoção;
- Desenvolver estrutura regulatória adequada;
- Elaborar publicações sobre implantação do BIM, incluindo guias, protocolos e *mandates*;
- Desenvolver critérios para pré-qualificação de licitantes e avaliação do desempenho das organizações e indivíduos;
- Criar biblioteca pública de objetos BIM para funcionar como repositório para apoio ao setor.

Fator Crítico de Sucesso:

FCS (I-03) - Interoperabilidade na troca de informações relevantes

Ação potencial:

Proposição de protocolos para compartilhamento de informações

Uma avaliação a respeito de quais formatos de arquivos devem ser requisitados pelo Setor Público para disponibilização dos entregáveis, a exemplo dos modelos, foi proposta:

- Formato IFC (padrão aberto de interoperabilidade);
- Formato IFC e o formato nativo (proprietário) do(s) software(s) selecionado(s) pelo Contratado;

- Formato IFC e o formativo nativo (proprietário) do(s) software(s) que o Contratante (Órgão Público) utilizar;
- Formato nativo (proprietário) do(s) software(s) selecionado(s) pelo Contratado;
- Formato nativo (proprietário) do(s) software(s) que o Contratante (Órgão Público) utilizar.

Fator Crítico de Sucesso:

FCS (O-05) - Política de adoção eficaz da entidade

Ação potencial:

Aplicação do Plano de Execução BIM com a definição dos objetivos estratégicos e projetos-pilotos, fluxos dos processos, responsabilidades, participantes e infraestrutura necessária

A ação proposta foi detalhada para avaliação em itens que poderiam constar de forma obrigatória em um *mandate* (documento prescritivo e obrigatório) de uma instituição pública que adota o BIM:

- Requisitos ou modelo (*template*) para o Plano de Execução BIM dos empreendimentos;
- Níveis de desenvolvimento (LOD) e estruturação dos modelos;
- Padrões de representação gráfica e apresentação dos componentes;
- Convenções de nomenclatura e organização dos dados;
- Interoperabilidade para troca de informações;
- Usos, Funções e Análises/Simulações esperadas por fases do ciclo de vida;
- Papéis e Responsabilidades dos envolvidos;
- Direitos de Propriedade Intelectual dos modelos e seus componentes;
- Procedimentos de Controle da Qualidade dos modelos;
- Modos de Colaboração pretendidos;

- Requisitos para Operação e Manutenção (COBie);
- Formas de Contratação e Qualificação;
- Cronograma de Pagamentos (especialmente com definição da remuneração da fase de projeto);
- Especificação dos softwares.

Fator Crítico de Sucesso:

FCS (E-01) - Forma de contratação apropriada

Ação potencial:

Definição de critérios para qualificação em BIM

Os seguintes requisitos para qualificação técnica em contratações para uso do BIM foram detalhados para avaliação:

- Qualificação e experiência profissional da equipe no uso do BIM;
- Avaliação da qualidade dos entregáveis (modelos BIM) em empreendimentos anteriores;
- Experiência da empresa em empreendimentos similares;
- Disponibilidade de infraestrutura tecnológica adequada da empresa.

Ação potencial:

Definição de critérios para seleção dos métodos de entrega

Ainda com relação ao FCS (E-01), a ação potencial foi detalhada nas formas de contratação pública brasileiras existentes para empreendimentos de construção para avaliação quanto ao potencial de maximização dos benefícios do BIM:

- Lei de Licitações tradicional com separação das etapas de concepção dos projetos, contratação, construção e operação (Lei nº 8.666/1993 – equivalente ao sistema DBB);

- RDC com a contratação integrada das etapas de projeto (básico e executivo), construção e pré-operação (Lei nº 12.462/2011 – equivalente ao sistema DB);
- RDC com a possibilidade de remuneração variável de acordo com o desempenho como metas, padrões de qualidade, critérios de sustentabilidade ambiental e prazo de entrega (Lei nº 12.462/2011 – equivalentes aos sistemas DB ou DBB);
- PPP englobando as etapas de projeto (básico e executivo), construção e operação por tempo determinado e remuneração variável de acordo com o desempenho (Parceria Público-Privada Lei de nº 11.079/2004 – equivalente ao sistema DBO/M);
- Outra ainda não regulamentada.

Fator Crítico de Sucesso:

FCS (E-04) - Requisitos e diretrizes para recebimento dos entregáveis

Ação potencial:

Procedimentos de controle de qualidade e conformidade dos entregáveis

Os seguintes métodos e ferramentas de verificação da qualidade dos modelos BIM correspondentes à ação potencial foram explicitados:

- Verificação visual manual de vistas específicas;
- Verificação manual com uso de filtros, como por disciplinas;
- Listas de verificação (*checklists*) específicas para controle da qualidade de dados e dos projetos;
- Verificação automática de objetos duplicados, sobrepostos ou inconsistentes;
- Verificação automática de regras específicas programáveis.

Ação potencial:

Análise de custo benefício no desenvolvimento de bibliotecas virtuais de objetos BIM

Para gerenciamento ainda do FCS (E-04), os seguintes fatores foram detalhados para avaliação quanto à geração de um custo benefício favorável ao desenvolvimento de uma biblioteca de componentes BIM por uma organização pública:

- Variabilidade na tipologia e especificações de empreendimentos licitados pela organização;
- Repetitividade na tipologia e nas especificações de empreendimentos licitados pela organização;
- Alta complexidade dos empreendimentos licitados pela organização;
- Baixa complexidade dos empreendimentos licitados pela organização;
- Existência de requisitos para modulação e/ou padronização dos empreendimentos licitados pela organização;
- Disponibilidade de pessoal e infraestrutura tecnológica para o desenvolvimento da biblioteca;
- Existência de repositório ou biblioteca nacional de objetos BIM.

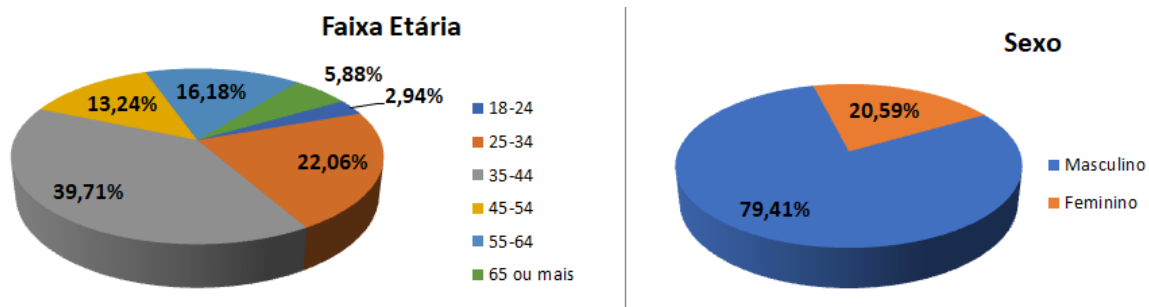
5.3. AVALIAÇÃO DO ARTEFATO

A etapa de Avaliação ocorreu através de um levantamento, em que foram enviados questionários digitais por e-mail para profissionais brasileiros envolvidos com o uso do BIM em organizações públicas, dentre gestores públicos, acadêmicos e especialistas. Cerca de 300 profissionais foram convidados a participarem da pesquisa, obtendo-se uma amostra de 68 respondentes no período de 09/05/2018 a 21/07/2018, o que resulta numa taxa de resposta em torno de 23%. Com relação aos profissionais que foram

convidados e não responderam à pesquisa nas três primeiras semanas do envio, o convite foi relembrado através do envio de um segundo e-mail.

A caracterização da amostra de profissionais envolveu a identificação de aspectos como: faixa etária, sexo, estado onde tem principal atuação profissional, formação, grau de escolaridade atual, áreas de atuação na indústria AECO e o tempo de experiência pessoal (estudos e aplicações) com BIM. Próximo de 80% dos respondentes é do sexo masculino e 40% estão na faixa etária de 35 a 44 anos, conforme Figura 19.

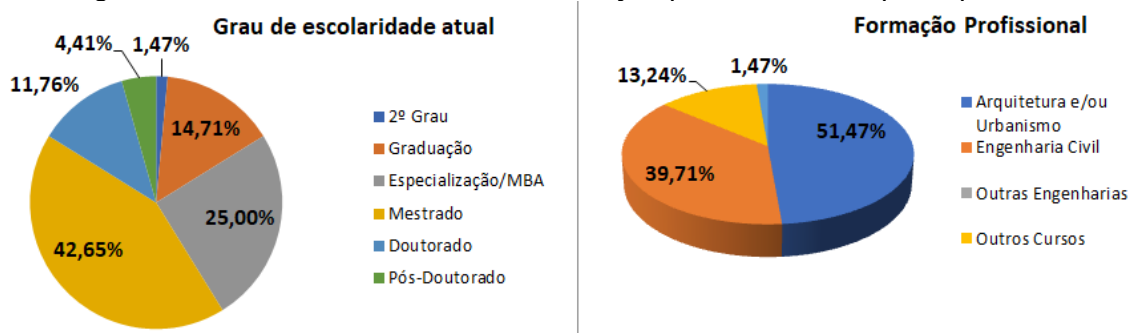
Figura 19 – Faixa etária e sexo dos participantes do levantamento



Fonte: O Autor

A Figura 20 revela que cerca de metade dos profissionais são formados em Arquitetura e/ou Urbanismo, seguido pelos engenheiros civis (39,71%) e depois por outras engenharias (13,24%), a exemplo de engenheiros eletricitas, mecânicos e de produção. A respeito do grau de escolaridade, 42,65% possuem mestrado, seguido de 25% que têm grau de especialização/MBA, enquanto que 16,17% possuem doutorado ou pós-doutorado.

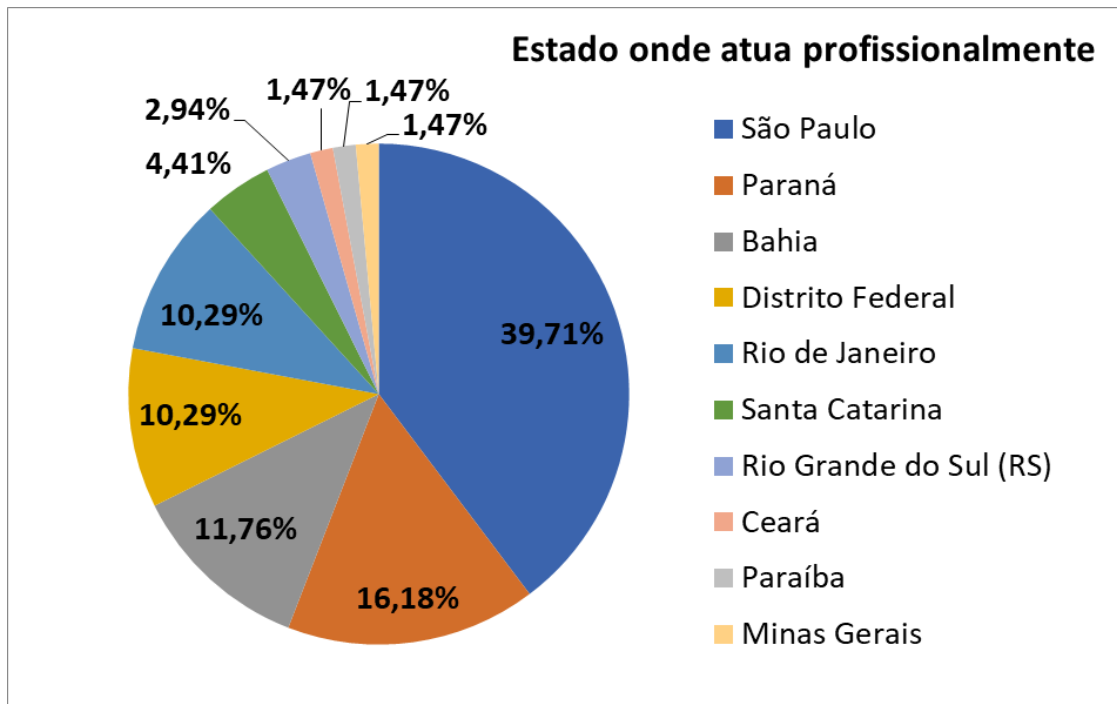
Figura 20 – Grau de escolaridade e formação profissional dos participantes



Fonte: O Autor

A amostra de profissionais que participaram abrange dez estados de quatro regiões brasileiras (Figura 21), sendo os cinco com maiores representatividades: São Paulo (39,71%); Paraná (16,18%); Bahia (11,76%); Distrito Federal (10,29%); e Rio de Janeiro (10,29%).

Figura 21 – Estado onde os participantes do levantamento atuam profissionalmente

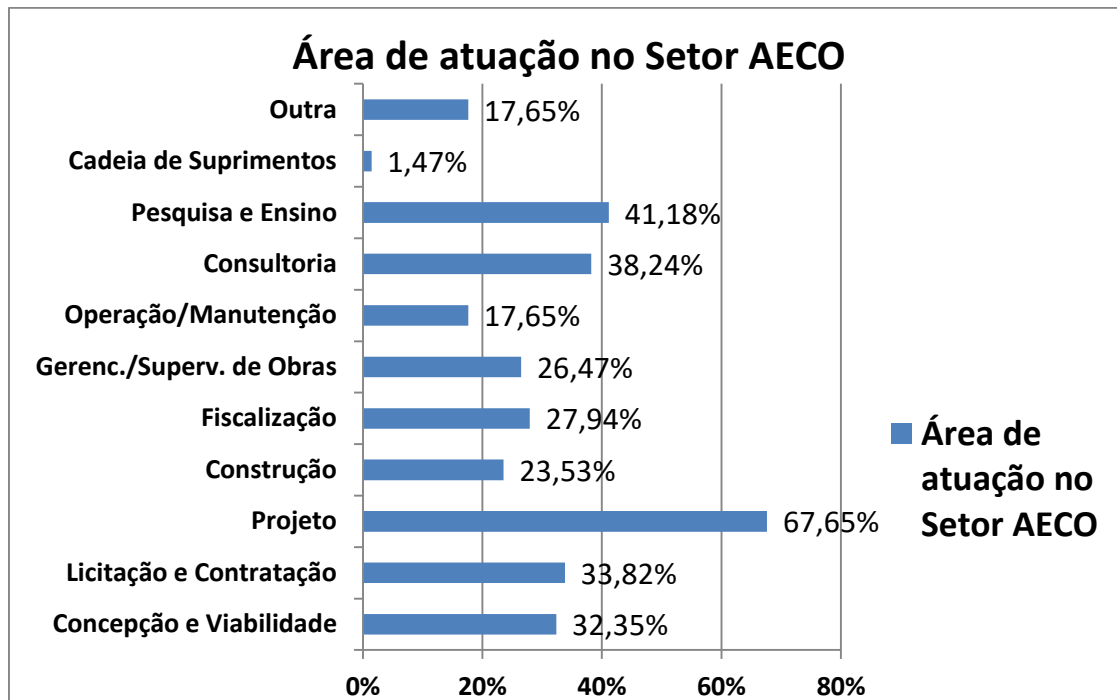


Fonte: O Autor

Com relação à área de atuação nas diversas fases do setor AECO, verifica-se distribuição da amostra entre as áreas, a exemplo de: projeto (67,65%); pesquisa e ensino (41,18%); consultoria (38,24%); licitação e contratação (33,82%); fiscalização (27,94%); construção (23,53%); operação e manutenção (17,65%); bem como outras citadas (desenvolvimento de software, auditoria), como pode ser visto na Figura 22.

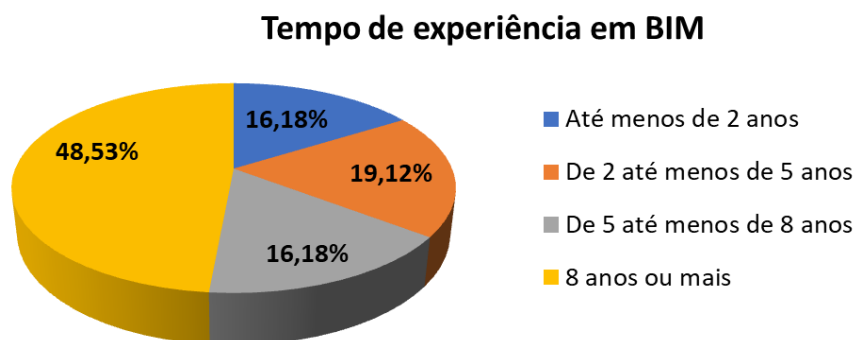
A Figura 23 revela que 64,71% dos respondentes possui pelo menos 5 anos de experiência pessoal com BIM, sendo que 48,53% têm 8 anos ou mais de experiência, dentre estudos e aplicações. Apenas 16,18% da amostra possui até menos de 2 anos com menor tempo de experiência na temática.

Figura 22 – Área de atuação no Setor AECO dos participantes do levantamento



Fonte: O Autor

Figura 23 – Tempo de experiência em BIM dos participantes do levantamento



Fonte: O Autor

A consistência interna do questionário foi avaliada por meio do coeficiente alfa de Cronbach[†], atingindo-se o valor de 0,91 para as questões de priorização dos FCS, sendo considerado um valor consistente na literatura quando acima de 0,70.

[†] O coeficiente alfa de Cronbach mede a consistência interna de um teste ou questionário, que é a extensão em que os itens que o compõem medem o mesmo conceito ou construto.

5.3.1. Priorização dos Fatores Críticos de Sucesso

A priorização dos FCS se deu a partir da avaliação do seu grau de importância no sucesso de implantação do BIM em uma organização pública, atribuído a cada um dos fatores, utilizando-se uma Escala Likert com cinco níveis (1 – Muito Baixo a 5 – Muito Alto), assim como pelo cálculo do valor do limite mínimo para priorização, visando avaliar o artefato quanto ao valor gerado. O limite mínimo foi obtido a partir do grau de importância médio amostral de todos os FCS, estabelecendo como prioritários aqueles avaliados com média igual ou superior ao limite calculado em 3,81.

A Tabela 1 mostra os percentuais dos graus de importância avaliados pelos respondentes, a média, o desvio padrão e o intervalo de confiança I.C. (95%) para cada FCS. Os cinco considerados mais importantes obtiveram as seguintes médias: envolvimento adequado da equipe (E-02) – 4,31; cultura organizacional favorável (O-04) – 4,13; fluxo de processos colaborativo entre os envolvidos (I-04) – 4,04; interoperabilidade na troca de informações relevantes (I-03) – 3,99; e utilidade percebida e facilidade de uso pelos envolvidos (E-03) – 3,94.

Acima do limite mínimo para priorização, outros seis FCS foram avaliados com altos graus de importância de acordo com as médias e o intervalo de confiança calculados: requisitos e diretrizes para recebimento dos entregáveis (E-04) – 3,91; liderança e incentivo governamental (I-01) – 3,90; forma de contratação apropriada (E-01) – 3,87; disponibilidade de pessoal qualificado (O-01) – 3,87; disponibilidade de infraestrutura tecnológica (O-05) – 3,84; e política de adoção eficaz da entidade (O-05) – 3,82.

Uma das observações dos participantes é que o contratante deve ter completa consciência de sua importância no processo de implantação, desenvolvendo um termo de referência que possua todas as informações necessárias (fluxos, *templates* e ativos) aos interessados, além de estar presente em todas as fases contratadas, deixando a mentalidade de somente receber a documentação final.

Tabela 1 – Avaliação do grau de importância dos FCS da implantação do BIM por organizações públicas

Níveis	Priorização dos Fatores Críticos de Sucesso (FCS)	% Muito Baixo (1)	% Baixo (2)	% Médio (3)	% Alto (4)	% Muito Alto (5)	% (4) ou (5)	Média	Desvio Padrão	I.C. = 95%		Ranking
E-02	Envolvimento adequado da equipe	1,5%	5,9%	4,4%	36,8%	51,5%	88,2%	4,31	0,92	4,09	4,53	1º
O-04	Cultura organizacional favorável	2,9%	2,9%	11,8%	42,6%	39,7%	82,4%	4,13	0,94	3,91	4,36	2º
I-04	Fluxo de processos colaborativo entre os envolvidos	2,9%	4,4%	14,7%	41,2%	36,8%	77,9%	4,04	0,98	3,81	4,28	3º
I-03	Interoperabilidade na troca de informações relevantes	4,4%	7,4%	8,8%	44,1%	35,3%	79,4%	3,99	1,07	3,73	4,24	4º
E-03	Utilidade percebida e facilidade de uso pelos envolvidos	2,9%	2,9%	19,1%	47,1%	27,9%	75,0%	3,94	0,93	3,72	4,16	5º
E-04	Requisitos e diretrizes para recebimento dos entregáveis	4,4%	10,3%	10,3%	39,7%	35,3%	75,0%	3,91	1,13	3,64	4,18	6º
I-01	Liderança e incentivo governamental	1,5%	7,4%	26,5%	29,4%	35,3%	64,7%	3,90	1,02	3,65	4,14	7º
E-01	Forma de contratação apropriada	2,9%	4,4%	23,5%	41,2%	27,9%	69,1%	3,87	0,98	3,64	4,10	8º
O-01	Disponibilidade de pessoal qualificado	2,9%	4,4%	22,1%	44,1%	26,5%	70,6%	3,87	0,96	3,64	4,10	9º
O-08	Disponibilidade de infraestrutura tecnológica	1,5%	2,9%	26,5%	48,5%	20,6%	69,1%	3,84	0,84	3,64	4,04	10º
O-05	Política de adoção eficaz da entidade	1,5%	7,4%	25,0%	39,7%	26,5%	66,2%	3,82	0,96	3,60	4,05	11º
O-02	Requisitos dos clientes e proprietários	5,9%	8,8%	25,0%	33,8%	26,5%	60,3%	3,66	1,14	3,39	3,93	12º

O-07	Disponibilidade de recursos financeiros	1,5%	4,4%	36,8%	44,1%	13,2%	57,4%	3,63	0,83	3,44	3,83	13º
O-03	Disponibilidade em gerar informações críticas para análises do ciclo de vida	1,5%	10,3%	32,4%	38,2%	17,6%	55,9%	3,60	0,95	3,38	3,83	14º
I-02	Regulação e legislação governamental	5,9%	14,7%	38,2%	26,5%	14,7%	41,2%	3,29	1,08	3,04	3,55	15º
O-06	Nível de experiência dentro da entidade	0,0%	16,2%	58,8%	17,6%	7,4%	25,0%	3,16	0,78	2,98	3,35	16º
FCS	Médias gerais dos FCS	2,8%	7,2%	24,0%	38,4%	27,7%	66,1%	3,81	1,01	3,57	4,05	-

Fonte: O Autor

A respeito da aquisição de hardware e software adequados, a disposição de recursos financeiros da alta gerência em investir também foi lembrada, sugerindo-se a realização prolongada de testes antes da compra, devido aos altos valores envolvidos e à existência de muitas opções no mercado.

Dessa forma, dos onze FCS priorizados, quatro estão no nível de análise organizacional, três pertencem ao nível da indústria AECO e os outros quatro são classificados no nível do empreendimento. Observa-se também que todos os FCS priorizados tiveram mais de 65% dos participantes avaliando-os com alto ou muito alto grau de importância no sucesso da implantação do BIM por organizações públicas, destacando-se com cerca de 80%: envolvimento adequado da equipe (88,2%); e cultura organizacional favorável (82,4%); e interoperabilidade na troca de informações relevantes (79,4%).

Um dos participantes comentou sobre a criação de um ambiente interno de troca de informação entre todos para que haja aprendizado com os erros e acertos, o que é fundamental para o crescimento técnico da equipe. Outro comentário abordou a relevância da adoção de entregáveis interoperáveis, visando não somente a inclusão (participação mais ampla de todos os envolvidos do setor), mas também a transparência, permitindo o compartilhamento e verificação de métricas entre empreendimentos equivalentes.

Com relação aos FCS não priorizados, os cinco foram avaliados com médio a alto grau de importância pelos participantes: requisitos dos clientes e proprietários (O-02) – 3,66; disponibilidade de recursos financeiros (O-07) – 3,63; disponibilidade em gerar informações críticas para análises do ciclo de vida (O-03) – 3,60; regulação e legislação governamental (I-02) – 3,29; e nível de experiência dentro da entidade (O-06) – 3,16.

A Tabela 2 traz os maiores e menores graus de importância atribuídos a cada um dos FCS, de acordo com subgrupos da amostra que foram divididos por aspectos de caracterização dos profissionais, tais: formação profissional; grau de escolaridade; áreas de atuação; e o tempo de experiência com BIM.

Dentre a amostra de 28 profissionais que não trabalham no setor público, estão os mais altos graus de importância médios dos FCS: envolvimento

adequado da equipe (E-02) – 4,43; fluxo de processos colaborativo entre os envolvidos (I-04) – 4,21; utilidade percebida e facilidade de uso pelos envolvidos (E-03) – 4,07; e requisitos dos clientes e proprietários (O-02) – 3,89.

Com relação a amostra de 15 profissionais que trabalham no setor público e possuem pelo menos 8 anos de experiência com BIM, além da média geral do grau de importância de todos os FCS ter sido uma das maiores com 3,95, também os seguintes FCS foram avaliados com as maiores médias, dentre os subgrupos: disponibilidade de pessoal qualificado (O-01) – 4,40; forma de contratação apropriada (E-01) – 4,20; disponibilidade de infraestrutura tecnológica (O-08) – 4,07; disponibilidade de recursos financeiros (O-07) – 4,00; e disponibilidade em gerar informações críticas para análises do ciclo de vida (O-03) – 3,80. Em contrapartida, dois FCS priorizados na amostra geral obtiveram seus menores graus de importância nesse subgrupo: envolvimento adequado da equipe (E-02) – 4,20; e a liderança e incentivo governamental (I-01) – 3,73, sendo que este último não teria sido um dos FCS priorizados na visão desses profissionais.

De forma contrária, ao analisar-se os resultados da amostra de 16 profissionais do setor público que possuem menos de 5 anos de experiência em BIM, esse foi o subgrupo com a menor média geral atribuída a todos os FCS com 3,68, bem como os seguintes FCS que obtiveram suas menores médias de importância, dentre os subgrupos analisados: requisitos e diretrizes para recebimento dos entregáveis (E-04) – 3,75; forma de contratação apropriada (E-01) – 3,75; disponibilidade de pessoal qualificado (O-01) – 3,56; disponibilidade de recursos financeiros (O-07) – 3,38; disponibilidade em gerar informações críticas para análises do ciclo de vida (O-03) – 3,25; e nível de experiência dentro da entidade (O-06) – 2,75, o que indica que o tempo de experiência pessoal com BIM influencia na percepção do grau de importância dos FCS.

Tabela 2 – Avaliação dos FCS em subgrupos amostrais

Níveis de Análise	Fatores Críticos de Sucesso (FCS)	Maiores graus de importância			Menores graus de importância		
		Média	Desvpad [‡]	Amostra (n)	Média	Desvpad	Amostra (n)
E-02	Envolvimento adequado da equipe	4,43	0,96	Não trabalha no setor público (28)	4,20	1,01	Setor público com pelo menos 8 anos de experiência em BIM (15)
		4,43	0,88	Atua em fiscalização ou gerenciamento de obras (28)	4,20	1,12	Atua em consultoria (25)
O-04	Cultura organizacional favorável	4,27	0,67	Exceto Arquitetos (33)	4,03	1,14	Arquitetos (34)
		4,25	0,68	Atua em construção (16)	4,04	1,14	Atua em consultoria (25)
I-04	Fluxo de processos colaborativo entre os envolvidos	4,27	0,79	Atua com operação e manutenção (11)	3,91	1,22	Arquitetos (34)
		4,21	0,96	Não trabalha no setor público (28)			
I-03	Interoperabilidade na troca de informações relevantes	4,31	0,70	Atua em construção (16)	3,87	1,10	Menos de 5 anos de experiência em BIM (23)
		4,21	0,88	Atua com pesquisa e ensino (28)	3,91	1,22	Atua com operação e manutenção (11)
E-03	Utilidade percebida e facilidade de uso pelos envolvidos	4,07	0,86	Não trabalha no setor público (28)	3,87	0,76	Engenheiros Civis (23)
E-04	Requisitos e diretrizes para recebimento dos entregáveis	4,18	1,10	Pelo menos 8 anos de experiência em BIM (33)	3,75	1,24	Setor público com menos de 5 anos de experiência em BIM (16)
		4,20	1,04	Atua em consultoria (25)	3,78	1,13	Atua com concepção e viabilidade ou licitação e contratação (32)
I-01	Liderança e incentivo governamental	4,13	0,89	Atua em construção (16)	3,55	1,21	Atua com operação e manutenção (11)
		4,09	0,90	Engenheiros Civis (23)	3,73	1,03	Setor público com pelo menos 8 anos de experiência em BIM (15)

[‡] Desvio Padrão

E-01	Forma de contratação apropriada	4,20	0,68	Setor público com pelo menos 8 anos de experiência em BIM (15)	3,75	0,86	Setor público com menos de 5 anos de experiência em BIM (16)
		4,09	0,54	Atua com operação e manutenção (11)	3,75	0,84	Atua com concepção e viabilidade ou licitação e contratação (32)
O-01	Disponibilidade de pessoal qualificado	4,40	0,63	Setor público com pelo menos 8 anos de experiência em BIM (15)	3,56	1,21	Setor público com menos de 5 anos de experiência em BIM (16)
O-05	Política de adoção eficaz da entidade	4,07	0,94	Atua com pesquisa e ensino (28)	3,72	1,02	Atua em consultoria (25)
		4,06	1,06	Pelo menos 8 anos de experiência em BIM (33)	3,74	0,81	Menos de 5 anos de experiência em BIM (23)
O-08	Disponibilidade de infraestrutura tecnológica	4,13	0,81	Atua em construção (16)	3,60	0,71	Atua em consultoria (25)
		4,07	0,80	Setor público com pelo menos 8 anos de experiência em BIM (15)	3,68	0,67	Não trabalha no setor público (28)
O-02	Requisitos dos clientes e proprietários	3,89	1,07	Não trabalha no setor público (28)	3,36	1,12	Atua com operação e manutenção (11)
O-07	Disponibilidade de recursos financeiros	4,00	0,76	Setor público com pelo menos 8 anos de experiência em BIM (15)	3,38	0,96	Setor público com menos de 5 anos de experiência em BIM (16)
O-03	Disponibilidade em gerar informações críticas para análises do ciclo de vida	3,94	0,85	Atua em construção (16)	3,50	1,01	Possui mestrado, doutorado ou pós-doutorado (40)
		3,80	0,94	Setor público com pelo menos 8 anos de experiência em BIM (15)	3,25	1,06	Setor público com menos de 5 anos de experiência em BIM (16)
I-02	Regulação e legislação governamental	3,70	0,76	Engenheiros Civis (23)	3,03	1,05	Trabalha no setor público com BIM (29)
		3,58	1,17	Pelo menos 8 anos de experiência em BIM (33)	2,82	1,08	Atua com operação e manutenção (11)
O-06	Nível de experiência dentro da entidade	3,48	0,85	Setor público com pelo menos 5 anos de experiência em BIM (23)	2,75	0,46	Setor público com menos de 5 anos de experiência em BIM (16)
FCS	Médias gerais dos FCS	3,99	0,76	Atua em construção (16)	3,75	1,17	Arquitetos (34)
		3,95	0,93	Setor público com pelo menos 8 anos de experiência em BIM (15)	3,68	1,07	Setor público com menos de 5 anos de experiência em BIM (16)

Fonte: O Autor

Outro subgrupo que obteve a maior média geral dos FCS avaliados com 3,99 foi a amostra de 16 profissionais que atuam com construção, destacando-se com os maiores graus de importância: interoperabilidade na troca de informações relevantes (I-03) – 4,31; cultura organizacional favorável (O-04) – 4,25; liderança e incentivo governamental (I-01) – 4,13; disponibilidade de infraestrutura tecnológica (O-08) – 4,13; e disponibilidade em gerar informações críticas para análises do ciclo de vida (O-03) – 3,94.

Com relação aos profissionais que atuam na etapa de operação e manutenção, a amostra de 11 participantes considerou outros FCS com os maiores graus de importância, dentre os subgrupos analisados: fluxo de processos colaborativo entre os envolvidos (I-04) – 4,27; e forma de contratação apropriada (E-01) – 4,09. Esse subgrupo avaliou os seguintes FCS com as menores médias de importância, dentre os subgrupos analisados: interoperabilidade na troca de informações relevantes (I-03) – 3,91; liderança e incentivo governamental (I-01) – 3,55; requisitos dos clientes e proprietários (O-02) – 3,36; e regulação e legislação governamental (I-02) – 2,82, indicando que esses profissionais não consideram agentes externos à organização, a exemplo dos clientes, proprietários e esferas governamentais de legislação e regulação, como críticas ao processo de adoção do BIM.

Outros comentários citados pelos respondentes abrangem a necessidade primordial antes da implantação de se definir claramente os objetivos das modelagens, o fluxo de trabalho, softwares, os requisitos de clientes, o conteúdo da informação e promover o entendimento comum entre os participantes. Além disso, foi ressaltada a importância de a alta gerência explicitar que a adoção do BIM envolve metas de longo prazo com marcos de curto e médio prazos para treinamento e implementação de usos de forma paulatina.

5.3.2. Correlação entre os Fatores Críticos de Sucesso

Anteriormente à determinação dos graus de correlação entre os FCS, foi aplicado o teste de Kolmogorov-Smirnov para os dados da amostra, visando avaliar a hipótese de que seguiriam uma distribuição normal. Os testes resultaram em índices acima do valor crítico, levando à rejeição da hipótese de normalidade, que é necessária para que se possa aplicar o coeficiente de correlação de Pearson.

Dessa forma, como os dados envolvidos não seguem uma distribuição normal, deve ser aplicado o método não-paramétrico de Spearman para determinação do coeficiente de correlação. Esse coeficiente (r_s) avalia a relação monotônica entre duas variáveis, que tendem a mudar juntas, mas não necessariamente a uma taxa constante, podendo variar entre -1 a 1 (ZAR, 1972).

De acordo com os valores tabelados por Zar (1972), para um tamanho de amostra com 68 indivíduos, como o da presente pesquisa, valores de correlação acima de 0,239 são considerados significativamente correlacionados com intervalo de confiança I.C. (95%). Os FCS que obtiveram coeficiente entre 0,30 a 0,50 são considerados com grau positivo de correlação moderado, e aqueles acima de 0,50 como grau positivo de correlação forte.

A Tabela 3 reúne os coeficientes de correlação de Spearman calculados entre cada um dos FCS, variando positivamente entre o mínimo de 0,05 até o máximo de 0,72. O coeficiente de correlação de Spearman foi calculado para as todas as possíveis 120 inter-relações, dentre os 16 FCS, o que resultou em um total de 28 correlações positivas fortes (23,3%), com coeficiente igual ou maior que 0,50, que estão representadas em negrito.

Tabela 3 – Correlação entre os FCS da implantação do BIM por organizações públicas

Identificador	Fator Crítico de Sucesso (FCS)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	$R_s \geq 0,50$
1	Cultura organizacional favorável	-	0,37	0,25	0,27	0,29	0,59	0,56	0,43	0,50	0,39	0,36	0,53	0,20	0,50	0,42	0,40	5
2	Disponibilidade de infraestrutura tecnológica	0,37	-	0,56	0,51	0,34	0,47	0,50	0,42	0,55	0,34	0,30	0,38	0,32	0,22	0,28	0,45	4
3	Disponibilidade de pessoal qualificado	0,25	0,56	-	0,49	0,42	0,35	0,28	0,30	0,39	0,09	0,37	0,33	0,14	0,23	0,34	0,41	1
4	Disponibilidade de recursos financeiros	0,27	0,51	0,49	-	0,37	0,38	0,22	0,33	0,28	0,08	0,20	0,17	0,22	0,06	0,16	0,16	1
5	Disponibilidade em gerar informações críticas para análises do ciclo de vida	0,29	0,34	0,42	0,37	-	0,30	0,49	0,22	0,44	0,08	0,44	0,25	0,05	0,20	0,11	0,16	0
6	Envolvimento adequado da equipe	0,59	0,47	0,35	0,38	0,30	-	0,48	0,53	0,48	0,47	0,38	0,51	0,35	0,51	0,47	0,63	5
7	Fluxo de processos colaborativo entre os envolvidos	0,56	0,50	0,28	0,22	0,49	0,48	-	0,47	0,62	0,39	0,37	0,43	0,41	0,59	0,51	0,48	5
8	Forma de contratação apropriada	0,43	0,42	0,30	0,33	0,22	0,53	0,47	-	0,49	0,47	0,37	0,49	0,40	0,51	0,54	0,45	3
9	Interoperabilidade na troca de informações relevantes	0,50	0,55	0,39	0,28	0,44	0,48	0,62	0,49	-	0,47	0,50	0,57	0,40	0,45	0,51	0,38	6

10	Liderança e incentivo governamental	0,39	0,34	0,09	0,08	0,08	0,47	0,39	0,47	0,47	-	0,41	0,51	0,57	0,45	0,46	0,49	2
11	Nível de experiência dentro da entidade	0,36	0,30	0,37	0,20	0,44	0,38	0,37	0,37	0,50	0,41	-	0,53	0,49	0,38	0,32	0,45	2
12	Política de adoção eficaz da entidade	0,53	0,38	0,33	0,17	0,25	0,51	0,43	0,49	0,57	0,51	0,53	-	0,49	0,45	0,50	0,46	6
13	Regulação e legislação governamental	0,20	0,32	0,14	0,22	0,05	0,35	0,41	0,40	0,40	0,57	0,49	0,49	-	0,51	0,43	0,28	2
14	Requisitos dos clientes e proprietários	0,50	0,22	0,23	0,06	0,20	0,51	0,59	0,51	0,45	0,45	0,38	0,45	0,51	-	0,72	0,49	6
15	Requisitos e diretrizes para recebimento dos entregáveis	0,42	0,28	0,34	0,16	0,11	0,47	0,51	0,54	0,51	0,46	0,32	0,50	0,43	0,72	-	0,54	6
16	Utilidade percebida e facilidade de uso pelos envolvidos	0,40	0,45	0,41	0,16	0,16	0,63	0,48	0,45	0,38	0,49	0,45	0,46	0,28	0,49	0,54	-	2

Fonte: O Autor

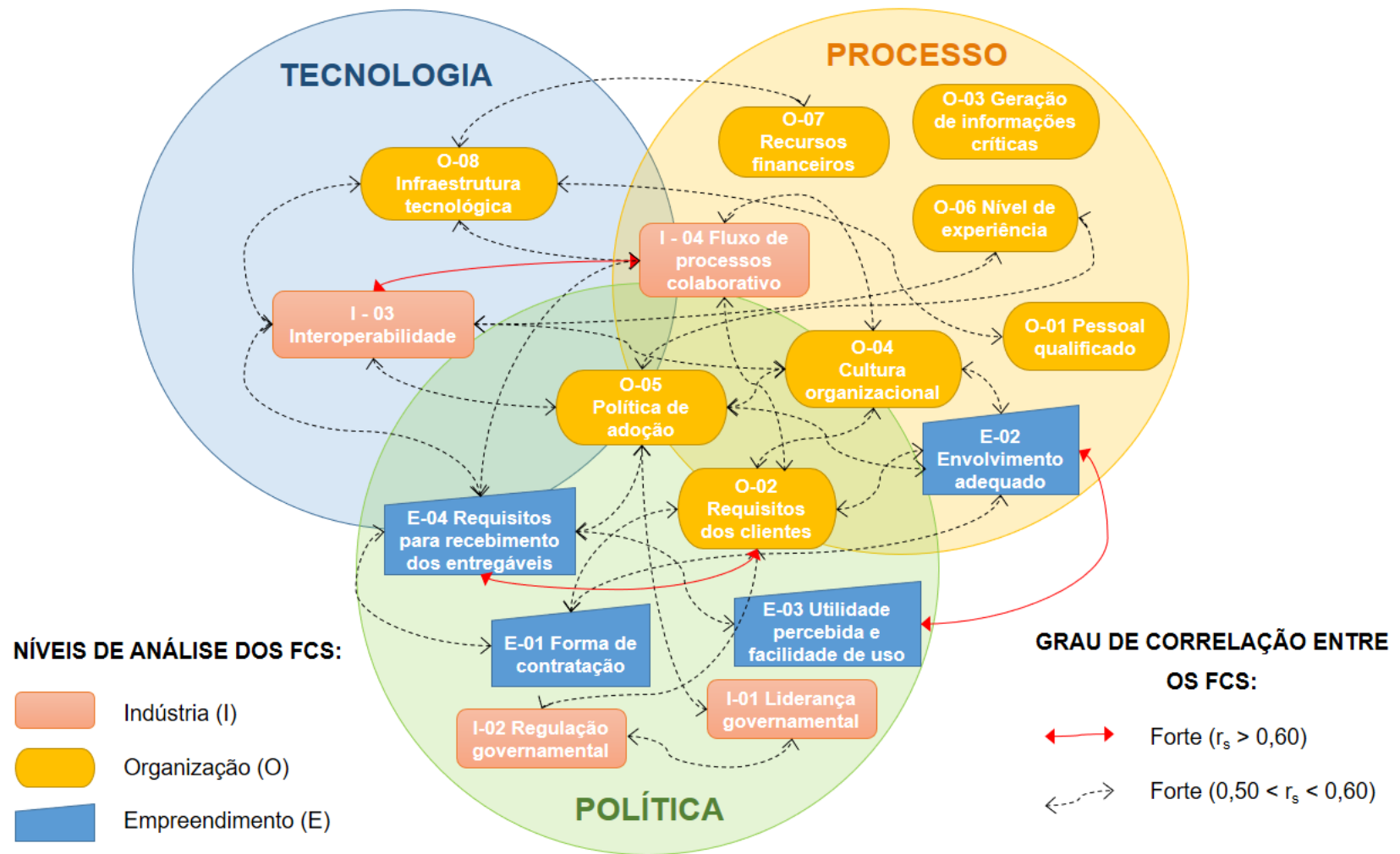
O mapa de correlações entre os FCS foi desenvolvido, a partir do agrupamento deles dentre os três campos de: processo; tecnologia; e política, baseando-se no conjunto de competências BIM, propostas por Succar *et al.* (2012), divididas nesses campos. O mapa representa a correlação entre os FCS que obtiveram índice de correlação de Spearman de, pelo menos, 0,50, considerados de grau alto positivo, como pode ser visualizado na Figura 24. As três correlações mais fortes que ultrapassaram o valor de 0,60 para o coeficiente ocorreram dentre os seguintes FCS:

- a) $r_s = 0,72$ (O-02 Requisitos dos clientes e proprietários x E-04 Requisitos e diretrizes para recebimento dos entregáveis);
- b) $r_s = 0,63$ (E-02 Envolvimento adequado da equipe x E-03 Utilidade percebida e facilidade de uso pelos envolvidos);
- c) $r_s = 0,62$ (I-04 Fluxo de processos colaborativo entre os envolvidos x I-03 Interoperabilidade na troca de informações relevantes);

A Tabela 4 faz um comparativo do *ranking* da priorização dos FCS com o *ranking* do número de correlações fortes verificadas para os FCS. Dentre os nove FCS que obtiveram mais correlações fortes, destacam-se: I-03 Interoperabilidade na troca de informações relevantes; O-05 Política de adoção eficaz da entidade; O-02 Requisitos dos clientes e proprietários; e E-04 Requisitos e diretrizes para recebimento dos entregáveis, todos com 6 correlações cada. Em seguida, registram 5 correlações: O-04 Cultura organizacional favorável; E-02 Envolvimento adequado da equipe; e I-04 Fluxo de processos colaborativo entre os envolvidos.

As principais diferenças observadas entre os *rankings* foram verificadas em FCS que não obtiveram os maiores graus de importância, mas estão entre os que possuem mais correlações fortes com outros FCS: O-05 Política de adoção eficaz da entidade; O-02 Requisitos dos clientes e proprietários; e E-04 Requisitos e diretrizes para recebimento dos entregáveis.

Figura 24 - Mapa de correlação entre os FCS para implantação do BIM por organizações públicas



Fonte: O Autor

Tabela 4 – Comparação dos *rankings* de priorização e correlação dos FCS

Níveis de Análise	Fatores Críticos de Sucesso (FCS)	Priorização		Correlação	
		Média	Ranking	Total Fortes	Ranking
E-02	Envolvimento adequado da equipe	4,31	1º	5	5º
O-04	Cultura organizacional favorável	4,13	2º	5	5º
I-04	Fluxo de processos colaborativo entre os envolvidos	4,04	3º	5	5º
I-03	Interoperabilidade na troca de informações relevantes	3,99	4º	6	1º
E-03	Utilidade percebida e facilidade de uso pelos envolvidos	3,94	5º	2	10º
E-04	Requisitos e diretrizes para recebimento dos entregáveis	3,91	6º	6	1º
I-01	Liderança e incentivo governamental	3,90	7º	2	10º
E-01	Forma de contratação apropriada	3,87	8º	3	9º
O-01	Disponibilidade de pessoal qualificado	3,87	9º	1	13º
O-08	Disponibilidade de infraestrutura tecnológica	3,84	10º	4	8º
O-05	Política de adoção eficaz da entidade	3,82	11º	6	1º
O-02	Requisitos dos clientes e proprietários	3,66	12º	6	1º
O-07	Disponibilidade de recursos financeiros	3,63	13º	1	13º
O-03	Disponibilidade em gerar informações críticas para análises do ciclo de vida	3,60	14º	0	16º
I-02	Regulação e legislação governamental	3,29	15º	2	10º
O-06	Nível de experiência dentro da entidade	3,16	16º	1	13º

Fonte: O Autor

Apesar do FCS O-02 - Requisitos dos clientes e proprietários ter sido considerado apenas como o décimo segundo mais importante com média de 3,66, não estando dentre aqueles priorizados inicialmente na avaliação dos participantes, possui seis correlações fortes com outros FCS, incluindo a mais forte verificada com o FCS - E-04 Requisitos e diretrizes para recebimento dos entregáveis, revelando a influência relevante da existência desses requisitos especificados pelos clientes ou proprietários para implementação do BIM na organização, assim como no recebimento dos entregáveis de um empreendimento que utilize o BIM.

Em contrapartida, os seguintes FCS que foram priorizados na avaliação pelo grau de importância, não estão entre os nove FCS com maior número de correlações fortes: E-03 Utilidade percebida e facilidade de uso pelos envolvidos; I-01 Liderança e incentivo governamental; e O-01 Disponibilidade de pessoal qualificado.

As outras duas correlações mais fortes envolvem os FCS que foram avaliados dentre os cinco mais importantes e que são classificados em um mesmo nível de análise, como a que abrange os participantes de um empreendimento que está adotando o BIM, com os FCS - E-02 Envolvimento adequado da equipe e E-03 Utilidade percebida e facilidade de uso.

Outros dois FCS fortemente correlacionados envolvem aspectos considerados essenciais na implantação do BIM por diversos autores (EASTMAN *et al.*, 2011; EADIE *et al.*, 2013; BERNSTEIN *et al.*, 2014; HARDIN; MCCOOL, 2015), que são a interoperabilidade na troca de informações e o fluxo de processos colaborativo.

A partir dessa análise comparativa entre o *ranking* inicial de priorização dos FCS, por meio da média do grau de importância avaliado, com o *ranking* do número de correlações fortes verificadas, um total de doze FCS foram destacados nessas duas análises.

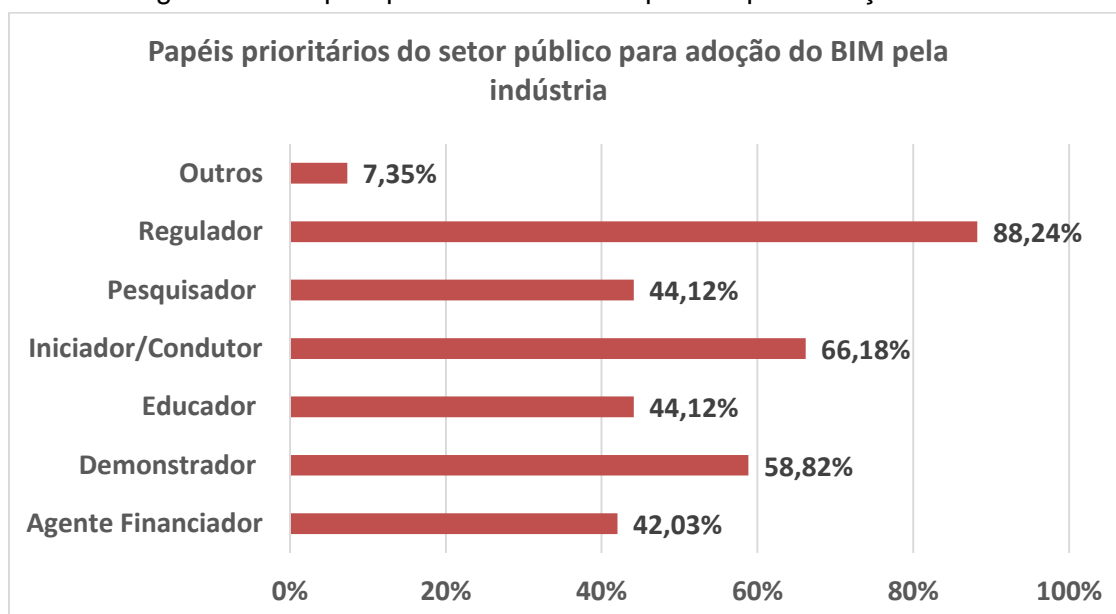
5.3.3. Avaliação das Ações Potenciais para Gerenciamento dos FCS

Como parte da etapa de Avaliação, as ações potenciais para gerenciamento dos FCS foram avaliadas através do levantamento com profissionais brasileiros envolvidos com o uso do BIM em organizações públicas, dentre gestores públicos, acadêmicos e especialistas, com vistas a evidenciar o valor e a utilidade de cada uma.

A seguir, serão apresentados os resultados das avaliações para cada questão relacionada com as ações potenciais para gerenciamento dos FCS trazidas no item 5.2.2.

A avaliação dos papéis que poderiam ser assumidos prioritariamente pelo setor público para promoção e fomento à adoção pelo setor resultou na grande maioria dos participantes (88,24%) considerando que o papel de regulador com normas, protocolos, *mandates* e padrões seria o mais apropriado, seguido por: iniciador/condutor com definição de metas, comitês, atividades (66,18%); e demonstrador com projetos pilotos, planos internos e testes de tecnologias (58,82%), como pode ser visto na Figura 25.

Figura 25 – Papéis prioritários do setor público para adoção do BIM

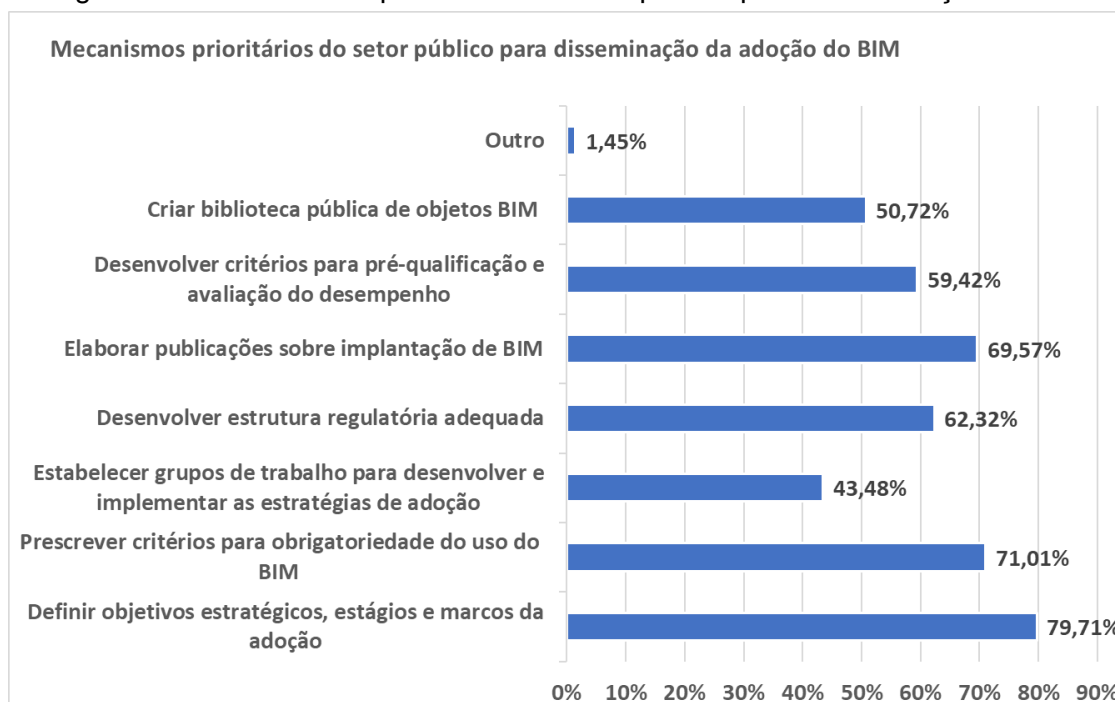


Fonte: O Autor

Dentre os comentários opcionais que alguns participantes enviaram, destacam-se aqueles que citam o papel governamental de indução, a partir da sua relevância e poder de compra como contratante podendo estabelecer políticas de obrigatoriedade do uso em condições definidas e progressivas. Percebe-se também semelhança entre essas atribuições citadas e o papel de iniciação/condução que foi considerado como o segundo mais prioritário para gerenciamento dos FCS (I-01) - liderança e incentivo governamental, bem como (I-02) - Regulação e legislação governamental.

A respeito dos mecanismos propostos que poderiam ser aplicados pelo setor público, de acordo com os papéis que estiverem sendo exercidos para disseminação do BIM, foram considerados prioritários: definir objetivos estratégicos, estágios e marcos para a adoção (79,71%); prescrever critérios para definição dos empreendimentos em que o uso do BIM passe a ser obrigatório na contratação (71,01%) elaborar publicações sobre implantação do BIM, incluindo guias, protocolos e *mandates* (69,57%); e desenvolver estrutura regulatória adequada (62,32%), conforme Figura 26.

Figura 26 – Mecanismos prioritários do setor público para disseminação do BIM

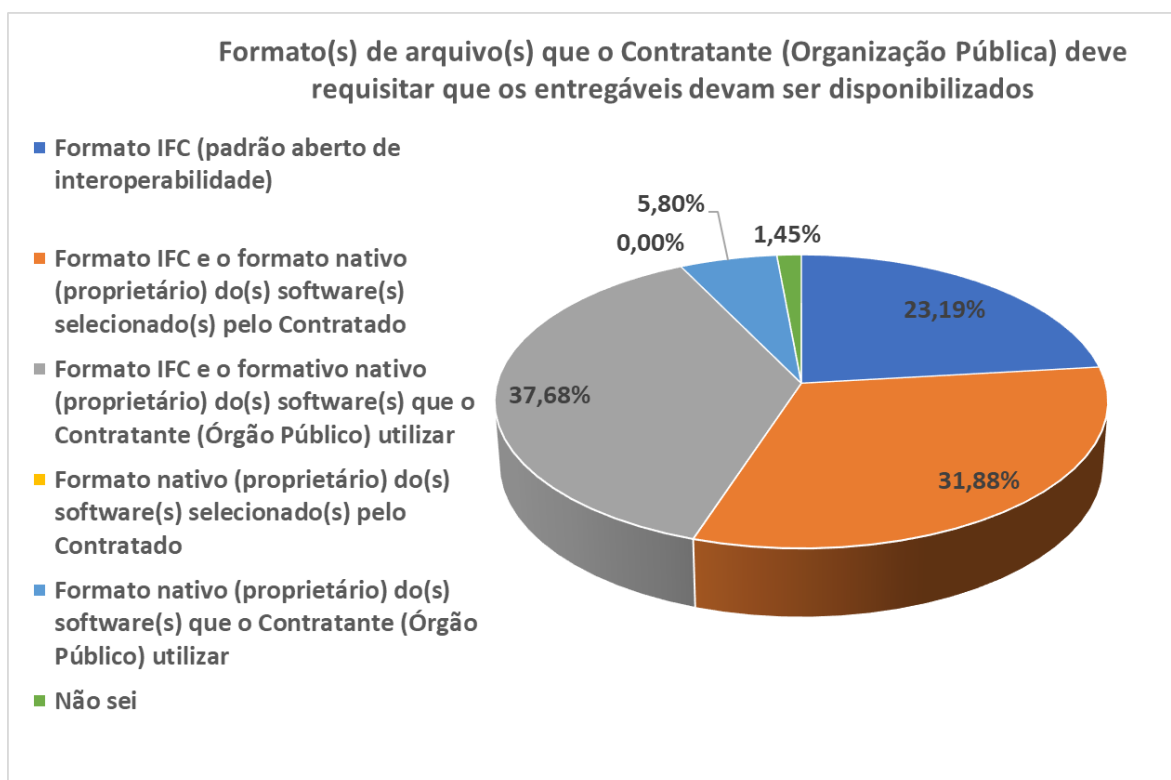


Fonte: O Autor

Visando a proposição de protocolos para compartilhamento de informações, um aspecto relevante para definição são os formatos de arquivos que o Contratante deve requisitar para que os entregáveis sejam disponibilizados, considerando a importância do FCS (I-03) - Interoperabilidade na troca de informações relevantes, os aspectos legais envolvidos em contratações públicas, as necessidades e ferramentas utilizadas pelas organizações públicas.

Quase a totalidade (92,75%) da amostra de profissionais concorda que o formato IFC (padrão aberto de interoperabilidade) deva ser requisitado, entretanto, apenas 23,19% consideram que este deva ser o único formato a ser entregue. Conforme Figura 27, para 37,68% dos profissionais deve ser também requisitado o formativo nativo (proprietário) do(s) software(s) que o contratante utilizar, enquanto que outros 31,88% acreditam que é preciso do formato nativo (proprietário) do(s) software(s) selecionado(s) pelo Contratado, o que revela percepções diferentes sobre a disponibilização dos formatos nativos de desenvolvimento dos modelos BIM.

Figura 27 – Formato de arquivo que o Contratante deve requisitar para os entregáveis



Fonte: O Autor

Alguns participantes comentaram que a manutenção da entrega no formato nativo ainda é importante devido às perdas de informações que ocorrem com o IFC. De outro lado, argumenta-se que existem restrições e aspectos jurídicos de direitos autorais no uso de formatos proprietários, cabendo ao contratante receber nos formatos IFC e PDF.

Uma ação potencial no nível organizacional proposta foi a de aplicação do Plano de Execução BIM para gerenciamento do FCS (O-05) – Política de adoção eficaz da entidade, entretanto, para isso, é necessário que a organização desenvolva e publique um *mandate*, documento prescritivo e obrigatório que orienta o planejamento e a execução da implantação.

Dessa forma, foram avaliados um conjunto de quatorze itens presentes nesses documentos, de acordo com a revisão da literatura, para que fossem escolhidos aqueles considerados obrigatórios, conforme Tabela 5.

Tabela 5 – Avaliação dos itens obrigatórios para elaboração de *mandate*

Ranking	Itens que devem constar obrigatoriamente em um <i>mandate</i>	% de concordância
1	Interoperabilidade para troca de informações	82,61%
2	Requisitos ou modelo (<i>template</i>) para o Plano de Execução BIM dos empreendimentos	81,16%
3	Convenções de nomenclatura e organização dos dados	79,71%
4	Níveis de desenvolvimento (LOD) e estruturação dos modelos	76,81%
5	Procedimentos de Controle da Qualidade dos modelos	72,46%
6	Papéis e Responsabilidades dos envolvidos	69,57%
7	Formas de Contratação e Qualificação	63,77%
7	Padrões de representação gráfica e apresentação dos componentes	63,77%
9	Modos de Colaboração pretendidos	62,32%
10	Usos, Funções e Análises/Simulações esperadas por fases do ciclo de vida	60,87%
11	Cronograma de Pagamentos (especialmente com definição da remuneração da fase de projeto)	53,62%
11	Requisitos para Operação e Manutenção (COBie)	53,62%
11	Direitos de Propriedade Intelectual dos modelos e seus componentes	53,62%
14	Especificação dos softwares	30,43%
15	Outro	2,90%

Fonte: O Autor

A referida Tabela 5 revela que quase todos os itens foram considerados obrigatórios por mais da metade dos avaliadores, sendo que cinco deles foram escolhidos, por pelo menos, cerca de 70% dos profissionais: interoperabilidade (82,61%); requisitos ou modelo para o BEP (81,16%); convenções de nomenclatura e organização dos dados (79,71%); LOD e estruturação dos modelos (76,81%); procedimentos de controle da qualidade dos modelos (72,46%); e papéis e responsabilidades dos envolvidos (69,57%).

Apenas 30,43% da amostra considera que esses documentos devam especificar os softwares que serão utilizados e somente 2,9% escolheram outro item, indicando que o conjunto de itens propostos foi abrangente para o escopo dos *mandates*. De forma exemplificativa, um dos participantes comentou que deve ser claramente definida a metodologia que será adotada para o cronograma físico-financeiro da obra, envolvendo os modelos BIM 4D e a orçamentação.

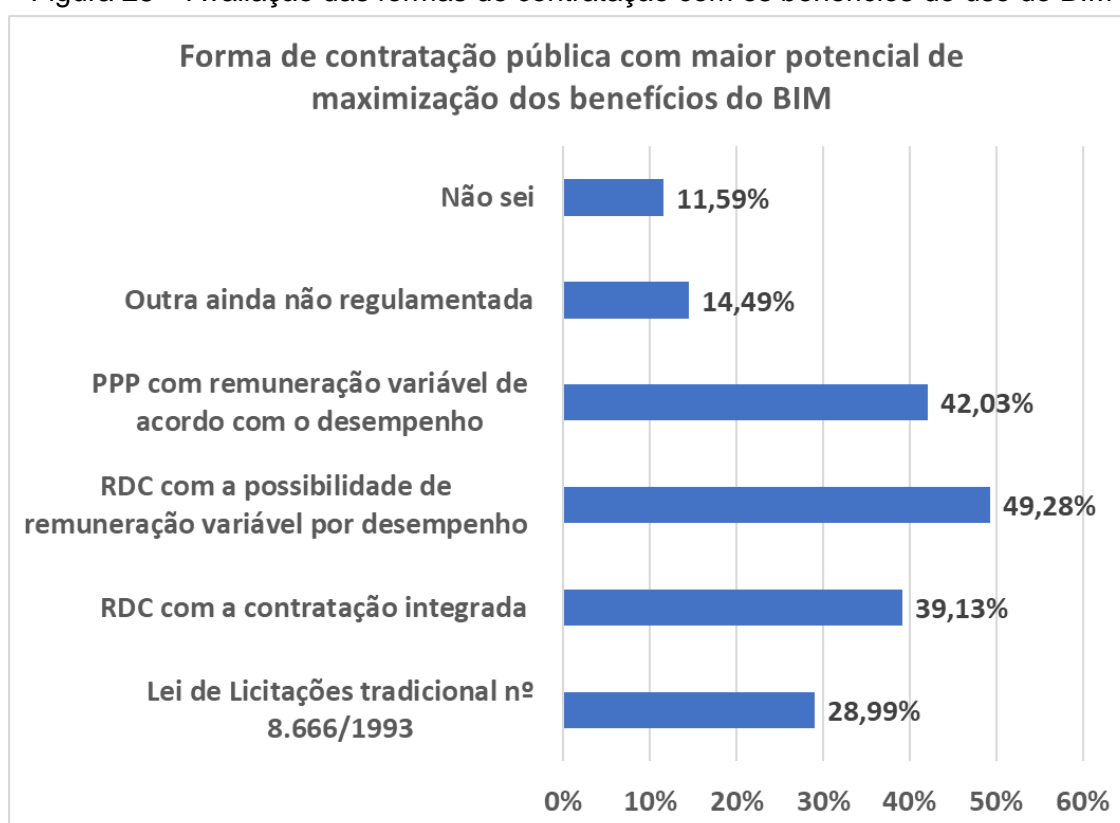
Em nível de análise do empreendimento, o FCS (E-01) - Forma de contratação apropriada pode ser gerenciado a partir da ação potencial de definição de critérios para seleção dos métodos de entrega. Para isso, investigou-se quais formas de contratação pública brasileiras existentes para empreendimentos de construção teria maior potencial de maximização dos benefícios do BIM, dentre elas, a tradicional Lei nº 8.666/1993, os regimes de RDC e PPP, ou outra forma ainda não regulamentada.

Embora essa questão tenha tido um percentual maior de respondentes (11,59%) que tenham indicado não saber responder, as formas de contratação consideradas mais apropriadas à geração dos benefícios de uso do BIM foram as que ainda são menos utilizadas e disseminadas no Brasil: RDC com remuneração variável por desempenho como metas, padrões de qualidade, critérios de sustentabilidade e prazos, que pode equivaler ao sistema DB ou DBB (49,28%); e a PPP englobando projetos, construção e operação com remuneração variável, de acordo com o desempenho, equivalente ao sistema DBO/M (42,03%), como é mostrado na Figura 28.

O percentual de participantes que selecionaram outra forma ainda não regulamentada (14,49%) e que citaram o *Integrated Project Delivery (IPD)*

corroboram o crescimento da tendência na valorização de novos sistemas de contratação que utilizem mecanismos alternativos como a remuneração por desempenho, compartilhamento de riscos e resultados. De forma similar, um dos comentários sugere que o governo brasileiro deveria estudar as modalidades conhecidas nos EUA como IPD, em que todos os participantes do empreendimento atuam como um ente único em busca do melhor projeto, obra e operação do ativo, e o Design-Build (DB), em que um ente jurídico único é responsável pelo projeto e construção, diminuindo a segregação e desintegração atual entre as etapas e os resultados dos empreendimentos.

Figura 28 – Avaliação das formas de contratação com os benefícios do uso do BIM



Fonte: O Autor

Ressalta-se que o regime RDC com a contratação integrada das etapas de projeto (básico e executivo), construção e pré-operação, o mais próximo do sistema DB americano, obteve 39,13% das respostas. De outro lado, a tradicional Lei nº 8.666/1993 com separação das etapas de concepção dos projetos, contratação, construção e operação, equivalente ao sistema DBB, atingiu os menores percentuais em potencial de maximização dos benefícios do

BIM com 28,99%, reforçando as críticas existentes sobre as suas deficiências quanto à integração, controle de custos e prazos e baixa geração de valor entregue nas etapas de operação e manutenção.

Além da seleção da forma de contratação apropriada para uso do BIM nos empreendimentos públicos, outra ação importante a ser tomada para gerenciamento desse FCS é a definição dos critérios para qualificação em BIM dos licitantes interessados, os quais devem manter a isonomia e garantir que o contratado proporcione o desempenho esperado.

Dentre os quatro requisitos avaliados através do grau de importância em uma escala Likert de cinco pontos, as maiores médias foram obtidas por: qualificação e experiência profissional da equipe no uso do BIM (4,20); e avaliação da qualidade dos entregáveis em empreendimentos anteriores (4,19), ambas consideradas altamente ou muito altamente importantes para mais de 80% da amostra de profissionais, conforme Tabela 6, revelando a necessidade das organizações públicas de desenvolverem critérios objetivos para análise de qualificação de profissionais e qualidade dos modelos BIM.

Dentre os comentários dos participantes, têm-se a importância de empresas terem gestores ou coordenadores de processos BIM, ou mesmo um grupo que desempenhe este papel como comprovada experiência, não somente baseada em atestados técnicos. Outra forma de garantir a qualificação profissional seria a criação de processos de certificação de profissionais ou empresas em competências necessárias ao uso do BIM.

Os demais requisitos também foram considerados altamente importantes, de acordo com as seguintes médias amostrais: disponibilidade de infraestrutura tecnológica adequada da empresa (3,87); e experiência da empresa em empreendimentos similares (3,78), o que indica que não devem ser descartados pelos gestores públicos, podendo ser avaliados como critérios complementares no processo de qualificação.

Considerando apenas a amostra de profissionais do setor público, observam-se discrepâncias entre a parcela com pelo menos 8 anos de experiência pessoal em BIM daquela com menos de 5 anos, conforme Tabela 7.

Tabela 6 – Avaliação de requisitos para qualificação técnica em contratações BIM

Requisitos para qualificação técnica em contratações para uso do BIM	% Muito Baixo (1)	% Baixo (2)	% Médio (3)	% Alto (4)	% Muito Alto (5)	% (4) ou (5)	Média	Desvio Padrão	I.C. = 95%	Ranking	
Qualificação e experiência profissional da equipe no uso do BIM	0,0%	1,4%	11,6%	52,2%	34,8%	87,0%	4,20	0,70	4,04	4,37	1
Avaliação da qualidade dos entregáveis em empreendimentos anteriores	0,0%	4,3%	13,0%	42,0%	40,6%	82,6%	4,19	0,83	3,99	4,38	2
Disponibilidade de infraestrutura tecnológica adequada da empresa	1,4%	2,9%	24,6%	49,3%	21,7%	71,0%	3,87	0,84	3,67	4,07	3
Experiência da empresa em empreendimentos similares	0,0%	2,9%	34,8%	43,5%	18,8%	62,3%	3,78	0,78	3,60	3,97	4

Fonte: O Autor

Tabela 7 – Graus de importância de requisitos para qualificação técnica em contratações BIM em subgrupos amostrais

Requisitos para qualificação técnica em contratações para uso do BIM	Maiores graus de importância			Menores graus de importância		
	Média	Desvpad	Amostra (n)	Média	Desvpad	Amostra (n)
Qualificação e experiência profissional da equipe no uso do BIM	4,60	0,63	Setor público com pelo menos 8 anos de experiência em BIM (15)	3,94	0,68	Setor público com menos de 5 anos de experiência em BIM (16)
Avaliação da qualidade dos entregáveis em empreendimentos anteriores	4,41	0,78	Não trabalha no setor público (29)	3,97	0,87	Trabalha com BIM no setor público (29)
	4,33	0,69	Pelo menos 8 anos de experiência em BIM (33)	3,92	1,16	Atua com operação e manutenção (12)
Disponibilidade de infraestrutura tecnológica adequada da empresa	4,27	0,59	Setor público com pelo menos 8 anos de experiência em BIM (15)	3,75	1,13	Setor público com menos de 5 anos de experiência em BIM (16)
	4,19	0,91	Atua em construção (16)	3,72	0,80	Não trabalha no setor público (29)
Experiência da empresa em empreendimentos similares	4,00	0,73	Setor público com menos de 5 anos de experiência em BIM (16)	3,53	0,64	Setor público com pelo menos 8 anos de experiência em BIM (15)

Fonte: O Autor

A referida Tabela 7 revela que os maiores graus de importância, dentre os subgrupos analisados, para os requisitos: qualificação e experiência profissional da equipe no uso do BIM; e disponibilidade de infraestrutura tecnológica adequada da empresa, pertencem a parcela com maior tempo de experiência em BIM, enquanto que as menores médias para os mesmos requisitos se encontram no subgrupo com menor tempo de experiência. Uma tendência oposta ocorre apenas com o tradicional requisito para qualificações de experiência da empresa em empreendimentos similares.

A criação de critérios objetivos para avaliação da qualidade dos modelos BIM não é somente estratégica para a fase inicial de contratação, mas é também durante a execução e fiscalização das fases de projeto até operação dos empreendimentos. Uma das ações potenciais para gerenciamento do FCS (E-04) - Requisitos e diretrizes para recebimento dos entregáveis envolveu a avaliação de procedimentos de controle de qualidade e conformidade dos entregáveis.

Para verificação da qualidade dos modelos BIM, a avaliação dos métodos e ferramentas que obtiveram maiores médias de importância possuem algum grau de automatização e o apoio de softwares de validação e planilhas eletrônicas específicas, tais como: verificação automática de objetos duplicados, sobrepostos ou inconsistentes (4,44); e verificação automática de regras específicas programáveis (4,44). Em seguida, as listas de verificação (*checklists*) específicas para controle da qualidade de dados e dos projetos, foram avaliadas com média amostral de 4,06, como pode ser visto na Tabela 8.

A verificação visual manual de vistas específicas e a verificação manual com uso de filtros, como por disciplinas, foram avaliadas com graus de importância médios de 3,31 e 3,52, respectivamente, o que reforça a tendência de que são métodos com menor produtividade, sendo úteis em determinadas situações que exijam análises qualitativas. Um dos comentários dos respondentes ressalta a importância dessas análises qualitativas como o atendimento à funcionalidade, fluxos, estética, orçamento, dentre outras, que dependeriam de uma interpretação holística do coordenador do projeto para a tomada de decisão.

A Tabela 9 mostra que as verificações automáticas, ainda que tenham sido consideradas altamente importantes, obtiveram suas menores médias de importância dentre todos os subgrupos analisados, na amostra de profissionais do setor público com pelo menos 8 anos de experiência em BIM, o que pode indicar a existência de entraves para a sua aplicabilidade e eficiência. A referida tabela também indica que os arquitetos e projetistas foram os profissionais que consideraram as verificações manuais com os maiores graus de importância, tendência oposta ao avaliado pelos engenheiros civis, o que pode ser reflexo de uma maior familiaridade e utilização pelos primeiros.

Outros requisitos a serem verificados, segundo alguns participantes, abrangem a conferência dos objetos modelados, a compatibilidade do LOD e do nível de detalhamento dentre as disciplinas e a identificação de possíveis informações e elementos que ainda precisem ser modelados. Ademais, foi citado a necessidade de revisão de algumas normas técnicas que possuem subjetividades na interpretação dos seus requisitos para que possibilitem a programação de regras objetivas de aferição do cumprimento.

Tabela 8 – Avaliação de métodos e ferramentas de verificação da qualidade dos modelos BIM

Métodos e ferramentas de verificação da qualidade dos modelos BIM	% Muito Baixo (1)	% Baixo (2)	% Médio (3)	% Alto (4)	% Muito Alto (5)	% (4) ou (5)	Média	Desvio Padrão	I.C. = 95%	Ranking	
Verificação automática de objetos duplicados, sobrepostos ou inconsistentes	0,0%	0,0%	6,1%	43,9%	50,0%	93,9%	4,44	0,61	4,29	4,59	1
Verificação automática de regras específicas programáveis	0,0%	0,0%	10,6%	34,8%	54,5%	89,4%	4,44	0,68	4,27	4,60	2
Listas de verificação (checklists) específicas para controle da qualidade de dados e dos projetos	0,0%	3,0%	15,2%	54,5%	27,3%	81,8%	4,06	0,74	3,88	4,24	3
Verificação manual com uso de filtros, como por disciplinas	3,1%	9,4%	32,8%	42,2%	12,5%	54,7%	3,52	0,94	3,28	3,75	4
Verificação visual manual de vistas específicas	3,1%	16,9%	36,9%	32,3%	10,8%	43,1%	3,31	0,98	3,07	3,55	5

Fonte: O Autor

Tabela 9 – Graus de importância de métodos e ferramentas de verificação da qualidade dos modelos BIM em subgrupos amostrais

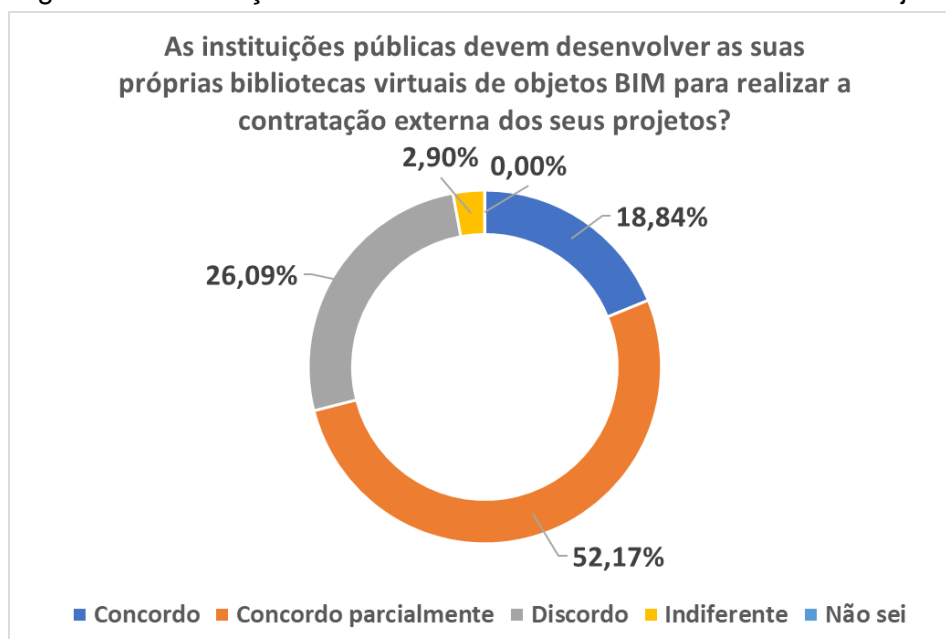
Métodos e ferramentas de verificação da qualidade dos modelos BIM	Maiores graus de importância			Menores graus de importância		
	Média	Desvpad	Amostra (n)	Média	Desvpad	Amostra (n)
Verificação automática de objetos duplicados, sobrepostos ou inconsistentes	4,58	0,58	Atua com consultoria (26)	4,36	0,50	Setor público com pelo menos 8 anos de experiência em BIM (14)
Verificação automática de regras específicas programáveis	4,66	0,61	Não trabalha no setor público (29)	4,23	0,69	Setor público com pelo menos 8 anos de experiência em BIM (22)
Listas de verificação (<i>checklists</i>) específicas para controle da qualidade de dados e dos projetos	4,21	0,70	Setor público com pelo menos 8 anos de experiência em BIM (14)	3,79	1,05	Setor público com menos de 5 anos de experiência em BIM (14)
Verificação manual com uso de filtros, como por disciplinas	3,72	0,88	Atua com projeto (43)	3,29	0,72	Engenheiros civis (21)
Verificação visual manual de vistas específicas	3,55	1,06	Arquitetos (33)	3,00	0,71	Engenheiros civis (21)

Fonte: O Autor

Ainda com relação ao mesmo FCS (E-04) - Requisitos e diretrizes para recebimento dos entregáveis, outra ação potencial investigada foi a de análise de custo benefício no desenvolvimento de bibliotecas virtuais de objetos BIM. Tendo em vista que a elaboração, manutenção e atualização de uma biblioteca própria de componentes BIM pela instituição pública não é uma decisão amplamente aceita pelo setor brasileiro, o que pode ser verificado durante o estudo exploratório, questionou-se aos profissionais quanto à concordância com essa questão, conforme Figura 29.

Os resultados mostraram que pouco mais da metade dos profissionais concordam parcialmente com essa ação, enquanto que 26,09% discordam e 18,84% concordam, confirmando a existência de percepções diversas sobre o tema. Dentre os comentários dos participantes, alguns consideram que os órgãos públicos devem desenvolver, assim como integrar, bibliotecas desenvolvidas pela indústria, ou que devem elaborar para os itens próprios com maior especificidade, enquanto que para componentes de uso comum deveria ser criada uma biblioteca mais abrangente, de um órgão federal ou associação.

Figura 29 – Avaliação sobre o desenvolvimento de bibliotecas de objetos BIM



Fonte: O Autor

Outras observações dos respondentes citam que as bibliotecas devem se restringir a situações específicas, a exemplo de quando a instituição possui projetos com componentes padronizados. Dentre aqueles que discordam, argumenta-se que se trata de uma atribuição do mercado, de fabricantes de materiais em conjunto com as empresas de softwares, e que a gestão de uma biblioteca necessita de profissionais qualificados, elaboração abrangendo a diversidade de softwares concorrentes existentes e atualização contínua.

Adotando-se a delimitação dos 71,01% que concordam, mesmo que parcialmente, com o desenvolvimento de bibliotecas virtuais pelas organizações públicas para realizar a contratação externa dos seus projetos, sete fatores relacionados aos empreendimentos licitados pela organização foram avaliados quanto ao grau de importância em gerarem um custo benefício favorável ao desenvolvimento das bibliotecas.

Os fatores considerados com os maiores graus de importância na geração de custo benefício favorável foram: existência de requisitos para modulação e/ou padronização dos empreendimentos (3,96); disponibilidade de pessoal e infraestrutura tecnológica para o desenvolvimento (3,94); e repetitividade na tipologia e nas especificações de empreendimentos (3,91), com destaque para este último que obteve 76,6% de respostas com alto ou muito alto grau de importância, conforme Tabela 10. Observa-se também que esses três fatores reúnem aspectos relacionados à processos, pessoas, tecnologias e características das organizações, considerados importantes para análise do custo benefício.

Em seguida, os fatores considerados o quarto e o quinto mais importantes foram: os maiores graus de importância na geração de custo benefício favorável foram: alta complexidade dos empreendimentos (3,74); e existência de repositório ou biblioteca nacional de objetos BIM (3,67), compreendendo um fator que corresponde a uma característica da organização e outro que envolve o ambiente externo, o que revela uma diversidade de aspectos que seriam influenciadores do custo benefício.

Tabela 10 – Avaliação de fatores geradores de custo benefício favorável ao desenvolvimento de bibliotecas BIM

Fatores geradores de custo benefício favorável ao desenvolvimento de bibliotecas de componentes BIM	% Muito Baixo (1)	% Baixo (2)	% Médio (3)	% Alto (4)	% Muito Alto (5)	% (4) ou (5)	Média	Desvio Padrão	I.C. = 95%	Ranking	
Existência de requisitos para modulação e/ou padronização dos empreendimentos	0,0%	2,1%	27,7%	42,6%	27,7%	70,2%	3,96	0,81	3,73	4,19	1
Disponibilidade de pessoal e infraestrutura tecnológica	2,1%	2,1%	29,2%	33,3%	33,3%	66,7%	3,94	0,95	3,67	4,21	2
Repetitividade na tipologia e nas especificações de empreendimentos	0,0%	4,3%	19,1%	57,4%	19,1%	76,6%	3,91	0,75	3,70	4,13	3
Alta complexidade dos empreendimentos	0,0%	14,9%	25,5%	29,8%	29,8%	59,6%	3,74	1,05	3,44	4,05	4
Existência de repositório ou biblioteca nacional de objetos BIM	2,1%	6,3%	35,4%	35,4%	20,8%	56,3%	3,67	0,95	3,40	3,94	5
Variabilidade na tipologia e especificações de empreendimentos	2,1%	17,0%	36,2%	36,2%	8,5%	44,7%	3,32	0,93	3,05	3,59	6
Baixa complexidade dos empreendimentos	8,5%	23,4%	38,3%	19,1%	10,6%	29,8%	3,00	1,10	2,68	3,32	7

Fonte: O Autor

De outro lado, os fatores que obtiveram grau de importância médio em gerar custo benefício favorável foram a: variabilidade na tipologia e especificações de empreendimentos (3,32); e baixa complexidade dos empreendimentos licitados pela organização (3,00), características opostas à fatores que obtiveram alta importância relacionados à repetitividade e alta complexidade dos empreendimentos, possivelmente indicando maior relevância da replicabilidade e potencial de padronização no uso de bibliotecas próprias.

Dentre os comentários feitos pelos participantes, reforçou-se o ganho obtido pela padronização, o qual seria reduzido quando não há um volume significativo de repetição de projetos. Nesses casos e, quando a organização não desenvolve projetos, foi citado que bastaria a organização pública se preocupar em definir quais informações são necessárias para o cumprimento do contrato.

5.3.4. Associação entre o gerenciamento dos FCS com os benefícios e barreiras

Como parte final da etapa de Avaliação, dentre a amostra de 40 profissionais (57,97%) que trabalham no setor público, a seção de avaliação da implantação do BIM nas organizações públicas brasileiras somente foi respondida pelos 30 respondentes (75%) que informaram que a instituição já iniciou o processo de adoção do BIM em seus processos.

A seguir, serão apresentados os resultados das avaliações para cada questão relacionada com as características da adoção, os usos do BIM e os principais benefícios e barreiras verificadas.

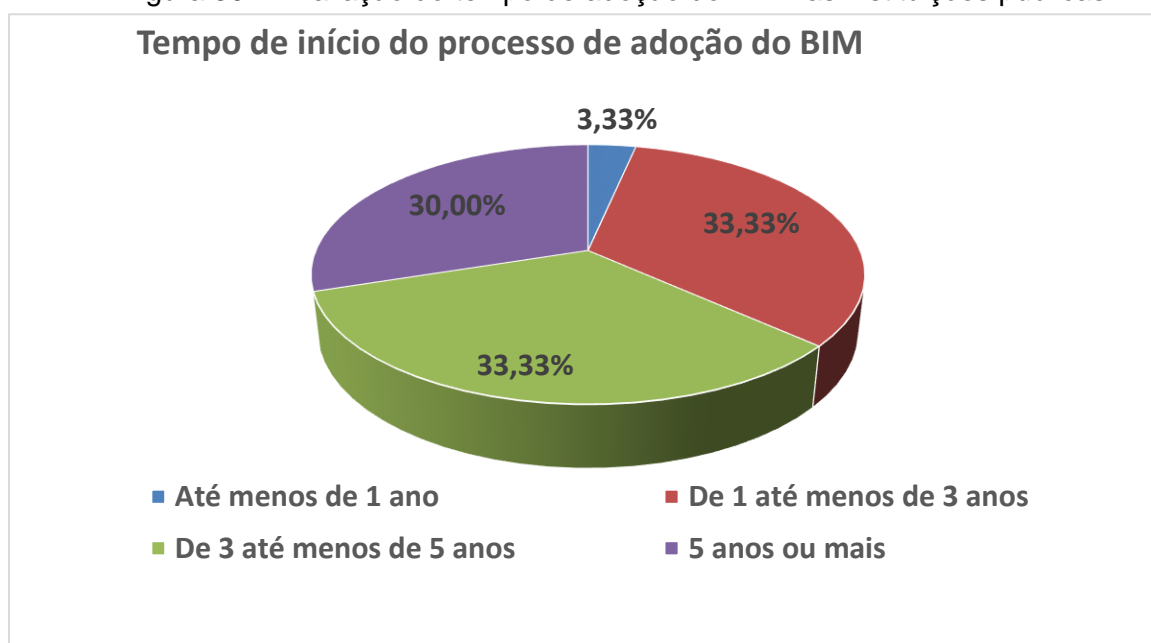
A amostra de profissionais investigados abrange 14 organizações públicas, sendo 7 federais e 7 estaduais, pertencentes a 5 estados brasileiros das regiões Sul, Sudeste e Nordeste, com diferentes características em relação às personalidades jurídicas, ao escopo de atuação e às tipologias dos empreendimentos sob sua responsabilidade.

Metade dos profissionais pertencem a uma organização da esfera estadual, enquanto que a outra metade faz parte de uma organização federal. Essa divisão equilibrada entre os níveis estaduais e federais, mas com a total ausência de organizações municipais indica que a propagação do BIM nessa abrangente esfera brasileira ainda é muito reduzida e pode ser dependente da indução formal dos demais

níveis, a exemplo de ações potenciais tomadas para gerenciamento dos FCS do nível de análise da indústria.

A respeito do tempo de início do processo de adoção do BIM, enquanto que apenas 3,33% dos profissionais trabalham em organizações que iniciaram a implantação há menos de 1 ano, os demais pertencem a instituições com diferentes tempos de adoção: de 1 até menos de 3 anos (33,33%); 3 até menos de 5 anos (33,33%); e 5 anos ou mais (30%), como pode ser visto na Figura 30.

Figura 30 – Avaliação do tempo de adoção do BIM nas instituições públicas

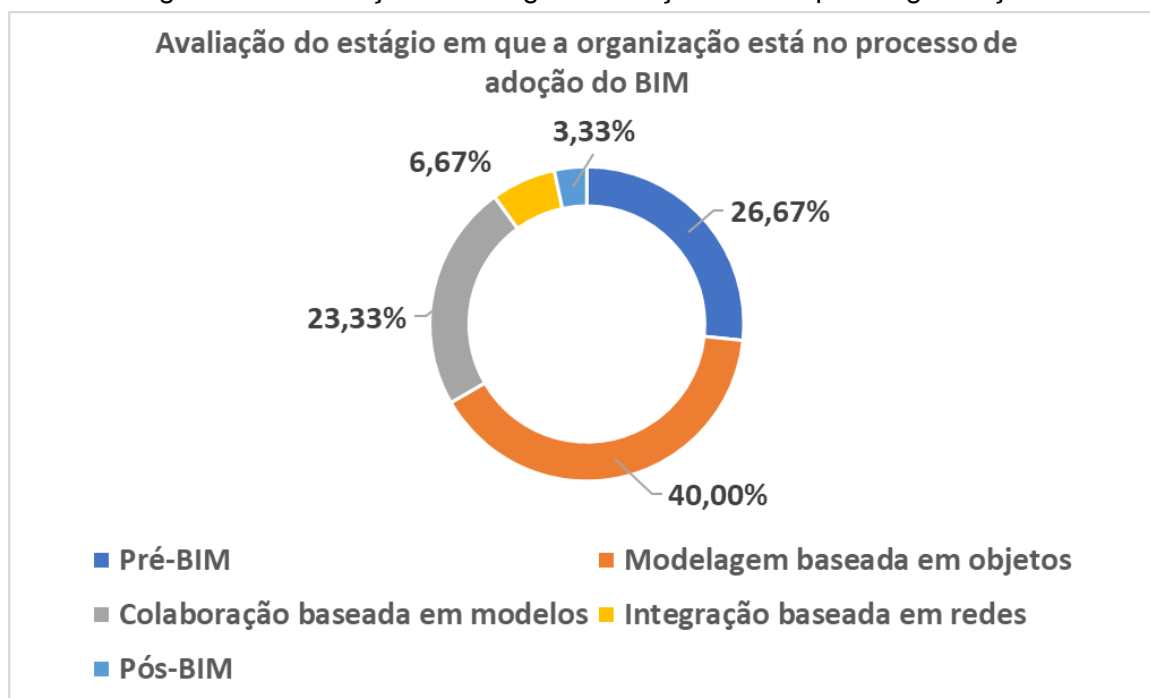


Fonte: O Autor

A avaliação do estágio em que se encontra a organização no processo de adoção se baseou na definição dos Estágios de Capacidade BIM proposta por Succar *et al.* (2012). Os resultados estão na Figura 31 e mostram que 26,67% dos profissionais estão em organizações no estágio Pré-BIM, em preparação interna com a realização de treinamentos, consultorias, testes e parcerias, visando a adoção.

A maior parte dos respondentes (40%) se encontram em organizações que estão no primeiro nível de adoção, a Modelagem baseada em objetos, em que o BIM é usado em pelo menos uma única disciplina em uma fase do ciclo de vida do empreendimento. O último Estágio de Capacidade BIM proposto é o intitulado Pós-BIM, que o autor define como um ponto final variável que representa a meta, em constante evolução, para empregar ferramentas e conceitos integrados do projeto, construção à operação, ultrapassando os estágios anteriores, o qual foi citado por apenas um dos respondentes.

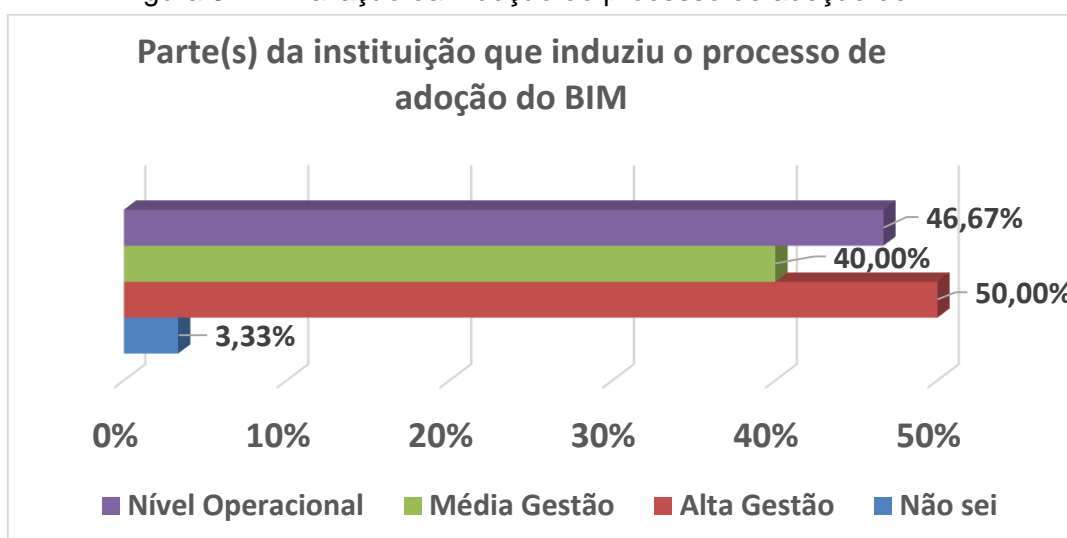
Figura 31 – Avaliação do estágio de adoção do BIM pela organização



Fonte: O Autor

Outra característica considerada importante na literatura é a forma que a indução do processo de implantação do BIM ocorre entre os níveis organizacionais. A percepção dos profissionais indica uma distribuição equilibrada entre os níveis hierárquicos com metade considerando que a indução envolveu a alta gestão da organização, seguida pela média gestão (46,67%) e pelo nível operacional com 40%, conforme Figura 32.

Figura 32 – Avaliação da indução do processo de adoção do BIM



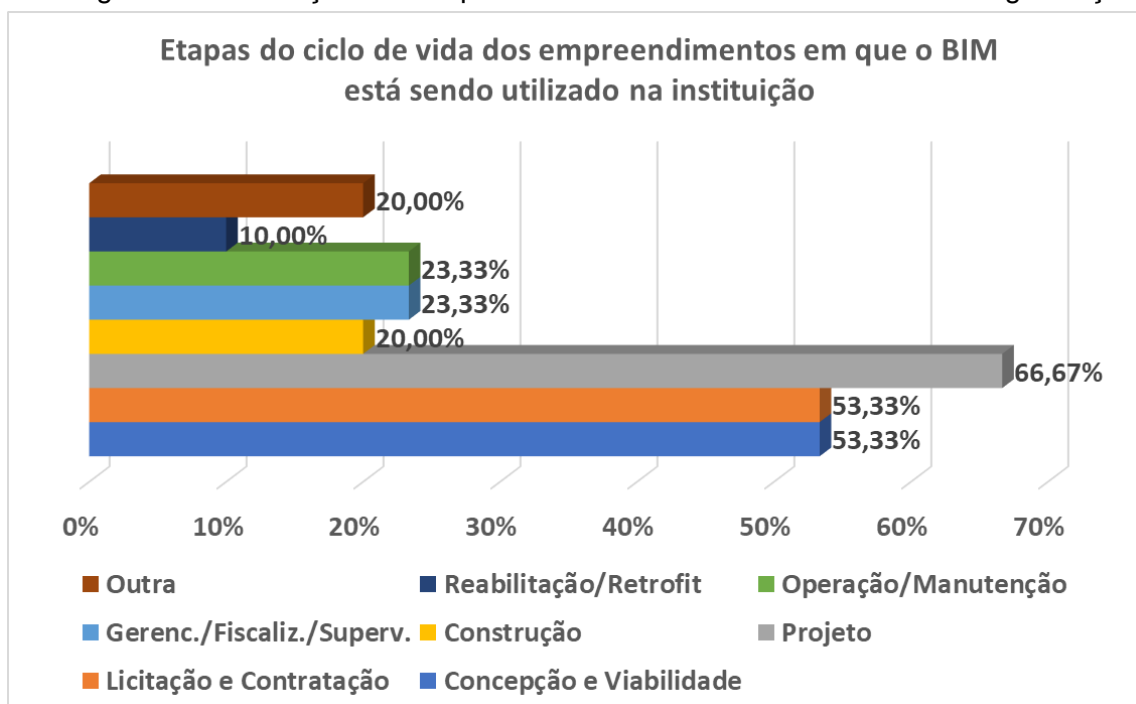
Fonte: O Autor

Os resultados indicam também que a implantação pode ter sido induzida por mais de um nível hierárquico em algumas organizações ou que seguiu uma abordagem de cima para baixo, como em um dos comentários que cita que a estratégia de implantação foi dos níveis mais altos de gestão para os mais baixos, seguindo para o nível operacional. A inserção da adoção em plano de metas governamental também foi citada como uma característica da indução pela alta gestão.

O BIM está sendo utilizada nas organizações públicas, especialmente, nas etapas iniciais do ciclo de vida dos seus empreendimentos, com destaque para: projeto (66,67%); concepção e viabilidade (53,33%); e licitação e contratação (53,33%), o que é explicado pela predominância dos estágios iniciais de maturidade da implantação, como a modelagem baseada em objetos.

A Figura 33 mostra ainda os usos do BIM em outras etapas do ciclo de vida, como: construção (20%); gerenciamento, fiscalização ou supervisão das obras (23,33%); operação e manutenção (23,33%) e reabilitação/*retrofit* (10%), as quais tendem a apresentar percentuais de uso maiores com o aumento da maturidade das implantações. Dentre aqueles que responderam outras etapas, foi citado o uso para geração de orçamentos, planejamento estratégico e em projetos pilotos.

Figura 33 – Avaliação das etapas do ciclo de vida de uso do BIM nas organizações



Fonte: O Autor

A investigação avaliou também as atividades em que o BIM está sendo utilizado nas organizações, baseado em adaptação da lista de atividades e usos do BIM mapeada pela *Pennsylvania State University* (2011). Dentre as 22 atividades elencadas, apenas 7 são realizadas com uso do BIM por pelo menos 45% das organizações: projetos legal e básico (66,7%); anteprojetos (63,3%); projetos executivos (56,7%); compatibilização de projetos (53,3%); extração de quantitativos (50,0%); modelagem das condições existentes (46,7%); e projetos conceituais (46,7%), conforme Tabela 11, mostrando a predominância do uso nas etapas de concepção, viabilidade e projeto dos empreendimentos.

Tabela 11 – Avaliação de uso do BIM nas organizações por atividades

Ranking	Atividades em que o BIM está sendo utilizado	% de utilização
1	Projetos legal e básico	66,7%
2	Anteprojetos	63,3%
3	Projetos executivos	56,7%
4	Compatibilização de projetos	53,3%
5	Extração de quantitativos	50,0%
6	Modelagem das condições existentes	46,7%
6	Projetos conceituais (estudos de volumetria, funcionalidade, etc.)	46,7%
8	Análises estruturais	20,0%
8	Simulação virtual do planejamento (Modelagem 4D)	20,0%
8	Medição dos contratados	20,0%
11	Controle de custos (Modelagem 5D)	16,7%
11	Projetos <i>as-built</i>	16,7%
11	Planos de manutenção	16,7%
11	Gerenciamento de espaços	16,7%
15	Análise energética	13,3%
15	Outras análises de sustentabilidade	13,3%
15	Qualificações técnicas em contratações	13,3%
15	Controle e acompanhamento do avanço físico	13,3%
19	Análises de construtibilidade	10,0%
19	Produção de componentes	10,0%
19	Gerenciamento de ativos	10,0%
22	Outras	6,7%
23	Planejamento de utilização do canteiro de obras	0,0%

Fonte: O Autor

Outras atividades das demais etapas do ciclo de vida também foram citadas, porém, com menores percentuais de utilização, a exemplo de: simulação virtual do planejamento (20,0%); controle de custos (16,7%); gerenciamento de espaços (16,7%); análise energética (13,3%); e gerenciamento de ativos (10,0%).

As últimas questões do levantamento foram abertas e investigaram os principais benefícios verificados e as barreiras enfrentadas pelos profissionais na implantação do BIM em suas organizações públicas. O Quadro 11 traz uma associação entre as barreiras e benefícios verificados pelos participantes com os FCS para implantação do BIM por organizações públicas, evidenciando as possíveis relações com o gerenciamento dos mesmos.

A partir dessa análise, é possível observar uma maior associação entre as barreiras enfrentadas pelos participantes com o gerenciamento dos FCS: I-02 Regulação e legislação governamental; I-04 Fluxo de processos colaborativo entre os envolvidos; O-01 Disponibilidade de pessoal qualificado; O-03 Disponibilidade em gerar informações críticas para análises; O-04 Cultura Organizacional favorável; O-05 Política de adoção eficaz da entidade; e E-02 Envolvimento adequado da equipe.

Uma maior associação pode ser observada também entre os benefícios verificados pelos participantes com o gerenciamento dos FCS: I-03 Interoperabilidade na troca de informações relevantes; I-04 Fluxo de processos colaborativo entre os envolvidos; O-03 Disponibilidade em gerar informações críticas para análises; O-08 Disponibilidade de Infraestrutura tecnológica; E-01 Forma de contratação apropriada; E-03 Utilidade percebida e facilidade de uso; e E-04 Requisitos e diretrizes para recebimento dos entregáveis.

Quadro 11 – Associação entre os benefícios e barreiras com os FCS para implantação do BIM

Nível de Análise	Fator Crítico de Sucesso (FCS)	Barreiras associadas ao seu gerenciamento	Benefícios associados ao seu gerenciamento
I-01	Liderança e incentivo governamental	Falta de patrocínio da gestão Falta de visão estratégica de futuro	Aumento da eficiência e transparência no uso de recursos públicos Industrialização da construção civil
I-02	Regulação e legislação governamental	Falta de caderno técnico com detalhamento e especificações para modelagem Aprendizado deficiente nas universidades Pressões políticas internas Falta de componentes paramétricos com padrões da indústria brasileira Burocracia e excesso de regulamentações	Aumento da eficiência e transparência no uso de recursos públicos Melhor qualidade e padronização dos elementos construtivos
I-03	Interoperabilidade na troca de informações relevantes	Falta de equipamentos/rede adequada ao trabalho colaborativo Problemas de interoperabilidade e integração	Agilidade, assertividade, precisão e rastreabilidade das informações Minimização de interferências na construção Compatibilização de projetos Menor tempo para representação e revisão dos projetos Integração e colaboração Melhor planejamento e controle de custos na construção Diminuição de aditivos Melhoria da produtividade e menos retrabalho Industrialização da construção civil
I-04	Fluxo de processos colaborativo entre os envolvidos	Resistência dos envolvidos Falta de equipamentos/rede adequada ao trabalho colaborativo Falta de conhecimento do processo BIM	
O-01	Disponibilidade de pessoal qualificado	Falta de conhecimento do processo BIM Aprendizado deficiente nas universidades Necessidade de capacitação da equipe	Compatibilização de projetos Diminuição de aditivos
O-02	Requisitos dos clientes e proprietários	Falta de patrocínio da gestão Pressões políticas internas	Aumento da eficiência e transparência no uso de recursos públicos Melhor definição do objeto da contratação

O-03	Disponibilidade em gerar informações críticas para análises	Falta de equipamentos/rede adequada ao trabalho colaborativo Necessidade de especificar parâmetros, materiais, custos, prazos e propriedades Problemas de interoperabilidade e integração	Agilidade, assertividade, precisão e rastreabilidade das informações Minimização de interferências na construção Compatibilização de projetos Integração e colaboração Melhor planejamento e controle de custos na construção Melhor definição do objeto da contratação Maior precisão nos quantitativos Acurácia nos orçamentos Simulação da execução Industrialização da construção civil Gestão de ativos
O-04	Cultura Organizacional favorável	Resistência dos envolvidos Falta de visão estratégica de futuro Mentalidade das equipes envolvidas Mudança cultural da organização Quebra de paradigmas e reformulação de conceitos	Aumento da eficiência e transparência no uso de recursos públicos Integração e colaboração
O-05	Política de adoção eficaz da entidade	Falta de caderno técnico com detalhamento e especificações para modelagem Morosidade na tomada de decisão e aquisição de ferramentas Falta de priorização na implantação	Minimização de interferências na construção Aumento da eficiência e transparência no uso de recursos públicos Gestão de ativos
O-06	Nível de experiência dentro da entidade	Falta de conhecimento do processo BIM Necessidade de perfis mais independentes com vontade de aprender	Minimização de interferências na construção Menor tempo para representação e revisão dos projetos
O-07	Disponibilidade de recursos financeiros	Falta de patrocínio da gestão Morosidade na tomada de decisão e aquisição de ferramentas	Aumento da eficiência e transparência no uso de recursos públicos Acurácia nos orçamentos

O-08	Disponibilidade de Infraestrutura tecnológica	Falta de equipamentos/rede adequada ao trabalho colaborativo Problemas de interoperabilidade e integração	Agilidade, assertividade, precisão e rastreabilidade das informações Compatibilização de projetos Integração e colaboração Simulação da execução Industrialização da construção civil
E-01	Forma de contratação apropriada	Necessidade de especificar parâmetros, materiais, custos, prazos e propriedades	Minimização de interferências na construção Menor tempo para representação e revisão dos projetos Aumento da eficiência e transparência no uso de recursos públicos Integração e colaboração Melhor planejamento e controle de custos na construção Diminuição de aditivos Acurácia nos orçamentos Melhoria da produtividade e menos retrabalho Industrialização da construção civil Gestão de ativos
E-02	Envolvimento adequado da equipe	Falta de patrocínio da gestão Resistência dos envolvidos Mentalidade das equipes envolvidas	Minimização de interferências na construção Menor tempo para representação e revisão dos projetos Integração e colaboração Melhoria da produtividade e menos retrabalho
E-03	Utilidade percebida e facilidade de uso	Falta de equipamentos/rede adequada ao trabalho colaborativo	Agilidade, assertividade, precisão e rastreabilidade das informações Melhor definição do objeto da contratação Maior precisão nos quantitativos Simulação da execução Melhoria da produtividade e menos retrabalho

E-04	Requisitos e diretrizes para recebimento dos entregáveis	Falta de caderno técnico com detalhamento e especificações para modelagem Necessidade de especificar parâmetros, materiais, custos, prazos e propriedades	<p>Minimização de interferências na construção</p> <p>Compatibilização de projetos</p> <p>Integração e colaboração</p> <p>Diminuição de aditivos</p> <p>Melhor definição do objeto da contratação</p> <p>Melhoria da produtividade e menos retrabalho</p> <p>Melhor qualidade e padronização dos elementos construtivos</p> <p>Industrialização da construção civil</p>
------	--	--	---

Fonte: O Autor

Este capítulo apresentou os resultados e as discussões geradas pelo desenvolvimento e avaliação do artefato. De forma prévia, foi realizado estudo exploratório em três organizações públicas brasileiras em implantação do BIM, o que levou à explicitação de desafios e oportunidades envolvidos nesse processo de adoção. Como principais artefatos da pesquisa, foram propostos dezesseis FCS para implantação do BIM por organizações públicas, os quais foram agrupados em três níveis de análise (Indústria, Organização e Empreendimento), assim como trinta e duas ações potenciais que podem ser aplicadas para o gerenciamento dos FCS.

Os artefatos foram avaliados por meio de levantamento com uma amostra de 68 profissionais brasileiros do setor AECO, dentre gestores públicos, acadêmicos e especialistas, utilizando-se métricas como o cálculo da média do grau de importância dos FCS e de ações potenciais e do percentual de concordância à aplicabilidade de ações potenciais. A adoção dessas métricas teve como objetivo avaliar os artefatos em relação ao seu valor e utilidade, conforme recomendado em pesquisas conduzidas com o método DSR.

A avaliação dos FCS resultou na priorização inicial de onze deles considerados com graus de importância superiores à média amostral de todos os FCS, os quais pertencem aos três níveis de análise e obtiveram mais de 65% dos participantes avaliando-os com alto ou muito alto grau de importância no sucesso da implantação. A partir do cálculo do coeficiente de correlação de Spearman, um mapa de correlação foi desenvolvido, de modo a representar 23,3% das inter-relações advindas de correlações positivas fortes entre os FCS, os quais foram agrupados nos três campos do BIM (Processo, Tecnologia e Política). Baseado nessas duas análises, uma tabela comparativa destacou doze FCS, sendo onze deles priorizados através do grau de importância e nove deles os que possuem as maiores quantidades de correlações positivas fortes.

Ainda como parte da avaliação, dez ações potenciais para gerenciamento foram avaliadas pelos profissionais, assim como o processo de adoção do BIM em 14 organizações públicas, sendo 7 federais e 7 estaduais, pertencentes a 5 estados brasileiros. Também foi desenvolvido um quadro de associação entre os principais benefícios e barreiras relatadas com o gerenciamento dos FCS.

6 CONCLUSÕES

Embora algumas pesquisas (WON *et al.*, 2013; CHIEN *et al.*, 2014; OZORHON; KARAHAN, 2016; JONES; LAQUIDARA-CARR, 2016; ANTWI-AFARI *et al.*, 2018) tenham sugerido Fatores Críticos de Sucesso (FCS) visando contribuir para implantações bem-sucedidas do BIM, não haviam sido identificados estudos que propusessem FCS relacionados às particularidades e ao contexto em que as organizações públicas estão inseridas. Dessa forma, o principal objetivo deste trabalho foi identificar os FCS relacionados ao processo de implantação do BIM por organizações públicas, o que poderá contribuir para uma maior compreensão dos fatores que influenciam no sucesso dessas implementações pelo setor público.

O primeiro objeto específico foi atingido com a identificação dos desafios e oportunidades do setor público para uso do BIM, baseado em estudo exploratório realizado com visitas técnicas e entrevistas com profissionais responsáveis pela adoção em três entidades públicas brasileiras.

A partir desses resultados e de uma revisão da literatura abrangente, o segundo objetivo específico foi obtido com a identificação de dezesseis FCS relacionados à implantação por organizações públicas, classificados em três níveis de análise ou perspectivas: indústria (I), organização (O) e empreendimento (E), bem como a identificação de trinta e duas ações potenciais para gerenciamento desses FCS.

Na perspectiva da indústria AECO, foram agrupados quatro FCS relacionados à papéis governamentais de regulação e legislação adequada, interoperabilidade e fluxo colaborativo entre a cadeia. Metade dos FCS foram agrupados no nível da organização pública, abrangendo aspectos quanto à disponibilidade de pessoal, infraestrutura e recursos, cultura, nível de experiência e política de adoção, geração de informações críticas e requisitos dos clientes ou proprietários. Os outros quatro FCS estão na perspectiva dos empreendimentos, incluindo a forma de contratação, os requisitos para recebimento dos entregáveis e o envolvimento, utilidade percebida e facilidade de uso da equipe.

O terceiro objetivo específico foi realizado com a avaliação dos FCS propostos através de um levantamento utilizando questionários digitais, que foram respondidos por uma amostra de 68 profissionais brasileiros envolvidos com o uso do BIM em organizações públicas, dentre gestores públicos, acadêmicos e especialistas. Por

meio dessa investigação, dez ações potenciais para gerenciamento de FCS que haviam sido propostas também foram avaliadas, assim como o processo de implantação do BIM por profissionais pertencentes a 14 organizações públicas de 5 estados e da esfera federal brasileira.

A avaliação dos FCS incluiu também a priorização inicial de onze deles considerados com maiores graus de importância na percepção dos participantes do levantamento. Os cinco FCS considerados mais importantes foram: envolvimento adequado da equipe (E-02); cultura organizacional favorável (O-04); fluxo de processos colaborativo entre os envolvidos (I-04); interoperabilidade na troca de informações relevantes (I-03); e utilidade percebida e facilidade de uso pelos envolvidos (E-03), indicando a relevância de fatores que fazem parte dos três níveis de análise propostos e abrangem os três campos do BIM, citados por Succar *et al.* (2012), de tecnologia, política e processos.

A inter-relação entre os FCS foi verificada através do cálculo do coeficiente de correlação de Spearman para cada uma das variáveis, o que levou ao desenvolvimento de um mapa de correlação entre os FCS para implantação do BIM por organizações públicas, agrupados dentre os três campos propostos por Succar *et al.* (2012), representando as correlações de grau forte entre os FCS.

Uma tabela comparativa entre os *rankings* de priorização por meio do grau de importância e do número de correlações fortes entre os FCS foi desenvolvida complementarmente para evidenciar possíveis convergências e divergências entre as análises. De forma exemplificativa, o FCS O-02 - Requisitos dos clientes e proprietários, embora não tenha sido priorizado inicialmente, está entre aqueles com o maior número de correlações fortes, indicando que pode ser prioritário no processo de adoção. Baseado nessas duas análises, uma tabela comparativa destacou doze FCS, sendo onze deles priorizados inicialmente através do grau de importância e nove deles os que possuem as maiores quantidades de correlações positivas fortes.

Os resultados do levantamento sobre implantação em 14 organizações públicas brasileiras também mostraram que 26,67% dos profissionais pertencem a entidades no estágio Pré-BIM, em preparação interna com a realização de treinamentos, consultorias, testes e parcerias. A maior parte dos respondentes (40%) se encontra no primeiro nível de adoção, a modelagem baseada em objetos, baseado na definição dos Estágios de Capacidade BIM proposta por Succar *et al.* (2012).

Além disso, o BIM está sendo utilizado, especialmente, nas etapas iniciais do ciclo de vida dos empreendimentos públicos, com destaque para: projeto (66,67%); concepção e viabilidade (53,33%); e licitação e contratação (53,33%), corroborando os resultados da pesquisa de Kassem e Succar (2017), a qual revelou que o Brasil possui áreas de difusão do BIM desbalanceadas e baixos níveis de capacidade de modelagem, colaboração e integração.

A pesquisa propôs também o quadro de associação entre o gerenciamento dos FCS com os benefícios verificados e as barreiras enfrentadas que foram relatadas pelos profissionais responsáveis pela implantação do BIM nas organizações públicas, evidenciando os FCS com um maior número de barreiras e benefícios associados.

A principal contribuição científica desta pesquisa é a proposição dos FCS para implantação do BIM por organizações públicas, o mapa de correlação entre os FCS, assim como as ações potenciais para gerenciamento, apoiando a criação de ferramentas que facilitam o desenvolvimento da política, encorajam a implantação e o avanço do conhecimento, conforme recomendação de Kassem e Succar (2017). Como contribuição prática, os FCS priorizados, o mapa de correlação e as ações potenciais podem ser úteis para os profissionais e as organizações do setor público, proporcionando maior previsibilidade no gerenciamento dos FCS mais relevantes para adoção do BIM.

Os FCS identificados e as ações potenciais para o seu gerenciamento são considerados generalizáveis, especialmente, para organizações iniciantes de países com baixa disseminação do BIM em seus processos governamentais, permitindo a aplicação prática para resolução de problemas reais do setor público relacionados à implantação.

Com relação às limitações, o estudo exploratório e a avaliação dos FCS e das ações potenciais foram conduzidas com profissionais de organizações públicas brasileiras, o que pode refletir alguns aspectos culturais e especificidades, não generalizáveis para a realidade e o contexto de países desenvolvidos ou de outros em desenvolvimento com baixo grau de disseminação do BIM. Ademais, apesar de terem sido calculadas as correlações entre os FCS, mudanças em uma variável podem não acarretar, necessariamente, em efeitos proporcionais em outra variável, de forma causal. De outro lado, eventuais FCS que possuem correlações lineares fracas entre si podem possuir inter-relações não lineares não detectadas.

Como recomendação aos estudos futuros, sugere-se o desenvolvimento e a avaliação de estratégias e de ações potenciais para gerenciamento desses FCS em organizações públicas em processo de adoção do BIM. Dentre as estratégias que podem ser desenvolvidas, visando a operacionalização das ações potenciais identificadas, têm-se:

- a) diretrizes para análise de custo benefício no desenvolvimento de bibliotecas de objetos BIM;
- b) critérios para seleção das formas de contratações públicas adequadas;
- c) detalhamento do escopo dos *mandates* prescritivos;
- d) definição de critérios para avaliação da qualidade dos modelos;
- e) recomendações sobre o formato de disponibilização dos entregáveis quanto à interoperabilidade; e
- f) requisitos para investimentos em infraestrutura e pessoal.

Sugere-se também aos estudos futuros a proposição de *roadmap* com o conjunto de estratégias para gerenciamento dos FCS e recomenda-se que seja explicitada uma metodologia para implementação do BIM, de acordo com determinadas tipologias de organizações e empreendimentos públicos, de modo que possibilite o avanço da implementação, dentre os estágios de capacidade, níveis de maturidade e níveis de granularidade citados anteriormente neste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ALRESHIDI, E.; MOURSHED, M; REZGUI, Y. Factors for effective BIM governance. **Journal of Building Engineering**, [s. l.], v. 10, p. 89–101, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2017.02.006>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710216300948>. Acesso em: 26 fev. 2018.
- ANDERSSON, L.; FARRELL, K.; MOSHKOVICH, O.; CRANBOURNE, C. **Implementing Virtual Design and Construction using BIM: Current and future practices**. 1. ed. Londres: Routledge, 2016.
- ANTWI-AFARI, M. F.; LI, H.; PARN, E.A.; EDWARDS, D. J. Critical success factors for implementing building information modelling (BIM): A longitudinal review. **Automation in Construction**, [s. l.], v. 91, p. 100-110, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.03.010> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580517310610>. Acesso em: 06 ago. 2018.
- ARDITI, D.; NAWAKORAWIT, M. Issues in building maintenance: property managers' perspective. **Journal of Architectural Engineering**, [s. l.], v. 5, n. 4, p. 117-132, 1999. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1076-0431\(1999\)5:4\(117\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1076-0431(1999)5:4(117)) Disponível em: <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%291076-0431%281999%295%3A4%28117%29>. Acesso em: 27 abr. 2017.
- AsBEA: Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura. Guia AsBEA - Boas Práticas em BIM. São Paulo. Fascículo II, 2015.
- AZHAR, S. Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks and Challenges for the AEC Industry. **Journal of Leadership and Management in Engineering**, [s. l.], v. 11, n. 3, p. 241-252, 2011. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)LM.1943-5630.0000127](https://doi.org/10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.0000127). Disponível em: <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%291076-0431%281999%295%3A4%28117%29>. Acesso em: 28 abr. 2017.
- BECERIK-GERBER, B.; RICE, S. The perceived value of building information modeling in the U.S. building industry. **Journal of Information Technology in Construction (ITcon)**, [s. l.], v. 15, p. 185 – 201, 2010. Disponível em: <https://www.itcon.org/paper/2010/15>. Acesso em: 06 mai. 2017.
- BERNSTEIN, H. M. *et al.* **The Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets**. Bedford: McGraw Hill Construction, 2014.
- BERNSTEIN, H. M.; LAQUIDARA-CARR, D. **Project Delivery Systems: How they impact efficiency and profitability in the Buildings Sector**. Bedford: McGraw Hill Construction, 2014.
- BIMFORUM. **Level of Development Specification**, 2017. [Online] Disponível em: <http://bimforum.org/lod/> [Acessado em 30 de Janeiro de 2018].
- BRASIL. **Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993**. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. Brasília, DF: Congresso Nacional, [1993]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8666cons.htm. Acesso em: 25 mai. 2017.
- BRASIL. **Lei nº 11.079, de 30 de dezembro de 2004**. Institui normas gerais para licitação e contratação de parceria público-privada no âmbito da administração pública. Brasília, DF:

Congresso Nacional, [2004]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2004/Lei/L11079.htm. Acesso em: 25 mai. 2017.

BRASIL. **Lei nº 12.462, de 4 de agosto de 2011**. Institui o Regime Diferenciado de Contratações Públicas – RDC [...]. Brasília, DF: Congresso Nacional, [2011]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2011/Lei/L12462.htm. Acesso em: 25 mai. 2017.

BRASIL. Tribunal de Contas da União. **Acórdão TCU 2.799/2013**. Brasília, DF: Tribunal de Contas da União, [2013]. Disponível em: <https://contas.tcu.gov.br/etcu/ObterDocumentoSisdod?seAbrirDocNoBrowser=true&codArqCatalogado=6706372&codPapelITramitavel=50640966>. Acesso em: 15 mai. 2017.

BRASIL. **Projeto de Lei nº 6619/2016, de 06 de dezembro de 2016**. Dá nova redação ao § 1º do art. 7º da Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, para estabelecer a obrigatoriedade do sistema de modelagem da informação da construção, identificado pela sigla inglesa BIM - Building Information Model, na confecção de projetos executivos de obras e serviços de engenharia contratados pelos órgãos e entidades da administração pública, e dá outras providências. Brasília, DF: Câmara dos Deputados, [2016]. Disponível em <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2120016>. Acesso em: 25 mai. 2018.

BRASIL. **Decreto nº 9.377, de 17 de maio de 2018**. Institui a Estratégia de Disseminação do Building Information Modelling. Brasília, DF: Presidência da República, [2018]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/Decreto/D9377.htm. Acesso em: 25 mai. 2018.

BRÖCHNER, J. OLOFSSON, T. (2012) Construction productivity measures for innovation projects. **Journal of Construction Engineering and Management**, [s. l.], v. 138, n. 5, p. 670–677, 2012. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000481](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000481). Disponível em: <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29CO.1943-7862.0000481>. Acesso em: 02 jun. 2017.

BRITO, D.M.; FERREIRA, E.A.M. Avaliação de estratégias para representação e análise do planejamento e controle de obras utilizando modelos BIM 4D. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 15, n. 4, p. 203–223, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212015000400047>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1678-86212015000400203&lng=en&tling=pt. Acesso em: 05 jun. 2018.

BRITO, D.M.; FERREIRA, E.A.M.; COSTA, D.B. Desafios e oportunidades para implantação de BIM pelo setor público brasileiro. *In*: Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção, 1., Simpósio Brasileiro De Gestão E Economia Da Construção, 10., Fortaleza, Brasil. **Anais** [...]. Fortaleza, CE: Marketing Aumentado, 2017.

BSI. **BS 1192:2007**: Collaborative production of architectural, engineering and construction information – Code of practice, London W4 4AL, British Standards Institution, 2007.

BSI. **PAS 1192-2:2013**: Specification for information management for the capital & delivery phase of construction projects using BIM, London W4 4AL, British Standards Institution, 2013.

CAERTELING, J. S.; HALMAN, J. I. M.; SONG, M.; DOREE, A. G.; VAN DER BIJ, H. How Relevant Is Government Championing Behavior in Technology Development? **Journal of Product Innovation Management**, [s. l.], v. 30, n. 2, p. 349-363, 2013. DOI:

<https://doi.org/10.1111/j.1540-5885.2012.01003.x>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1540-5885.2012.01003.x>. Acesso em: 26 fev. 2018.

CBIC. **Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC**, v. 1-6. Brasília, 2018.

CEOTTO, L. H. Avaliação de sustentabilidade: balanço e perspectivas no Brasil. *In: Simpósio Brasileiro de Construção Sustentável*, 1., São Paulo, Brasil. **Anais [...]**. São Paulo, 2008.

CHENG, J.C.P; LU, Q. A review of the efforts and roles of the public sector for BIM adoption worldwide, **Journal of Information Technology in Construction (ITcon)**, [s. l.], v. 20, p. 442-478, 2015. Disponível em: <https://www.itcon.org/paper/2015/27>. Acesso em: 25 abr. 2017.

CHIEN, K. F.; WU, Z. H.; HUANG, S. C. Identifying and assessing critical risk factors for BIM projects: Empirical study. **Automation in Construction**, [s. l.], v. 45, p. 1-15, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.04.012>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580514001071>. Acesso em: 07 mar. 2018.

CORDELLA, A; IANNACCI, F. Information Systems in the Public Sector: The e-government enactment framework, **Journal of Strategic Information Systems**, [s. l.], v. 19, n. 1, p. 52–66, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2010.01.001>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963868710000028>. Acesso em: 20 set. 2017.

CRUZ, N. F.; MARQUES, R. C. Delivering local infrastructure through PPPs: Evidence from the school sector. **Journal of Construction and Engineering Management**. [s. l.], v. 138, n. 10, p. 1433–1443, 2012. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000558](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000558). Disponível em: <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29CO.1943-7862.0000558>. Acesso em: 20 jul. 2017.

DOWLATSHAHI, S. Product design in a concurrent engineering environment: an optimization approach, **International Journal of Production Research**, [s. l.], v. 30, n. 8, p. 1803-1818, 1992. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207549208948123>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00207549208948123>. Acesso em: 20 mar. 2017.

DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES, J. A. V. **Design Science Research: A Method for Science and Technology Advancement**. 1. ed. Berlin: Springer International Publishing, 2015.

EADIE, R.; BROWNE, M.; ODEYINKA, H.; McKEOWN, C.; McNIFF, S. BIM Implementation Throughout the UK Construction Project Lifecycle: an analysis. **Automation in Construction**, [s. l.], v. 36, p. 145-151, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.09.001>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580513001507>. Acesso em: 20 abr. 2017.

EASTMAN, C.; FISHER, D.; GILLES, L.; LIVIDINI, J.; STOKER, D.; YESSIOS, C. **An Outline of the Building Description System**, Carnegie-Mellon University, Pittsburgh: Institute of Physical Planning, 1974.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors**. 2. ed. Nova Jersey: John Wiley & Sons, 2011.

FARIA, D.R.G; BARROS, M.M.S.B; SANTOS, E.T. Proposição de um protocolo para contratação de projetos em BIM para o mercado da construção civil nacional. *In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*, 16., São Paulo, Brasil. **Anais [...]**. São Paulo, 2016.

FIESP. **Proposta de Política Industrial para construção civil: Edificações - Caderno 1** São Paulo: Departamento da Indústria da Construção - DECONCIC, 2008. 169p.

FIESP. **11º Construbusiness: Antecipando o futuro**. 2015. Disponível em: <<http://hotsite.fiesp.com.br/construbusiness/2015/docs/Caderno-Tecnico.pdf>> Acesso em: 15 jan. 2018.

FIESP. **12º Construbusiness: Investir com Responsabilidade**. 2016. Disponível em: <<http://hotsite.fiesp.com.br/construbusiness/2016/doc/deconcic-construbusiness-2016.pdf>> Acesso em: 15 jan. 2018.

GANAH, A.; JOHN, G. A. Suitability of BIM for enhancing value on PPP projects for the benefit of the public sector. *In: International Conference 2013 Body of Knowledge*, 2013, Preston, Reino Unido, **Anais [...]** p. 347-356. Disponível em: <http://clouk.uclan.ac.uk/7751>. Acesso em: 21 abr. 2017

GOVERNO DE SANTA CATARINA. **Caderno de Apresentação de Projetos em BIM**. Florianópolis: Secretaria de Estado do Planejamento de Santa Catarina, 2015. 98 p.

GOVERNO DO PARANÁ. **Caderno de Especificação Técnica para Contratação de Projetos de Edificações em BIM**. Curitiba: Secretaria de Estado de Infraestrutura e Logística, 2018. 114p.

GUREVICH, U.; SACKS, R.; SHRESTHA, P. BIM Adoption by Public Facility Agencies: Impacts on Occupant Value. **Building Research & Information**, [s. l.], v. 45, n. 6, p. 610-630, 2017. v. 36, p. 145-151, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1080/09613218.2017.1289029>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09613218.2017.1289029?journalCode=rbr20>. Acesso em: 20 jul. 2017.

HARDIN, B.; MCCOOL, D. 2015. **BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows**. 2. ed. Indianapolis: John Wiley & Sons, 2011.

HEVNER, A.; MARCH, S. T.; PARK, J.; RAM, S. Design Science Research in Information Systems. **MIS Quarterly**, [s. l.], v. 28, n.1, p. 75-105, 2004. Disponível em: <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=2017217>. Acesso em: 20 jan. 2017.

IBGE. **Pesquisa anual da indústria da construção 2015**. v. 25. Rio de Janeiro, 2017.

JARADAT, S.; WHYTE, J.; LUCK, R. Professionalism in digitally mediated project work. **Building Research and Information**, [s. l.], v. 41, n. 1, p. 51–59, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1080/09613218.2013.743398>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09613218.2013.743398>. Acesso em: 20 set. 2017.

JONES, S.A.; LAQUIDARA-CARR, D. **SmartMarket Brief: BIM Advancements N. 1**. 1. ed. Bedford: Dodge Data & Analytics, 2016.

JUNG, Y.; JOO, M. Building information modelling (BIM) framework for practical implementation. **Automation in Construction**, [s. l.], v. 20, n. 2, 126–133, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2010.09.010>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580510001391>. Acesso em: 21 nov. 2017.

KASSEM, M.; AMORIM, S. R. L. **Building Information Modeling no Brasil e na União Europeia**. Projeto Apoio aos Diálogos Setoriais. Brasília: MDIC, 162 p., 2015.

KASSEM, M.; SUCCAR, B; DAWOOD, N. **Building Information Modeling: Analyzing Noteworthy Publications of Eight Countries Using a Knowledge Content Taxonomy**, *In*: R.R.A. Issa, and S. Olbina (ed.), *Building Information Modeling: Applications and Practices*, American Society of Civil Engineers, Reston, USA, p. 329-371, 2015.

KASSEM, M.; SUCCAR, B. Macro BIM adoption: Comparative market analysis. **Automation in Construction**, [s. l.], v. 81, p. 286-299, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.04.005>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580517303205>. Acesso em: 26 mai. 2018.

KHOSROWSHAHI, F.; ARAYICI, Y. Roadmap for Implementation of BIM in the UK Construction Industry. **Engineering, Construction and Architectural Management**, [s. l.], v. 19, n. 6, p. 610-635, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1108/09699981211277531>. Disponível em: <https://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/09699981211277531>. Acesso em: 26 nov. 2017.

LACERDA, D. P.; DRESCH, A.; PROENÇA, A.; JÚNIOR, J. A. V. A. Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção. **Gestão e Produção**, São Carlos, v. 20, n. 4, p. 741–761, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2013005000014>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2013000400001. Acesso em: 16 abr. 2017.

LARSEN, J.K.; SHEN, G.Q.; LINDHARD, S.M.; BRUNOE, T.D. Factors affecting schedule delay, cost overrun, and quality level in public construction projects, **Journal of Management in Engineering**, [s. l.], v. 32, n. 1, 2016. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000391](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000391). Disponível em: <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29ME.1943-5479.0000391>. Acesso em: 19 abr. 2017.

LEE, S.; YU, J.; JEONG, D. BIM Acceptance Model in Construction Organizations. **Journal of Management in Engineering**, [s. l.], v. 31, n. 3, 2015. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000252](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000252). Disponível em: <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%29ME.1943-5479.0000252>. Acesso em: 19 abr. 2017.

LEIDECKER, J.K.; BRUNO, A.V. Identifying and using critical success factors, **Long Range Planning**, [s. l.], v. 17, n. 10, p. 23-32, 1984. DOI: [https://doi.org/10.1016/0024-6301\(84\)90163-8](https://doi.org/10.1016/0024-6301(84)90163-8). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0024630184901638>. Acesso em: 22 set. 2017.

LIANG, C.; LU, W.; ROWLINSON, S. Y.; ZHANG, X. Development of a Multifunctional BIM Maturity Model, **Journal of Construction Engineering and Management**, [s. l.], v. 142, n.11, 2016. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001186](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001186). Disponível em: <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29CO.1943-7862.0001186>. Acesso em: 22 out. 2017.

LIU, J.; LOVE, P.E.; SMITH, J.; REGAN, M.; DAVIS, P.R. Life cycle critical success factors for public–private partnership infrastructure projects. **Journal of Construction Engineering and Management**, [s. l.], v. 31, n. 5, p. 401–407, 2015. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000307](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000307). Disponível em: <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29ME.1943-5479.0000307>. Acesso em: 23 ago. 2017.

LOCATELLI, G.; INVERNIZZI, D.C.; BROOKES, N.J. Project characteristics and performance in Europe: an empirical analysis for large transport infrastructure projects, **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, [s. l.], v. 98, p. 108-122, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2017.01.024>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0965856416300817>. Acesso em: 5 out. 2017.

LOVE, P.E.D.; EDWARDS, D.J.; IRANI, Z. Moving beyond optimism bias and strategic misrepresentation: an explanation for social infrastructure project cost overruns, **IEEE Transactions on Engineering Management**, [s. l.], v. 59, n. 4, p. 560-571, 2012. DOI: 10.1109/TEM.2011.2163628. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6032087>. Acesso em: 2 jun. 2017.

LOVE, P.E.D.; AHIAGA-DAGBUI, D.; WELDE, M.; ODECK, J. Light rail transit cost performance: Opportunities for future-proofing. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, [s. l.], v. 100, p. 27-39, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2017.04.002>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096585641730191X>. Acesso em: 10 out. 2017.

LUKKA, K. 2003. The Constructive Research Approach, **Case Study Research in Logistics, Publications of Turku School of Economics and Business Administration**, Series B, B1, p. 83–120, 2003.

MARCH, S. T.; SMITH, G. F. Design and natural science research in Information Technology. **Decision Support Systems**, [s. l.], v. 15, n. 4, p. 251-266, 1995. DOI: [https://doi.org/10.1016/0167-9236\(94\)00041-2](https://doi.org/10.1016/0167-9236(94)00041-2). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0167923694000412>. Acesso em: 14 mar. 2017.

MELLO, L. C. B.; AMORIM, S. R. L. O subsetor de edificações da construção civil no Brasil: uma análise comparativa em relação à União Europeia e aos Estados Unidos. **Produção**, [s. l.], v. 19, n. 2, p. 388-399, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132009000200013>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-65132009000200013&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 14 mar. 2017.

OZORHON, B.; KARAHAN, U. Critical Success Factors of Building Information Modeling (BIM) Implementation. **Journal of Management in Engineering**, [s. l.], v. 33, n. 3, 2016. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000505](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000505). Disponível em: <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29ME.1943-5479.0000505>. Acesso em: 05 dez. 2017.

OZORHON, B.; ORAL, K. Drivers of Innovation in Construction Projects. **Journal of Construction Engineering and Management**, [s. l.], v. 143, n. 4, 2017. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001234](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001234). Disponível em: <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29CO.1943-7862.0001234>. Acesso em: 06 dez. 2017.

PEREIRA, A.P.; AMORIM, A. Implantação BIM: Gestão dos Processos de Projeto. *In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção*, 1., Simpósio Brasileiro De Gestão E Economia Da Construção, 10., Fortaleza, Brasil. **Anais [...]**. Fortaleza, CE: Marketing Aumentado, 2017.

PENN STATE ARCHITECTURAL ENGINEERING. **Building Information Modeling Project Execution Planning Guide**. Version 2.1. The Pennsylvania State University, 2011.

PORWAL A.; HEWAGE K.N. Building Information Modeling (BIM) partnering framework for public construction projects. **Automation in Construction**, [s. l.], v. 31, p. 204-214, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.12.004>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580512002439>. Acesso em: 09 out. 2017.

ROCKART, J. F. Chief executives define their own data needs. **Harvard Business Review**, [s. l.], v. 57, n. 2, p. 81-93, 1979. Disponível em: <https://hbr.org/1979/03/chief-executives-define-their-own-data-needs>. Acesso em: 11 ago. 2017.

ROGERS, E.M. **Diffusion of Innovations**. 4. ed. New York: The Free Press, 1995.
SACKS, R.; GUREVICH, U.; SHRESTHA, P. A review of building information modeling protocols, guides and standards for large construction clients. **Journal of Information Technology in Construction (ITcon)**, [s. l.], v. 21, p. 479-503, 2016. Disponível em: <https://www.itcon.org/paper/2016/29>. Acesso em: 28 jul. 2017.

SANTOS, H.P.; STARLING, C. M. D.; ANDERY, P. R. P. Um estudo sobre as causas de aumentos de custos e de prazos em obras de edificações públicas municipais. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.15, n.4, p. 225-242, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212015000400048>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1678-86212015000400225&script=sci_abstract&tlng=pt Acesso em: 05 mai. 2018.

SCHEER, S.; LEUSIN, S.; SANTOS, E.; FERREIRA, R.; CARON, A. The scenario and trends in the Brazilian IT construction applications' experience. **Journal of Information Technology in Construction (ITcon)**, [s. l.], v. 12, n. 13, p. 193-206, 2007. Disponível em: <https://www.itcon.org/paper/2007/13>. Acesso em: 04 mai. 2017.

SIMON, H. A. **The Sciences of the Artificial**. 1. ed. Cambridge: MIT Press, 1969.

SONGER, A.D.; MOLENAAR, K.R. Project characteristics for successful public-sector design-build, **Journal of Construction Engineering and Management**, [s. l.], v. 123, n. 1, p. 34-40, 1997. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(1997\)123:1\(34\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(1997)123:1(34)). Disponível em: <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%290733-9364%281997%29123%3A1%2834%29>. Acesso em: 09 mai. 2017.

SUCCAR, B.; SHER, W.; WILLIAMS, A. Measuring BIM performance: Five metrics. **Architectural Engineering and Design Management**, [s. l.], v. 8, n. 2, p. 120-142, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1080/17452007.2012.659506>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17452007.2012.659506>. Acesso em: 26 mai. 2017.

SUCCAR, B.; KASSEM, M. Macro-BIM Adoption: Conceptual Structures. **Automation in Construction**, [s. l.], v. 57, p. 64-79, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.04.018>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580515001028>. Acesso em: 09 ago. 2017.

TABORDA, P., CACHADINHA, N. BIM nas obras públicas em Portugal: Condicionantes para uma implementação com sucesso. In: Congresso Construção 2012, 4., 2012, Coimbra, Portugal, **Anais [...]**. Disponível em: <https://run.unl.pt/handle/10362/10012>. Acesso em: 24 abr. 2017.

TOOR, S.R.; OGUNLANA, S.O. Beyond the 'Iron triangle': Stakeholder Perception of Key Performance Indicators (KPIs) for Large-scale Public Sector Development Projects, **International Journal of Project Management**, [s. l.], v. 28, n. 3, p. 228-236, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2009.05.005>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0263786309000623>. Acesso em: 07 mai. 2017.

VAN AKEN, J.E.; ROMME, G. Reinventing the Future: Adding design science to the repertoire of organization and management studies, **Organization Management Journal**. [s. l.],

v. 6, n. 1, p. 5–12, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1057/omj.2009.1>. Disponível em: <https://tandfonline.com/doi/abs/10.1057/omj.2009.1?tab=permissions&scroll=top>. Acesso em: 07 mai. 2017.

VAN AKEN, J.; BERENDS, H.; VAN DER BIJ, H. **Problem solving in organizations: A methodological handbook for business and management students**. 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2012.

WILSON, R. Operations and support cost model for new product concept development. **Computers & Industrial Engineering**. [s. l.], v. 11, n. 1-4, p. 128-131, 1986. DOI: [https://doi.org/10.1016/0360-8352\(86\)90063-X](https://doi.org/10.1016/0360-8352(86)90063-X). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/036083528690063X>. Acesso em: 22 abr. 2017.

WON, J.; LEE, G.; DOSSICK, C.; MESSNER, J. Where to focus for successful adoption of building information modeling within organization, **Journal of Construction Engineering and Management**, [s. l.], v. 139, n. 11, 2013. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000731](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000731). Disponível em: [https://ascelibrary.org/doi/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000731](https://ascelibrary.org/doi/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000731). Acesso em: 29 set. 2017.

WON, J.; LEE, G. How to tell if a BIM project is successful: A goal-driven approach. **Automation in Construction**, [s. l.], v. 69, p. 34-43, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.05.022>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580516301029>. Acesso em: 11 out. 2017.

XU, H.; FENG J.; LI, S. Users-Orientated Evaluation of Building Information Model in the Chinese Construction Industry. **Automation in Construction**, [s. l.], v. 39, p. 32-46, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.12.004>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580513002161>. Acesso em: 11 jun. 2017.

YANG, J.B.; WEI, P.R. Causes of delay in the planning and design phases for construction projects. **Journal of Architectural Engineering**, [s. l.], v.16, n. 2, p. 80-83, 2010. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1076-0431\(2010\)16:2\(80\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1076-0431(2010)16:2(80)). Disponível em: <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%291076-0431%282010%2916%3A2%2880%29>. Acesso em: 12 mai. 2017.

ZAR, J.H. Significance testing of the Spearman rank correlation coefficient. **Journal of the American Statistical Association**. [s. l.], v. 67, n. 339, p. 578–580, 1972. DOI: [10.2307/2284441](https://doi.org/10.2307/2284441). Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01621459.1972.10481251>. Acesso em: 14 out. 2017.

APÊNDICE – QUESTIONÁRIO DO LEVANTAMENTO

Questionário - Adoção de Building Information Modeling (BIM) no Setor Público

Esta investigação faz parte de um projeto de mestrado da Universidade Federal da Bahia e tem como objetivo principal avaliar e priorizar Fatores Críticos de Sucesso (FCS) a serem gerenciados na implantação da Modelagem da Informação da Construção (BIM) por organizações públicas, baseado na visão de profissionais que estão envolvidos com o uso do BIM no setor público, praticantes, acadêmicos e especialistas.

*Obrigatório

Informações do Participante

Os dados dos participantes, incluindo o nome, serão preservados e mantidos confidenciais.

Nome Completo *

Sua resposta

E-mail *

Sua resposta

Idade *

- 18-24
- 25-34
- 35-44
- 45-54
- 55-64
- 65 ou mais

Sexo *

- Masculino
- Feminino

Selecione o estado onde você tem sua principal atuação profissional *

Escolher ▼

Formação profissional *

- Arquitetura e/ou Urbanismo
- Engenharia Civil
- Outras Engenharias
- Outros Cursos

Caso tenha respondido Outras Engenharias ou Outros Cursos, especifique

Sua resposta _____

Grau de Escolaridade Atual *

- 2º Grau
- Graduação
- Especialização/MBA
- Mestrado
- Doutorado
- Pós-Doutorado

Área(s) de atuação no Setor de Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO) *

- Concepção e Viabilidade
- Licitação e Contratação
- Projeto
- Construção
- Fiscalização
- Gerenciamento/Supervisão de Obras
- Operação/Manutenção
- Consultoria
- Pesquisa e Ensino
- Cadeia de Suprimentos
- Outra

Caso tenha respondido Outra Área de Atuação, especifique

Sua resposta

Tempo de experiência pessoal (estudos/aplicações) com BIM *

- Até menos de 2 anos
- De 2 até menos de 5 anos
- De 5 até menos de 8 anos
- 8 anos ou mais

PRÓXIMA

Avaliação de Fatores Críticos de Sucesso (FCS) na Implantação do BIM por Organizações do Setor Público

Nesta seção, os participantes irão avaliar e priorizar os Fatores Críticos de Sucesso (FCS) identificados pelos pesquisadores, a partir de uma ampla revisão da literatura e em estudo exploratório. Uma vez que os aspectos influenciadores são os mais diversos, os FCS são características, condições ou variáveis que, quando são gerenciadas adequadamente, possuem um impacto significativo no sucesso de uma implementação.

Avalie cada FCS listado com relação ao seu grau de importância no sucesso de implantação do BIM em uma organização pública *

	1 - Muito Baixo	2 - Baixo	3 - Médio	4 - Alto	5 - Muito Alto
Cultura organizacional favorável	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Disponibilidade de infraestrutura tecnológica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Disponibilidade de pessoal qualificado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Disponibilidade de recursos financeiros	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Disponibilidade em gerar informações críticas para análises do ciclo de vida	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Envolvimento adequado da equipe	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fluxo de processos colaborativo entre os envolvidos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Forma de contratação apropriada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

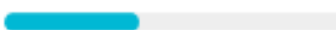
Interoperabilidade na troca de informações relevantes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Liderança e incentivo governamental	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nível de experiência dentro da entidade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Política de adoção eficaz da entidade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Regulação e legislação governamental	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Requisitos dos clientes e proprietários	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Requisitos e diretrizes para recebimento dos entregáveis	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Utilidade percebida e facilidade de uso pelos envolvidos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Apresente comentários e caso tenha desenvolvido estratégias para gerenciar algum desses fatores, por favor, relacione e explique o seu funcionamento.

Sua resposta

VOLTAR

PRÓXIMA

 Página 2 de 5

Nunca envie senhas pelo Formulários Google.

Avaliação dos aspectos relevantes na adoção do BIM por organizações públicas

Nesta etapa da pesquisa, os participantes irão avaliar outros aspectos relevantes relacionados ao processo de adoção do BIM, os quais podem apoiar o desenvolvimento de estratégias para gerenciamento dos Fatores Críticos de Sucesso.

Qual(is) desses papéis, o setor público deve assumir prioritariamente para adoção do BIM pela indústria? *

- Agente Financiador com suporte financeiro para implantação
- Demonstrador com projetos pilotos, planos internos e testes de tecnologias
- Educador com guias, programas e planos de formação e treinamento
- Iniciador/Condutor com definição de metas, comitês, atividades
- Pesquisador com projetos de pesquisa e colaboração com universidades
- Regulador com normas, protocolos, mandatos e padrões
- Outros
- Não sei

Comentários Opcionais. Caso tenha escolhido Outro papel, especifique.

Sua resposta _____

Quais desses mecanismos o setor público deveria aplicar, prioritariamente, visando uma disseminação da adoção do BIM pela indústria? *

- Definir objetivos estratégicos, estágios e marcos para a adoção pelo setor
- Prescrever critérios para definição dos empreendimentos em que o uso do BIM passe a ser obrigatório na contratação
- Estabelecer grupos de trabalho para desenvolver e implementar as estratégias de adoção
- Desenvolver estrutura regulatória adequada
- Elaborar publicações sobre implantação de BIM, incluindo guias, protocolos e mandates
- Desenvolver critérios para pré-qualificação de licitantes e avaliação do desempenho das organizações e indivíduos
- Criar biblioteca pública de objetos BIM para funcionar como repositório para apoio ao setor
- Outro
- Não sei

Comentários Opcionais. Caso tenha escolhido Outro mecanismo, especifique.

Sua resposta _____

Qual(is) forma(s) de contratação pública para empreendimentos de construção civil possui(em) maior(es) potencial(is) de maximização dos benefícios do BIM? *

- Lei de Licitações tradicional com separação das etapas de concepção dos projetos, contratação, construção e operação (Lei nº 8.666/1993)
- RDC com a contratação integrada das etapas de projeto (básico e executivo), construção e pré-operação (Lei nº 12.462/2011)
- RDC com a possibilidade de remuneração variável de acordo com o desempenho como metas, padrões de qualidade, critérios de sustentabilidade ambiental e prazo de entrega (Lei nº 12.462/2011)
- PPP englobando as etapas de projeto (básico e executivo), construção e operação por tempo determinado e remuneração variável de acordo com o desempenho (Parceria Público-Privada Lei de nº 11.079/2004)
- Outra ainda não regulamentada
- Não sei

Por favor, caso tenha respondido Outra ainda não regulamentada, informe qual a forma de contratação e como poderia maximizar os benefícios do BIM.

Sua resposta _____

Avalie o grau de importância dos seguintes requisitos para qualificação técnica em contratações para uso do BIM

Caso não saiba responder, passe para a próxima questão.

	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Qualificação e experiência profissional da equipe no uso do BIM	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Avaliação da qualidade dos entregáveis (modelos BIM) em empreendimentos anteriores	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Experiência da empresa em empreendimentos similares	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Disponibilidade de infraestrutura tecnológica adequada da empresa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Por favor, caso considere importante outros requisitos para qualificação técnica não citados anteriormente, informe quais são e como seriam exigidos.

Sua resposta _____

Quais os itens devem constar obrigatoriamente em um mandate (documento prescritivo e obrigatório) publicado por uma instituição pública que adota o BIM? *

- Requisitos ou Modelo (Template) para o Plano de Execução BIM (BIM Execution Plan - BEP) dos empreendimentos
- Níveis de desenvolvimento (LOD) e estruturação dos modelos
- Padrões de representação gráfica e apresentação dos componentes
- Convenções de nomenclatura e organização dos dados
- Interoperabilidade para troca de informações
- Usos, Funções e Análises/Simulações esperadas por fases do ciclo de vida
- Papéis e Responsabilidades dos envolvidos
- Direitos de Propriedade Intelectual dos modelos e seus componentes
- Procedimentos de Controle da Qualidade dos modelos
- Modos de Colaboração pretendidos
- Requisitos para Operação e Manutenção (COBie)
- Formas de Contratação e Qualificação
- Cronograma de Pagamentos (especialmente com definição da remuneração da fase de projeto)
- Especificação dos softwares
- Outro
- Não sei

Por favor, caso tenha respondido Outro item, especifique.

Sua resposta _____

Avalie o grau de importância dos seguintes métodos e ferramentas de verificação da qualidade dos modelos BIM

Caso não saiba responder, passe para a próxima questão.

	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Verificação visual manual de vistas específicas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Verificação manual com uso de filtros, como por disciplinas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Listas de verificação (checklists) específicas para controle da qualidade de dados e dos projetos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Verificação automática de objetos duplicados, sobrepostos ou inconsistentes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Verificação automática de regras específicas programáveis	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

O Contratante (Setor Público) deve requisitar que os entregáveis, a exemplo de modelos, devam ser disponibilizados em qual(is) formato(s) de arquivo(s)? *

- Formato IFC (padrão aberto de interoperabilidade)
- Formato IFC e o formato nativo (proprietário) do(s) software(s) selecionado(s) pelo Contratado
- Formato IFC e o formato nativo (proprietário) do(s) software(s) que o Contratante (Órgão Público) utilizar
- Formato nativo (proprietário) do(s) software(s) selecionado(s) pelo Contratado
- Formato nativo (proprietário) do(s) software(s) que o Contratante (Órgão Público) utilizar
- Não sei

Comentários Opcionais sobre a sua escolha

Sua resposta

De forma geral, você concorda que as instituições públicas devam desenvolver as suas próprias bibliotecas virtuais de objetos BIM para realizar a contratação externa dos seus projetos? *

- Concordo
- Concordo parcialmente
- Discordo
- Indiferente
- Não sei

Por favor, explique os motivos para a sua escolha

Sua resposta

Avalie o grau de importância dos seguintes fatores em gerar um custo benefício favorável ao desenvolvimento de uma biblioteca de componentes BIM por uma organização pública

Caso não saiba responder, passe para a próxima questão.

	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Variabilidade na tipologia e especificações de empreendimentos licitados pela organização	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Repetitividade na tipologia e nas especificações de empreendimentos licitados pela organização	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Alta complexidade dos empreendimentos licitados pela organização	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Baixa complexidade dos empreendimentos licitados pela organização	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Existência de requisitos para modulação e/ou padronização dos empreendimentos licitados pela organização	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Disponibilidade de pessoal e infraestrutura tecnológica para o desenvolvimento da biblioteca	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Existência de repositório ou biblioteca nacional de objetos BIM	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Por favor, caso considere importante outros fatores não citados anteriormente, informe quais são e como influenciam.

Sua resposta

Caso tenha interesse em receber os resultados desta pesquisa através do e-mail informado, por favor selecione a seguir:

Quero receber os resultados da pesquisa

Você trabalha em uma instituição pública? *

Caso não trabalhe em uma instituição pública, você será direcionado para envio do questionário após essa resposta.

Sim

Não

VOLTAR

PRÓXIMA

 Página 3 de 5

Nunca envie senhas pelo Formulários Google.

Adoção do BIM na Instituição Pública

Esta seção deve ser respondida apenas pelos participantes que responderam que trabalham em uma instituição pública. As informações serão preservadas e mantidas confidenciais pelos pesquisadores.

Caso queira, informe o nome da instituição.

Sua resposta

A instituição em que você trabalha pertence a qual esfera governamental? *

- Federal
- Estadual
- Municipal

Comentários Opcionais

Sua resposta

A instituição em que você trabalha já iniciou o processo de adoção do BIM em seus processos? *

Considerar como o processo de adoção do BIM em seus processos, a realização de atividades da fase interna para implantação (desenvolvimento de bibliotecas de objetos e de projetos, treinamentos, consultorias, criação de grupos de trabalho, parcerias, etc.) ou a publicação de licitações para contratações externas de projetos e/ou obras de engenharia com uso do BIM.

- Sim
- Não

Comentários Opcionais

Sua resposta

VOLTAR

PRÓXIMA

 Página 4 de 5

Usos do BIM na Instituição Pública

Esta seção deve ser respondida apenas pelos participantes que responderam que a instituição pública em que trabalham utiliza o BIM em seus processos. As informações serão preservadas e mantidas confidenciais pelos pesquisadores.

Há quanto tempo a instituição iniciou o processo de adoção do BIM em seus processos? *

- Até menos de 1 ano
- De 1 até menos de 3 anos
- De 3 até menos de 5 anos
- 5 anos ou mais

Comentários Opcionais

Sua resposta

Avalie em qual dos estágios está a sua organização no processo de adoção do BIM. *

A avaliação é baseada na definição dos Estágios de Capacidade BIM proposta por Succar et al. (2012)

- Pré-BIM (preparação interna da adoção com a realização de treinamentos, consultorias, testes e parcerias)
- Modelagem baseada em objetos (uso do BIM em pelo menos uma única disciplina em uma fase do ciclo de vida do empreendimento)
- Colaboração baseada em modelos (uso multidisciplinar do BIM com o intercâmbio acelerado de modelos entre os envolvidos no empreendimento)
- Integração baseada em redes (intercâmbio interdisciplinar simultâneo de modelos nD ao longo das fases do ciclo de vida de um empreendimento)
- Pós-BIM (ponto final variável que representa a meta, em constante evolução, para empregar ferramentas e conceitos virtualmente integrados de projeto, construção e operação, ultrapassado os estágios anteriores)

Comentários Opcionais

O processo de adoção do BIM foi induzido por que parte(s) da instituição? *

- Alta gestão
- Média gestão
- Nível operacional
- Não sei

Comentários Opcionais sobre como ocorreu o processo de adoção

Sua resposta _____

Em qual(is) etapa(as) do ciclo de vida dos empreendimentos, o BIM está sendo utilizado na instituição? *

- Concepção e Viabilidade
- Licitação e Contratação
- Projeto
- Construção
- Gerenciamento/Fiscalização/Supervisão
- Operação/Manutenção
- Reabilitação/Retrofit
- Outra

Em qual(is) atividade(es), o BIM está sendo utilizado na instituição e em seus empreendimentos? *

- Modelagem das Condições Existentes
- Projetos Conceituais (estudos de volumetria, funcionalidade, etc.)
- Anteprojetos
- Análises Estruturais
- Análise Energética
- Outras Análises de Sustentabilidade
- Projetos Legal e Básico
- Projetos Executivos
- Qualificações Técnicas em Contratações
- Compatibilização de Projetos
- Planejamento de Utilização do Canteiro de Obras
- Análises de Construtibilidade
- Simulação Virtual do Planejamento (Modelagem 4D)
- Produção de Componentes
- Controle e Acompanhamento do Avanço Físico
- Medições dos Contratados
- Extratação de Quantitativos
- Controle de Custos (Modelagem 5D)
- Projetos As-Built
- Planos de Manutenção
- Gerenciamento de Ativos

- Controle e Acompanhamento do Avanço Físico
- Medições dos Contratados
- Extratação de Quantitativos
- Controle de Custos (Modelagem 5D)
- Projetos As-Built
- Planos de Manutenção
- Gerenciamento de Ativos
- Gerenciamento de Espaços
- Outras

Comentários Opcionais. Caso tenha escolhido Outras atividades, especifique

Sua resposta

Relacione os principais benefícios verificados no processo de adoção do BIM


Sua resposta

Relacione as principais barreiras encontradas no processo de adoção do BIM.

Sua resposta

VOLTAR

ENVIAR

 Página 5 de 5

Nunca envie senhas pelo Formulários Google.
