

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

LUCIANA DE OLIVEIRA LIMA

**ANÁLISE DE MODELOS DE MATURIDADE PARA MEDIÇÃO DA
IMPLEMENTAÇÃO DO *BUILDING INFORMATION MODELING* (BIM)**

DISSERTAÇÃO

CURITIBA

2019

LUCIANA DE OLIVEIRA LIMA

**ANÁLISE DE MODELOS DE MATURIDADE PARA MEDIÇÃO DA
IMPLEMENTAÇÃO DO *BUILDING INFORMATION MODELING* (BIM)**

Dissertação apresentada como requisito parcial
à obtenção do título de mestre em Engenharia
Civil, do Programa de Pós Graduação em
Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica
Federal do Paraná.

Área de concentração: Construção Civil.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Eduardo Catai

CURITIBA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Lima, Luciana de Oliveira

Análise de modelos de maturidade para medição da implementação do building information modeling [recurso eletrônico] / Luciana de Oliveira Lima.-- 2019.

1 arquivo texto (171 f.) : PDF ; 2,48 MB

Modo de acesso: World Wide Web

Título extraído da tela de título (visualizado em 11 jul. 2019)

Texto em português com resumo em inglês

Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Curitiba, 2019

Bibliografia: f. 158-164

1. Engenharia civil - Dissertações. 2. Modelagem de informação da construção. 3. Construção civil - Gerenciamento. 4. Construção civil - Inovações tecnológicas. 5. Construção civil - Processo decisório. I. Catai, Rodrigo Eduardo. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. III. Título.

CDD: Ed. 23 – 624

Biblioteca Central da UTFPR, Câmpus Curitiba
Bibliotecário: Adriano Lopes CRB-9/1429

TERMO DE APROVAÇÃO DE DISSERTAÇÃO Nº 165

A Dissertação de Mestrado intitulada ANÁLISE DE MODELOS DE MATURIDADE PARA MEDIÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DO BUILDING INFORMATION MODELING (BIM), defendida em sessão pública pelo(a) candidato(a) **Luciana de Oliveira Lima**, no dia 27 de março de 2019, foi julgada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, área de concentração Construção Civil, e aprovada em sua forma final, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Rodrigo Eduardo Catai - Presidente - UTFPR

Prof. Dr. Cezar Augusto Romano - UTFPR

Prof. Dr. Sergio Scheer – UFPR

A via original deste documento encontra-se arquivada na Secretaria do Programa, contendo a assinatura da Coordenação após a entrega da versão corrigida do trabalho.

Curitiba, 27 de março de 2019.

AGRADECIMENTOS

A todos que contribuíram para a realização deste trabalho, e me apoiaram ao longo desta jornada, à minha mais sincera gratidão.

Agradeço a disposição do meu orientador Prof. Dr. Rodrigo Eduardo Catai por topar participar desta pesquisa cujo tema ainda é recente no meio acadêmico, e assim, ajudar na disseminação do *Building Information Modeling* na UTFPR.

À minha banca examinadora, que tanto me auxiliou com sugestões, disponibilidade de tempo e atenção, Prof. Dr. Cezar Augusto Romano, e em especial Prof. Dr. Sergio Scheer, quem me assistiu além de suas obrigações, meus mais sinceros agradecimentos.

À equipe SBI *bimSCORE*, quem disponibilizou gratuitamente as avaliações de medição de maturidade BIM VDC *Scorecard*, além de também providenciar toda a atenção e assistência no auxílio à aplicação dos questionários.

Quanto às organizações que participaram das avaliações, obrigada pela disponibilidade de tempo, atenção e confiança.

Aos meus pais e irmã, obrigada por toda a atenção e carinho nesta jornada, por sempre acreditarem, me darem forças e tornarem meus dias mais leves.

Ao meu marido, em especial, por todo o suporte, ajuda, compreensão e parceria, que também passou algumas noites acordado para oferecer sua companhia e ânimo de sempre seguir em frente.

A todos os familiares, amigos, professores, e instituições que me ajudaram de alguma forma, obrigada.

A Deus, por fim, por dar a coragem, a proteção e a determinação de todos os dias.

LIMA, Luciana O. **Análise de modelos de maturidade para medição da implementação do *building information modeling* (BIM)**. 2019, 171 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

RESUMO

O BIM, também conhecido no Brasil como Modelagem da Informação da Construção (MIC), é um processo que tem sido classificado como uma inovação disruptiva, pois modifica as soluções técnicas de uma organização profundamente. A implementação de qualquer nova tecnologia, no entanto, é repleta de desafios e o BIM não é exceção. Desta forma, é essencial que o uso do BIM seja avaliado para que seja possível controlar e medir o desenvolvimento da implementação BIM. Por meio de uma avaliação que tenha um conjunto consistente de métricas, as organizações passam a conhecer as próprias competências, e são capazes de comparar os seus resultados com as demais empresas do mercado. Assim, na última década pelo menos 16 modelos de maturidade foram desenvolvidos no âmbito internacional, mas não há estudos que comprovem a aplicabilidade destas ferramentas no contexto nacional brasileiro. Assim a presente pesquisa tem por objetivo avaliar a aplicabilidade dos modelos de maturidade no contexto das organizações brasileiras, além de sugerir os modelos mais adequados e que possam ser incorporados pela Estratégia BIM BR do Governo Nacional, que tem por intuito promover a inovação na indústria da construção. A metodologia empregada contou com a utilização de procedimentos comparativos e de estudos de campo. O primeiro deles foi utilizado para comparar oito principais modelos de maturidade para que três fossem selecionados - *BIM Assessment Profile*, *BIM Maturity Matrix* e *VDC Scorecard* - e analisados, por meio da análise das métricas e dos princípios básicos de cada um. No segundo procedimento, os três modelos foram aplicados em nove organizações da AEC de Curitiba-PR, onde foram distinguidas as características de aplicação de cada um, além de identificados o grau de maturidade BIM das empresas e projetos analisados. A partir das aplicações e análises, foram distinguidas as características de qualidades dos modelos em questão. Os resultados mostram que os três modelos medem, principalmente, questões processuais além de técnicas e de pessoas. O *BIM Assessment Profile*, modelo de qualidades básicas, simples e flexível, se mostrou mais adequado em organizações que estão em estágios iniciais de adoção do BIM, ou que dispõem de processos estagnados. O *BIM Maturity Matrix*, também de caráter básico, simples e flexível é indicado para organizações de pequeno ou médio porte e que possuam setores bem definidos. Já o *VDC Scorecard* é o mais complexo, pois apresenta características básicas, descritivas e prescritivas, além de ser menos flexível, porém é o mais abrangente. É indicado para avaliar projetos de grande porte. Concluiu-se que os modelos de maturidade estudados podem ser utilizados no contexto brasileiro, porém o *BIM Assessment Profile* é o modelo mais adequado à realidade das organizações de AEC brasileiras.

Palavras-Chave: BIM. Modelo de maturidade. Métricas de avaliação. Implementação. Mensuração.

LIMA, Luciana O. **Analysis of maturity models for building information modeling (BIM) implementation measurement**. 2019, 171 p. Dissertation (Master in Civil Engineering) – Federal Technological University of Paraná, Curitiba, 2019.

ABSTRACT

BIM, also known in Brazil as “Modelagem da Informação da Construção” (MIC), is a process that has been classified as a disruptive innovation because it deeply modifies the technical solutions of an organization. The implementation of any new technology, however, is fraught with challenges and BIM is no exception. In this way, it is essential that the use of BIM is evaluated so that it is possible to control and measure the development of the BIM deployment. Through an evaluation that has a consistent set of metrics, organizations come to know their own competencies, and are able to compare their results with other companies in the market. Thus, in the last decade at least 16 maturity models have been developed internationally, but there are no studies that prove the applicability of these tools in the Brazilian context. The purpose of this research is to evaluate the applicability of maturity models in the context of Brazilian organizations, as well as to suggest the most adequate models that can be incorporated by the “Estratégia BIM BR” of the National Government, whose purpose is to promote innovation in the Brazilian construction. The methodology employed was based on the use of comparative procedures and field studies. The first one was used to compare eight major maturity models for which three were selected - BIM Assessment Profile, BIM Maturity Matrix and VDC Scorecard - and analyzed, through the analysis of the metrics and the basic principles of each one. In the second procedure, the three models were applied in nine AEC organizations of Curitiba-PR, where the application characteristics of each one were distinguished, besides identifying the degree of BIM maturity of the companies and projects analyzed. From the applications and analyzes, the quality characteristics of the models in question were distinguished. The results show that the three models mainly measure procedural issues besides techniques and people. The BIM Assessment Profile, a basic, simple and flexible quality model, has proved to be more appropriate in organizations that are in the early stages of BIM adopting, or that have stagnant processes. The BIM Maturity Matrix, which is also basic, simple and flexible, is suitable for small or medium sized organizations with well defined sectors. The VDC Scorecard is the most complex, since it presents basic, descriptive and prescriptive characteristics, besides being less flexible, but it is the most comprehensive. It is indicated to evaluate large projects. It was concluded that the maturity models studied can be used in the Brazilian context, but the BIM Assessment Profile is the most appropriate model for the Brazilian AEC organizations.

Keywords: BIM. Maturity Model. Evaluation metrics. Implementation. Measurement.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fases da elaboração da análise bibliográfica	21
Figura 2 – Distribuição da quantidade de publicações por ano	22
Figura 3 – Distribuição da quantidade de publicações por autor	23
Figura 4 – Classificação das publicações por instituição de origem dos autores	24
Figura 5 – Distribuição das publicações por países de origem dos autores	25
Figura 6 – Rede de citações	26
Figura 7 – Distribuição da quantidade de publicações por países de origem dos autores	27
Figura 8 – Cinco níveis de processos de maturidade de <i>software</i> (CMM)	41
Figura 9 – Estrutura hierárquica de objetivos, questões e métricas	41
Figura 10 – Organização da estrutura de princípios de modelos avaliativos	42
Figura 11 – Exemplo da análise dos pontos fortes e fracos de um modelo de medição de maturidade BIM	47
Figura 12 – Modelo de maturidade BIM, ano de lançamento, país de origem e foco de avaliação	49
Figura 13 – Estágios de capacidade do BIM	54
Figura 14 – Fatores do nível de confiança do VDC <i>Scorecard</i>	59
Figura 15 – Níveis hierárquicos do VDC <i>Scorecard</i>	60
Figura 16 – Categorias e subdivisões do BIMCAT	62
Figura 17 – Comparação das questões dentre as cinco áreas de abrangência	67
Figura 18 – Estratégia metodológica	71
Figura 19 – Etapas de aplicação dos modelos de maturidade BIM nas organizações	76
Figura 20 – Quantidade de métricas por área de avaliação	93
Figura 21 – Classificação da competência BIM das empresas pela escala de Succar (2010), com base na opinião dos entrevistados	111
Figura 22 – Resultado da avaliação da empresa A pelo BIM <i>Assessment Profile</i> ..	113
Figura 23 – Resultado da avaliação da empresa B pelo BIM <i>Assessment Profile</i> ..	115
Figura 24 – Resultado da avaliação da empresa C pelo BIM <i>Assessment Profile</i> ..	117
Figura 25 – Área de tecnologia do BIM <i>Maturity Matrix</i> – Empresa E	119
Figura 26 – Área de processos do BIM <i>Maturity Matrix</i> – Empresa E	120
Figura 27 – Área de políticas do BIM <i>Maturity Matrix</i> – Empresa E	120
Figura 28 – Estágio de capacidades do BIM <i>Maturity Matrix</i> – Empresa E	121
Figura 29 – Escalas organizacionais do BIM <i>Maturity Matrix</i> – Empresa E	121
Figura 30 – Resultado da avaliação da empresa E pelo BIM <i>Maturity Matrix</i>	122
Figura 31 – Área de tecnologia do BIM <i>Maturity Matrix</i> – Empresa F	123
Figura 32 – Área de processos do BIM <i>Maturity Matrix</i> – Empresa F	124
Figura 33 – Área de políticas do BIM <i>Maturity Matrix</i> – Empresa F	124
Figura 34 – Estágios de capacidade do BIM <i>Maturity Matrix</i> – Empresa F	125
Figura 35 – Escalas organizacionais do BIM <i>Maturity Matrix</i> – Empresa F	125
Figura 36 – Resultado da avaliação da empresa F pelo BIM <i>Maturity Matrix</i>	126
Figura 37 – Área de tecnologia do BIM <i>Maturity Matrix</i> – Empresa G	127
Figura 38 – Área de processos do BIM <i>Maturity Matrix</i> – Empresa G	128
Figura 39 – Área de políticas do BIM <i>Maturity Matrix</i> – Empresa G	128
Figura 40 – Estágios de capacidade do BIM <i>Maturity Matrix</i> – Empresa G	129
Figura 41 – Escalas organizacionais do BIM <i>Maturity Matrix</i> – Empresa G	129
Figura 42 – Resultado da avaliação da empresa G pelo BIM <i>Maturity Matrix</i>	130

Figura 43 – Resultado da avaliação de maturidade BIM do Projeto 1 pelo VDC <i>Scorecard</i>	133
Figura 44 – Resultado da avaliação de maturidade BIM do Projeto 2 pelo VDC <i>Scorecard</i>	135
Figura 45 – Resultado da avaliação de maturidade BIM do Projeto 3 pelo VDC <i>Scorecard</i>	136
Figura 46 – Resultado da avaliação de maturidade BIM do Projeto 4 pelo VDC <i>Scorecard</i>	138
Figura 47 – Pesquisa de opinião quanto a necessidade de avaliar a maturidade do BIM.....	143
Figura 48 – Pesquisa de opinião quanto a facilidade em responder a avaliação....	144
Figura 49 – Pesquisa de opinião quanto aos questionamentos serem condizentes com a realidade das empresas respondentes.....	146
Figura 50 – Qualidades do modelo de maturidade BIM <i>Assessment Profile</i>	149
Figura 51 – Qualidades do modelo de maturidade BIM <i>Maturity Matrix</i>	150
Figura 52 – Qualidades do modelo de maturidade VDC <i>Scorecard</i>	151

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Seleção de palavras chave e expressões para busca.....	21
Quadro 2 – <i>String</i> de busca.....	22
Quadro 3 – Principais obras referenciadas	29
Quadro 4 – Conceitos relacionados ao BIM.....	39
Quadro 5 – Critérios que devem ser identificados nas métricas de avaliação BIM...	44
Quadro 6 – Requisitos para métricas de desempenho para <i>benchmarking</i>	45
Quadro 7 – Qualidades de um modelo de maturidade.....	46
Quadro 8 – Características do Mínimo BIM por áreas de interesse do modelo NBIMS CMM.....	51
Quadro 9 – Níveis do índice de maturidade BIM.....	53
Quadro 10 – Divisão das categorias e KPIs do BIM <i>QuickScan</i> ®.....	56
Quadro 11 – Análise das características dos principais métodos de avaliação de maturidade BIM.....	68
Quadro 12 – Análise dos pontos fortes dos principais métodos de avaliação de maturidade BIM.....	69
Quadro 13 – Análise dos pontos fracos dos principais métodos de avaliação de maturidade BIM.....	70
Quadro 14 – Classificação das métricas nas três categorias de interesse	75
Quadro 15 – Demonstração dos cálculos de Grau de Maturidade e Índice de Maturidade	80
Quadro 16 – Pesquisa de opinião sobre as avaliações de maturidade BIM nas organizações.....	83
Quadro 17 – Comparação dos modelos de maturidade BIM de acordo com variáveis selecionadas	85
Quadro 18 – Métricas relacionadas à área de tecnologia	87
Quadro 19 – Comparação das métricas relacionadas à área de tecnologia	88
Quadro 20 – Métricas relacionadas à área de processos	89
Quadro 21 – Comparação das métricas relacionadas à área de processos	90
Quadro 22 – Métricas relacionadas à área de pessoas	91
Quadro 23 – Comparação das métricas relacionadas à área de pessoas.....	92
Quadro 24 – Resultados dos questionamentos que avaliam o caráter básico	105
Quadro 25 – Resultados dos questionamentos que avaliam o caráter descritivo ...	106
Quadro 26 – Resultados dos questionamentos que avaliam o caráter prescritivo ..	107
Quadro 27 – Resultado geral da aplicação do <i>checklist</i> nos métodos em análise ..	107
Quadro 28 – Principais informações das empresas avaliadas.....	110
Quadro 29 – Resumo dos resultados das empresas avaliadas pelo BIM <i>Assessment Profile</i>	118
Quadro 30 – Resumo dos resultados das empresas avaliadas pelo BIM <i>Maturity Matrix</i>	131
Quadro 31 – Informações básicas sobre o Projeto 1	132
Quadro 32 – Informações básicas sobre o Projeto 2	134
Quadro 33 – Informações básicas sobre o Projeto 3	136
Quadro 34 – Informações básicas sobre o Projeto 4	137
Quadro 35 – Resumo dos resultados das empresas avaliadas pelo método VDC <i>Scorecard</i>	138
Quadro 36 – Escalas de qualidade dos métodos de medição de maturidade.....	147

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Total de pontos por área do BIM <i>Assessment Profile</i> – Empresa A.....	114
Tabela 2 – Total de pontos por área do BIM <i>Assessment Profile</i> – Empresa B.....	116
Tabela 3 – Total de pontos por áreas do BIM <i>Assessment Profile</i> – Empresa C....	118
Tabela 4 – Total de pontos e índice de maturidade BIM – Empresa E	122
Tabela 5 – Total de pontos e índice de maturidade BIM – Empresa F.....	126
Tabela 6 – Total de pontos e índice de maturidade BIM – Empresa G.....	131

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
AIA	<i>American Institute of Architects</i>
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
BIMCAT	<i>BIM Competency Assessment Tool</i>
BIMCS	<i>BIM Cloud Score</i>
BIM-MM	<i>BIM Maturity Measure</i>
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CIC	Construção de Informação de Computador
CIFE	<i>Stanford University's Center for Integrated Facility Engineering</i>
CIS/2	<i>CIMSteel Integration Standards/Version 2</i>
CMM	<i>Capability Maturity Model</i>
CV	Construção Virtual
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
FCS	Fatores Críticos de Sucesso
IAI	<i>Internacional Alliance of Interoperability</i>
IDM	<i>Information Delivery Manuals</i>
IFC	<i>Industry Foundation Classes</i>
IFD	<i>International Framework for Dictionaries</i>
IPD	<i>Integrated Project Delivery</i>
KPA	<i>Key Process Areas</i>
MVD	<i>Model View Definition</i>
NBIMS CMM	<i>National BIM Standard Capability Maturity Model</i>
NIBS	<i>National Institute of Building Science</i>
ROI	<i>Return On Investment</i>
SBI	<i>Strategic Building Innovation</i>
SI	Sistemas de Informação
TI	Tecnologia de Informação
VDC	<i>Virtual Design and Construction</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA.....	15
1.2 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	16
1.3 PERGUNTA DE PESQUISA.....	16
1.4 JUSTIFICATIVAS	16
1.5 HIPÓTESE DE PESQUISA	17
1.6 OBJETIVOS.....	18
1.6.1 Objetivo Geral	18
1.6.2 Objetivos Específicos	18
1.7 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	18
2 REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1 REVISÃO DA LITERATURA.....	20
2.1.1 Definição das Palavras-Chave	21
2.1.2 Análise das Características das Publicações.....	22
2.1.3 Análise das Referências que Fundamentam as Publicações.....	25
2.2 A ADOÇÃO DE TECNOLOGIAS POR EMPRESAS DE ARQUITETURA, ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO (AEC).....	30
2.2.1 A Adoção de Tecnologias por Empresas da AEC no Brasil	31
2.3 O <i>Building Information Modeling</i> (BIM)	32
2.3.1 Definição de BIM.....	32
2.3.2 A Implantação BIM	33
2.3.3 O BIM no Contexto Brasileiro	35
2.4 MATURIDADE: CONCEITOS, MEDIÇÃO E MÉTRICAS	38
2.4.1 Conceitos de Maturidade de Processos e do BIM.....	38
2.4.2 Medição de Maturidade de Processos	39
2.4.3 Medição de Maturidade BIM.....	42
2.4.4 Métricas de Avaliação BIM.....	43
2.5 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE MATURIDADE BIM	47
2.5.1 <i>National BIM Standard's Capability Maturity Model (NBIMS CMM)</i>	49
2.5.2 <i>BIM Maturity Matrix (BIM³)</i>	52
2.5.2.1 Estágios de capacidade BIM.....	53
2.5.3 <i>BIM QuickScan®</i>	55
2.5.4 <i>Organizational BIM Assessment Profile</i>	57
2.5.5 <i>VDC Scorecard</i>	58
2.5.6 <i>The Owner's BIM Competency Assessment Tool (BIMCAT)</i>	61

2.5.7	<i>Building Information Modeling Cloud Score (BIMCS)</i>	62
2.5.8	ARUP <i>BIM Maturity Measure (BIM-MM)</i>	63
2.5.9	Outros Modelos de Avaliação BIM	64
2.6	VISÃO GERAL DOS MODELOS DE MATURIDADE BIM	65
3	METODOLOGIA	71
3.1	ESTRATÉGIA DE PESQUISA.....	71
3.2	Escolha de Três Modelos de Maturidade BIM	73
3.2.1	Comparação das Métricas Avaliativas	74
3.2.2	Comparação dos Princípios Básicos dos Modelos de Maturidade BIM	75
3.2.3	Aplicação Prática dos Modelos de Maturidade BIM	76
3.2.3.1	<i>BIM Assessment Profile</i>	78
3.2.3.2	<i>BIM Maturity Matrix</i>	79
3.2.3.3	<i>VDC Scorecard</i>	81
3.2.3.4	Percepção das aplicações dos modelos de maturidade nas organizações.....	82
3.2.4	Análise das Qualidades dos Modelos Avaliativos	83
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	84
4.1	Escolha de Três Modelos de Maturidade BIM	84
4.2	COMPARAÇÃO DAS MÉTRICAS AVALIATIVAS	87
4.3	COMPARAÇÃO DOS PRINCÍPIOS BÁSICOS DOS MODELOS DE MATURIDADE	93
4.3.1	Avaliação das Informações de Caráter Básico dos Modelos de Maturidade	94
4.3.2	Avaliação das Informações de Caráter Descritivo dos Modelos de Maturidade	98
4.3.3	Avaliação das Informações de Caráter Prescritivo dos Modelos de Maturidade	101
4.3.4	Resultado Geral da Aplicação do <i>Checklist</i>	104
4.4	ANÁLISE DA MATURIDADE BIM DAS EMPRESAS DE ESTUDO.....	108
4.4.1	<i>BIM Assessment Profile</i>	112
4.4.1.1	Resultados da empresa A.....	112
4.4.1.2	Resultados da empresa B.....	114
4.4.1.3	Resultados da empresa C	116
4.4.1.4	Comparação dos resultados obtidos na aplicação do <i>BIM Assessment Profile</i>	118
4.4.2	<i>BIM Maturity Matrix</i>	119
4.4.2.1	Resultados da empresa E.....	119
4.4.2.2	Resultados da empresa F.....	123
4.4.2.3	Resultados da Empresa G.....	127

4.4.2.4	Comparação dos resultados obtidos na aplicação do BIM <i>Maturity Matrix</i>	131
4.4.3	VDC <i>Scorecard</i>	132
4.4.3.1	Resultados do projeto 1	132
4.4.3.2	Resultados do projeto 2	134
4.4.3.3	Resultados do projeto 3	135
4.4.3.4	Resultados do projeto 4	137
4.4.3.5	Comparação dos resultados obtidos na aplicação do VDC <i>Scorecard</i>	138
4.5	ANÁLISE DA APLICABILIDADE DOS MÉTODOS NAS EMPRESAS DE ESTUDO	140
4.5.1	BIM <i>Assessment Profile</i>	140
4.5.2	BIM <i>Maturity Matrix</i>	141
4.5.3	VDC <i>Scorecard</i>	141
4.6	ANÁLISE DA PERCEPÇÃO DOS MÉTODOS PELAS EMPRESAS DE ESTUDO	142
4.7	ANÁLISE DAS QUALIDADES DOS MODELOS AVALIATIVOS	147
4.8	SUGESTÃO DE UM MÉTODO DE MEDIÇÃO DE MATURIDADE BIM ADAPTADO AO CONTEXTO BRASILEIRO.....	151
5	CONCLUSÕES.....	154
5.1	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	154
5.2	LIMITAÇÕES DA PESQUISA.....	157
5.3	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	157
	REFERÊNCIAS.....	158
	APÊNDICE A – FORMULÁRIO DE ENTREVISTA	165
	ANEXO A – MÉTODO DE AVALIAÇÃO BIM <i>MATURITY MATRIX</i>	167
	ANEXO B – PRINCÍPIOS GERAIS DE <i>DESIGN</i> PARA MODELOS DE MATURIDADE	171

1 INTRODUÇÃO

O termo *Building Information Modeling* (BIM) refere-se a um domínio de conhecimento em expansão na indústria da construção civil (SUCCAR et al., 2012). Uma das principais definições é a de que o BIM é uma representação digital de características físicas e funcionais de uma instalação. Como tal, serve como um recurso de conhecimento compartilhado para obter informações sobre uma instalação, formando uma base confiável para decisões durante todo o ciclo de vida do empreendimento (NIBS, 2015).

Isto significa que o uso do BIM é promissor e pode revolucionar o gerenciamento de informações ao ser utilizado como uma base de dados para os projetos de construção. O modelo pode permitir um melhor acesso às informações, e melhorar a compreensão e o controle do projeto (GRILO e JARDIM-GONÇALVES, 2009), além de proporcionar reduções de custo e tempo do empreendimento, melhorias na comunicação, coordenação e qualidade (BRYDE et al., 2013).

No Brasil, apesar do avanço no uso do BIM ainda ser lento comparado ao cenário internacional (MCGRAW-HILL, 2014; KASSEM e AMORIM, 2015), nota-se um crescente interesse no assunto. Machado et al. (2017) constatou que em 2015 foram veiculadas 67 publicações científicas relacionadas ao BIM em periódicos eletrônicos, quase sete vezes mais comparado a 2010, com apenas dez publicações. Além disso, em maio de 2018 o Governo Federal lançou uma estratégia nacional para a disseminação do BIM, instituída pelo decreto nº 9.377, onde uma das metas pretende que 50% do PIB da construção civil utilize o BIM em 2024 (BRASIL, 2018b).

A implementação de qualquer nova tecnologia, no entanto, é repleta de desafios e o BIM não é exceção (SUCCAR et al., 2012). A adoção do BIM implica em uma drástica mudança em termos tecnológicos e nos processos de projeto, o que ocasiona alteração nas relações entre pessoas envolvidas nestes processos (EASTMAN et al., 2014; ABDI, 2017). Estas alterações são distintas entre países e regiões, pois cada local possui culturas, arcabouços legais, regulamentos e formações técnicas diferentes (KASSEM e AMORIM, 2015).

Muitas organizações relutam em usar o BIM devido às dificuldades em decidir técnicas de adoção mais apropriadas. Além disso, as empresas que tentam melhorar

as entregas BIM encontram pouca orientação para identificar e priorizar os próximos passos. Essas questões podem ocasionar a falsa capacidade de fornecer serviços ou produtos BIM, o que impede que os usuários atinjam seu potencial completo (SEBASTIAN e VAN BERLO, 2010).

Assim, é fundamental que o uso do BIM seja avaliado para que as melhorias de produtividade resultantes de sua implementação se tornem aparentes. Por meio de uma avaliação que tenha um conjunto consistente de métricas, as organizações passam a conhecer as próprias competências, e podem comparar os seus resultados com as demais empresas do mercado. Sem utilizar estas metodologias, as empresas e equipes são incapazes de medir sucessos ou falhas (SUCCAR et al., 2012).

A necessidade de sistemas de avaliação foi sentida tão logo o BIM se popularizou, e desde 2007 diversas ferramentas de avaliação de maturidade BIM foram criadas nos cenários internacionais, somando mais de 16 modelos atualmente (WU et al., 2017). A maioria destas ferramentas foram criadas no contexto dos Estados Unidos, Reino Unido, Holanda e Austrália, porém o nível de desenvolvimento do BIM nestes países encontra-se em estágios mais avançados comparado ao Brasil (MCGRAW HILL, 2014), além das diferenças culturais, de normas e de regulamentos governamentais no geral (KASSEM e AMORIM, 2015).

Em face da instituição da Estratégia BIM BR pelo Governo Federal, é essencial que as organizações brasileiras tenham acesso a uma ferramenta adequada de medição, porém a seleção pode se tornar difícil diante da quantidade de modelos avaliativos existentes, além da incerteza de que estes modelos sejam aplicáveis na realidade nacional. Desta forma, o presente trabalho se propôs a avaliar a aplicabilidade dos métodos existentes por meio de comparações e da aplicação prática de ferramentas em organizações de Curitiba-PR. Com base nestas análises, identificaram-se as ferramentas mais adequadas para auxiliar as organizações brasileiras que desejam medir a maturidade do BIM.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

O processo de medição de maturidade é um dos passos para a melhoria contínua da implementação e disseminação do BIM (SUCCAR e KASSEM, 2016; CIC,

2013), e é imprescindível que as organizações brasileiras tenham acesso a um modelo de maturidade aplicável ao contexto nacional.

Atualmente existem mais de 16 ferramentas de medição, porém todas criadas em contextos internacionais (WU et al., 2017). Considerando as divergências entre culturas, regulamentos e estratégias de implementação BIM nos diferentes países, infere-se que as metodologias de medição de maturidade possuem aplicações diferentes entre regiões.

Assim, antes de adotar qualquer um dos métodos existentes, é necessário que estes sejam analisados e testados no contexto brasileiro para verificar a aplicabilidade na realidade das organizações.

1.2 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Para o desenvolvimento deste estudo foram selecionados dez modelos de maturidade para serem estudados na revisão bibliográfica, e dentre eles, três foram escolhidos para serem estudados com profundidade e aplicados na prática.

As aplicações se limitaram às organizações da área de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) da cidade de Curitiba, no estado do Paraná. Outro critério utilizado para selecionar as organizações foi de que deveriam dominar algum grau de maturidade BIM, o qual foi previamente identificado em entrevistas, para facilitar a compreensão das questões dos métodos, evitar deixar questões em branco e obter um resultado adequado da aplicabilidade destes modelos.

1.3 PERGUNTA DE PESQUISA

Considerando a variedade de modelos de medição de maturidade BIM existentes, e que estes foram criados para atender contextos internacionais, a pergunta norteadora para o desenvolvimento do presente estudo é:

Os modelos de maturidade BIM existentes são aplicáveis à realidade das organizações de construção civil brasileiras?

1.4 JUSTIFICATIVAS

O BIM é um domínio de conhecimento emergente cuja difusão, desenvolvimento e maturação devem ser adequadamente orientados por um método

de medição de maturidade. Ao avaliar a maturidade do BIM, é possível obter um meio intuitivo de *benchmarking* e disponibilidade de referências para gerentes de empresas ou formuladores de políticas públicas para elaborar estratégias adequadas de difusão, desenvolvimento e maturação do BIM (LIANG et al., 2016).

Aderente a isto, no contexto brasileiro, a estratégia nacional do Governo Federal de disseminação do BIM (BIM BR) já está em vigor, e propõe que em 2021 todos os projetos de grande relevância sejam licitados em BIM (BRASIL, 2018b).

Na última década, a quantidade de ferramentas de avaliação de maturidade BIM teve um crescimento gradual, no entanto, os métodos são diferentes uns dos outros em termos de características específicas, já que podem avaliar organizações, projetos, indivíduos ou equipes (AZZOUZ et al., 2016).

Tais ferramentas são desenvolvidas isoladamente, cada uma com vantagens únicas, mas também com desvantagens específicas. Embora se assuma que as tecnologias BIM são genéricas, os processos de negócios e a distribuição de funções em diferentes países podem variar (SEBASTIAN e VAN BERLO, 2010). Assim, a escolha de uma ferramenta para avaliação pode se tornar complexa.

As pesquisas relacionadas à avaliação de maturidade BIM ainda são recentes e há uma lacuna significativa a ser preenchida, pois existem poucas publicações detalhadas sobre o uso destas ferramentas (WU et al., 2017).

Para Azzouz et al. (2016) os próximos passos devem focar na conscientização de que a mensuração do BIM é uma fonte de poder e inovação. Tal aumento de consciência pode ser realizado pelas universidades, no fomento de tais pesquisas, pela indústria da AEC, ao aplicar os modelos de avaliação na prática, e pelo governo, ao implementar as avaliações comparativas (*benchmarking*) a nível nacional.

Como forma de preencher esta lacuna, a pesquisa visa contribuir com a sugestão de um ou mais modelos de maturidade adequados ao contexto nacional, os quais podem ser incorporados pela Estratégia BIM BR ao auxiliar as organizações a medir seus desempenhos e se tornarem aptas ao cumprir os requisitos do Governo Federal.

1.5 HIPÓTESE DE PESQUISA

A hipótese que norteia a presente pesquisa é a de que os métodos de avaliação BIM existentes não são aplicáveis à realidade das empresas de construção civil brasileiras.

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho foi analisar a aplicabilidade dos métodos de avaliação de maturidade BIM em empresas de construção civil da cidade de Curitiba-PR.

1.6.2 Objetivos Específicos

O objetivo geral desmembra-se nos seguintes objetivos específicos:

- a) Comparar os principais métodos de avaliação de maturidade BIM existentes;
- b) Verificar por meio de aplicações práticas se os métodos internacionais são aplicáveis a realidade das empresas de AEC de Curitiba-PR;
- c) Detectar o nível de maturidade BIM das empresas de Curitiba-PR avaliadas;
- d) Sugerir um ou mais modelos de maturidade aplicáveis à realidade brasileira.

1.7 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A estrutura desta dissertação de mestrado se divide em cinco capítulos, cujos conteúdos estão detalhados da seguinte forma:

O primeiro capítulo contempla a introdução da proposta de estudo, a contextualização, a justificativa e a apresentação do problema da pesquisa, bem como a delimitação do tema, a pergunta e a hipótese de pesquisa, os objetivos geral e específicos do estudo.

O segundo capítulo abrange o referencial teórico do tema de pesquisa, o que engloba desde conceitos sobre BIM, maturidade e implantação de tecnologias, até a relação de modelos de maturidade BIM existentes e descrições de como criar métricas avaliativas. O referencial se baseou em uma revisão bibliométrica, em que se analisou a rede de citações das publicações que tratam de maturidade BIM na plataforma *Scopus*.

No terceiro capítulo encontra-se a metodologia aplicada no desenvolvimento deste trabalho, a estratégia, escolha de procedimentos e a classificação da pesquisa, a comparação e escolha dos métodos de avaliação BIM existentes, além de detalhar os procedimentos utilizados para comparar as métricas e os princípios básicos dos

modelos, de como foram realizadas as aplicações de cada uma das ferramentas, e como se embasou a análise das qualidades dos modelos.

O quarto capítulo apresenta e discute os resultados obtidos. Traz a análise dos estudos comparativos das métricas e dos princípios básicos dos modelos, além da aplicação prática dos métodos em organizações da AEC de Curitiba-PR, a verificação das qualidades das ferramentas e, por fim, as sugestões de aplicação dos modelos de maturidade.

No quinto e último capítulo são apresentadas as conclusões obtidas das análises das comparações e das aplicações dos modelos de maturidade, além das limitações enfrentadas para realizar a pesquisa, e sugestões para trabalhos futuros que possam dar continuidade ao estudo em questão.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta etapa da pesquisa, a bibliografia estudada se refere aos processos de implementação e medição de maturidade BIM, além de detalhar os modelos de maturidade mais relevantes para o setor da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC). Esta investigação se apoiou em um estudo bibliométrico, demonstrado na primeira parte deste capítulo, onde foram identificados os principais autores acerca do tema de estudo.

2.1 REVISÃO DA LITERATURA

A pesquisa bibliográfica abrange a bibliografia já publicada em relação a um tema de estudo, de forma a tornar o pesquisador frente ao que já foi dito sobre o tema, além de propiciar observações sob novas perspectivas (LAKATOS e MARCONI, 2003).

A pesquisa em questão se apoia na metodologia da análise bibliométrica, que é o estudo dos aspectos quantitativos da produção, disseminação, e uso de informações gravadas. Desenvolve modelos matemáticos e medidas para estes processos, e usa tais modelos e medidas para predição e tomada de decisão (TAGUE-SUTCLIFFE, 1992).

Para Treinta et al. (2012) a partir da análise bibliométrica, é possível gerar uma avaliação objetiva de resultados da produção científica com base em métodos quantitativos. Isto permite que o pesquisador explore parâmetros que auxiliem na investigação da pesquisa, como veículos de publicação, autores, palavras-chave, citações e publicações.

Desta forma, dado que este método de investigação é válido ao explorar uma área de pesquisa incipiente (TREINTA et al., 2012), a análise bibliográfica desenvolvida tem por objetivo analisar os estudos acadêmicos e as publicações já produzidas referentes às pesquisas sobre implantação, adoção e avaliação de maturidade BIM. O estudo foi realizado com base nas etapas detalhadas na Figura 1.

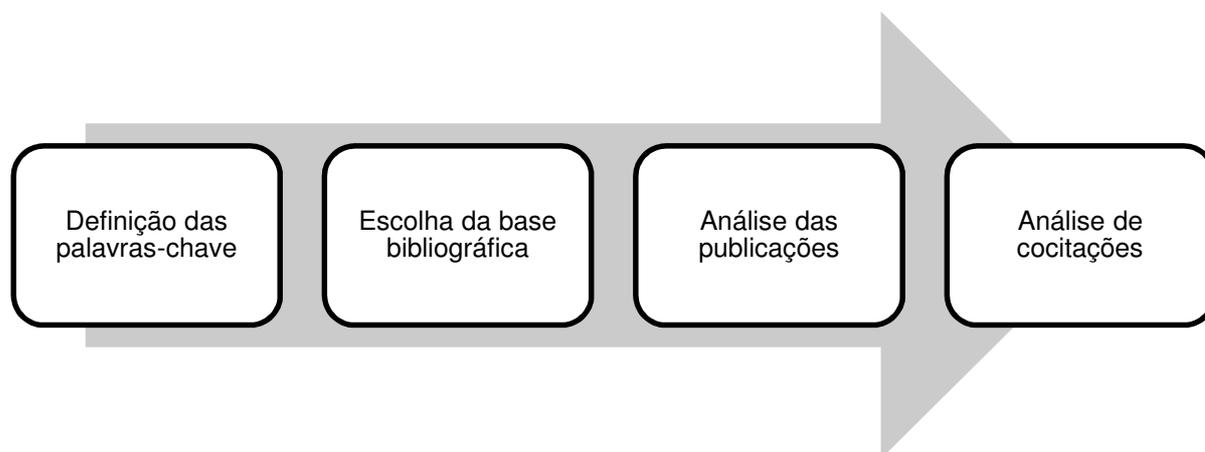


Figura 1 – Fases da elaboração da análise bibliográfica
 Fonte: Autora (2018).

2.1.1 Definição das Palavras-Chave

Para realizar o levantamento da literatura existente, primeiramente foram identificados e descritos a área de pesquisa, o assunto e o tema do estudo. Na sequência, foram selecionadas palavras-chave e expressões condizentes com o levantamento. A seleção de palavras foi realizada em inglês, dado que a maior parte das publicações que tratam do tema é internacional, conforme é demonstrado no Quadro 1.

Nível	Descrição	Palavras-chave e Expressões (em Inglês)
Área de pesquisa	Engenharia Civil Arquitetura Construção	Construction / construction industry / construction management / civil engineering / architecture / architectural design / design process
Assunto	Modelagem da Informação da Construção	BIM / building information modelling / building information model
Tema	Implementação Avaliação Modelo de maturidade	Maturity / maturity model / stages / scorecard / metrics / factor analysis / adoption / implementation / skills / evaluation / assessment / performance indicators / success factors

Quadro 1 – Seleção de palavras chave e expressões para busca
 Fonte: Autora (2018).

A organização e escolha conveniente das palavras e expressões levou a concepção de uma *string* de busca, demonstrada no Quadro 2. A *string* foi aplicada na área de pesquisa do portal Scopus, pois comparada a outras bases, inclui um

espectro mais expandido de revistas além de que a análise de citações é mais rápida e inclui mais artigos (FALAGAS et al., 2008).

String	("bim" OR "building information modelling" OR "building information model") AND ("maturity" OR "maturity model" OR "stages" OR "scorecard" OR "metrics" OR "factor analysis" OR "adoption" OR "implementation" OR "skills") AND ("evaluation" OR "assessment" OR "performance indicators" OR "success factors") AND ("construction" OR "construction industry" OR "construction management" OR "civil engineering" OR "architecture" OR "architectural design" OR "project process")
---------------	--

Quadro 2 – String de busca

Fonte: Autora (2018).

Assim, limitada a busca para o período de 2008 a 2018, e abrangendo todos os tipos de documento (como artigos, livros, resumos, etc.), foram obtidas 425 publicações relacionadas com a *string* de pesquisa.

2.1.2 Análise das Características das Publicações

Ao se analisar as principais características das publicações, verificou-se que 46% das publicações são relativas a artigos de periódicos, 40% são artigos publicados em congressos e 6% são artigos de revisão.

A Figura 2 engloba as 425 publicações selecionadas, e indica que a frequência de publicações relacionadas ao tema de pesquisa vem crescendo nos últimos cinco anos.

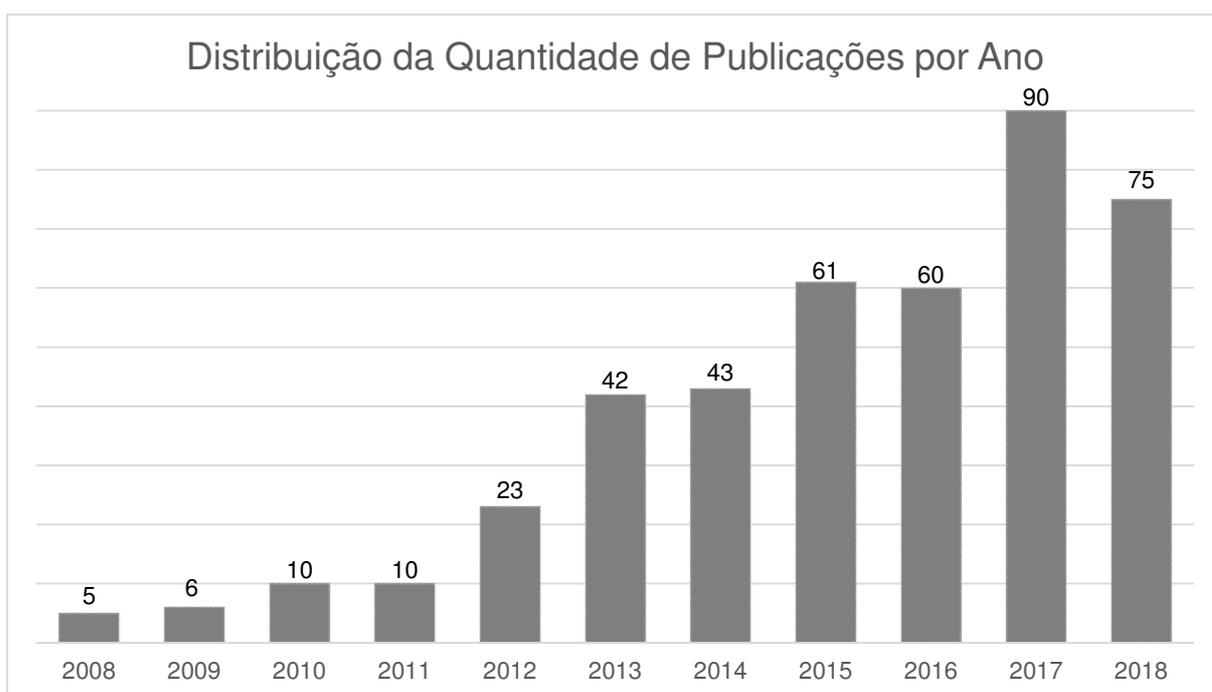


Figura 2 – Distribuição da quantidade de publicações por ano

Fonte: Scopus (2018).

Considerando-se que o BIM, como é conhecido hoje, teve suas primeiras publicações sobre avaliação da maturidade em 2008, observa-se que apenas em 2013 houve um aumento no interesse pelo assunto, e somente em 2017 um salto em relação ao número de publicações. Dado que a *string* de pesquisa foi aplicada no portal *Scopus* em meados de 2018, a tendência é que 2018 supere o número de publicações da última década.

A amostra de publicações inclui 159 autores, sendo que a maioria, cerca de 80%, possui duas ou três publicações. Os dez principais autores estão destacados na Figura 3.



Figura 3 – Distribuição da quantidade de publicações por autor

Fonte: Scopus (2018).

O autor Issa, R.R. A., que possui nove publicações filtradas pela *string* de busca, trabalhou no estudo de modelos de maturidade que avaliam incorporadoras, além de desenvolver o método de medição BIM *Cloud Score*, que será descrito nas próximas seções.

Já Wu, W., com sete publicações, trabalhou em estudos que identificam e examinam a formação de uma cultura global do BIM, emergindo de sua adoção e implementação em todo o mundo nas duas últimas décadas.

Por fim, Wang, X., com seis publicações, elaborou estudos para a avaliação automática da sustentabilidade de edifícios.

As principais instituições de ensino as quais pertencem os autores do estudo estão destacadas na Figura 4, com destaque para a Universidade da Flórida e de Hong Kong, respectivamente com 11 e 10 publicações.

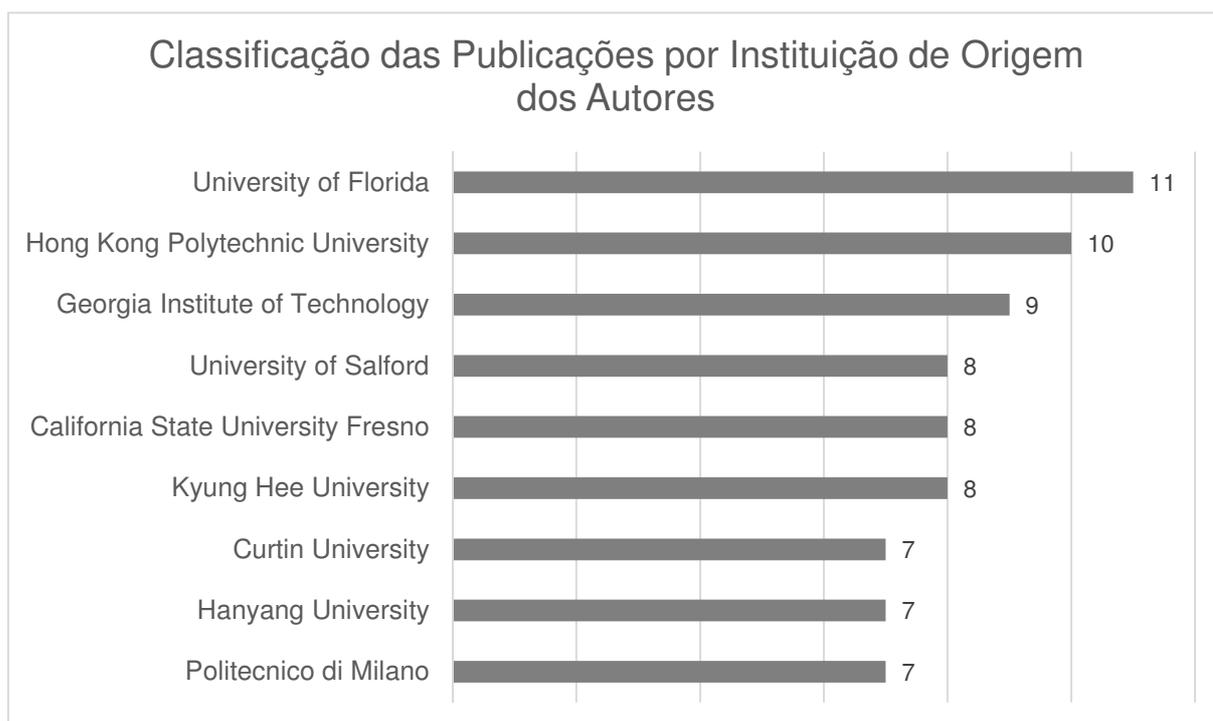


Figura 4 – Classificação das publicações por instituição de origem dos autores
 Fonte: *Scopus* (2018).

O Autor Issa, R.R. A., por exemplo, é professor da *University of Florida*, nos Estados Unidos, e possui, assim, nove das onze publicações vinculadas à universidade relacionadas à *string*. Wu, W., é da *California State University Fresno*, também nos Estados Unidos, e Wang, X., é professor da *Curtin University* em Perth, Austrália.

Já em relação ao países de origem dos autores das publicações analisadas, os Estados Unidos apresentam a maior frequência de ocorrência, com 90 publicações, seguido do Reino Unido, 64, e da China e Coreia do Sul, ambos com 29 publicações. O Brasil tem o total de 6 publicações relacionadas à *string* catalogadas na base *Scopus*. Na Figura 5, apresenta-se a relação dos 20 principais países em termos de número de publicações.

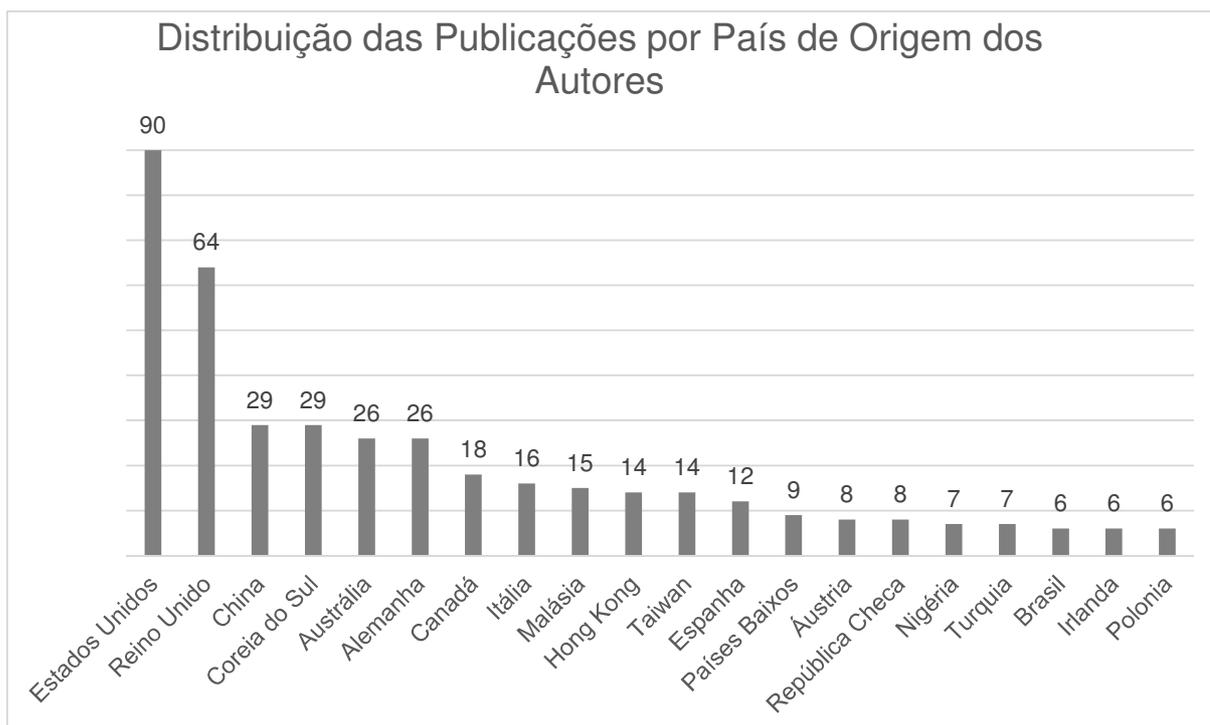


Figura 5 – Distribuição das publicações por países de origem dos autores
Fonte: Scopus (2018).

A razão pela qual os Estados Unidos possuem o maior volume de publicações pode ser decorrente à sua posição em relação as pesquisas em BIM, que já tem mais de 20 anos, o que resultou na adoção do BIM pela maior parte do envolvidos na AEC (BADRINATH et al., 2016). Já a segunda posição alcançada pelo Reino Unido pode ser explicada pelo fato de que em 2016 o governo nacional tornou a utilização do BIM obrigatória a partir do mandato BIM (NBS, 2016).

2.1.3 Análise das Referências que Fundamentam as Publicações

Após análise das características das publicações, a base de dados foi exportada para o *software Bibexcel*. O *software* organiza e identifica uma rede de citações para reconhecer os principais autores que fundamentam as pesquisas dos 159 autores citados nesta análise bibliométrica. Os autores que possuem ao menos uma obra citada mais de 14 vezes compõem a rede de citações. Na sequência, o resultado foi exportado para o *software Pajek*, para gerar a rede de cocitações, demonstrada na Figura 6.

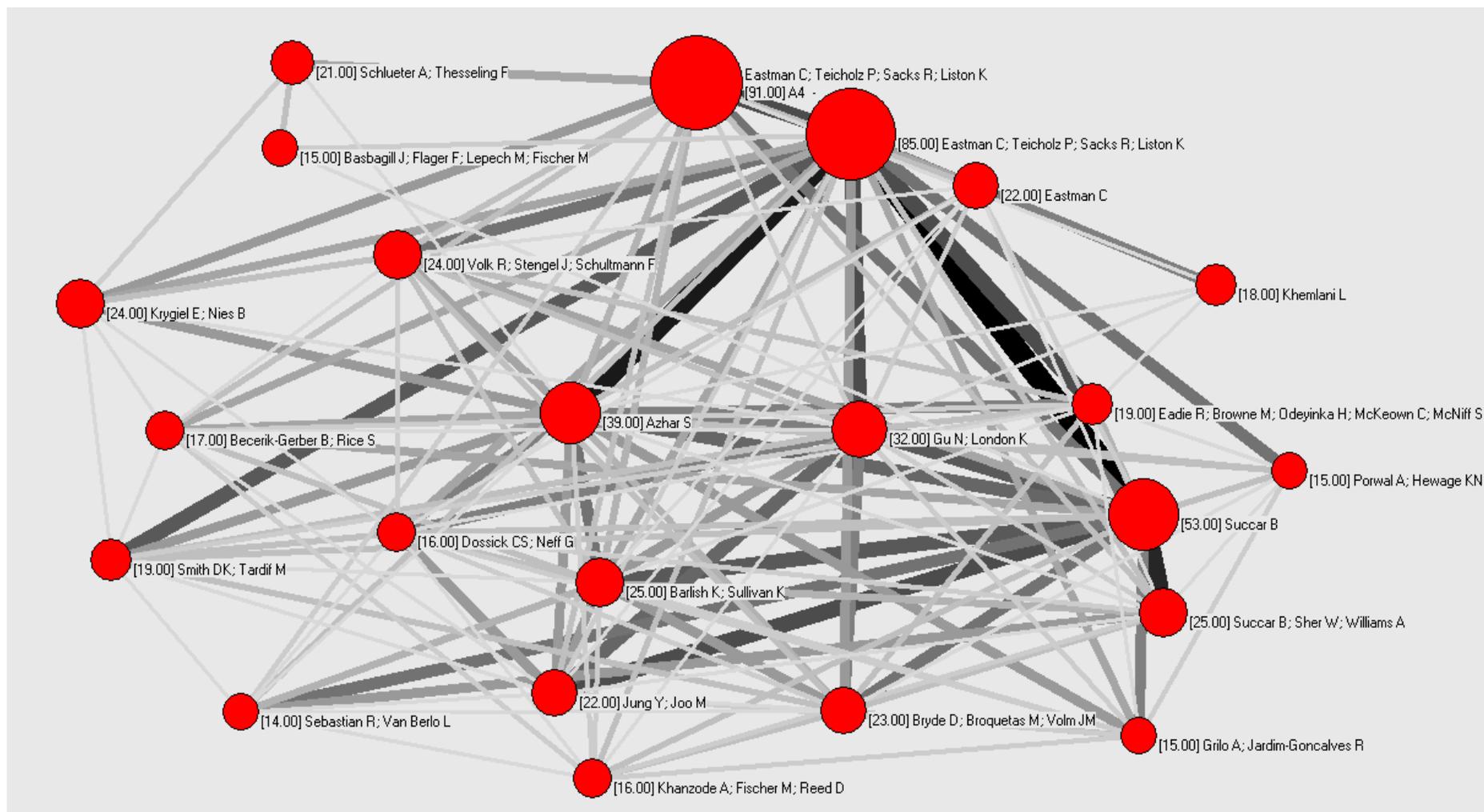


Figura 6 – Rede de citações
Fonte: Pajek (2018).

A análise é feita ao se observar o tamanho dos círculos, que representam a quantidade de citações, além de acompanhar o número das citações e o nome do autor, o que facilita a análise. Por exemplo, Os círculos de “Eastman, C., Teichols, P., Sacks, R., e Liston, K.” (na parte superior da figura), possuem 91 e 85 citações. São os dois maiores círculos da figura, o que significa que são os autores com maior quantidade de citações. A espessura e cor das linhas da rede indicam o grau de relação com os autores. Utilizando o mesmo exemplo, percebe-se que a obra de Eastman et al., tem um forte vínculo com Succar B. e Azhar S., dado que as linhas que vinculam os autores são mais escuras e grossas.

A partir da rede de cocitações, um resumo dos 15 principais autores mais citados pode ser observado na Figura 7.

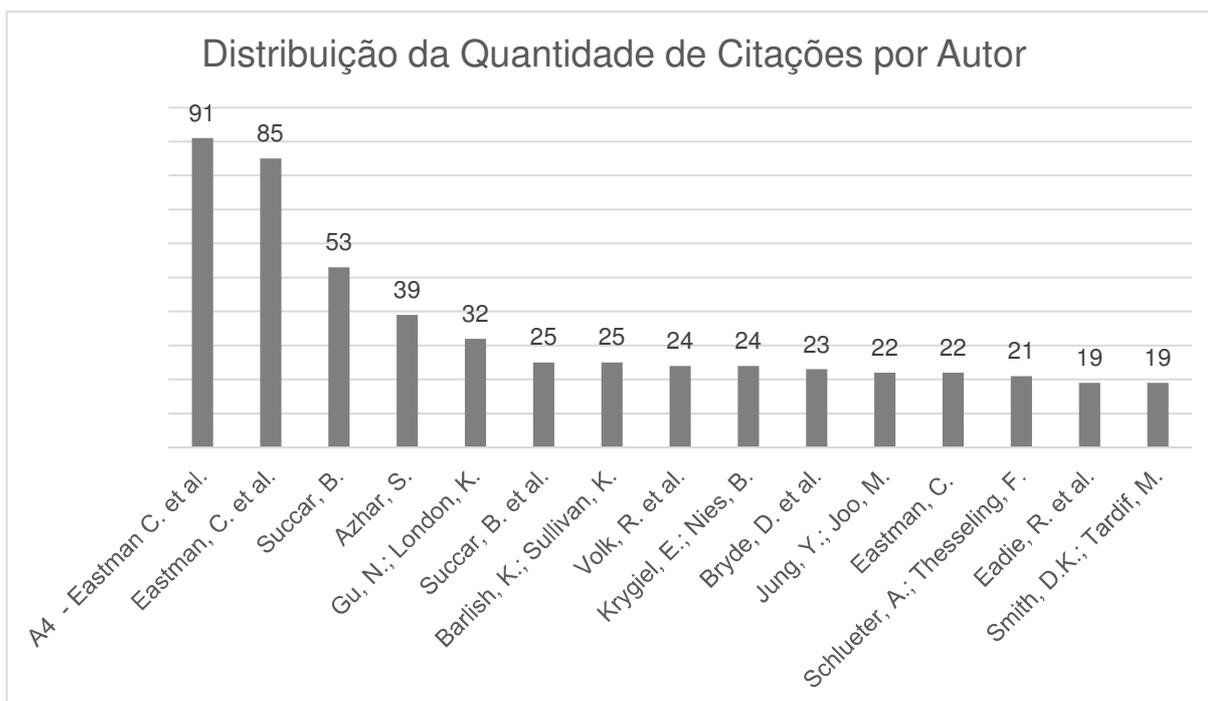


Figura 7 – Distribuição da quantidade de publicações por países de origem dos autores
Fonte: Scopus (2018).

O destaque incide sobre Eastman, C. et al., citado 176 vezes, dado que por alguma diferença de identificação das publicações, o *software Bibexcel* separou a análise destes autores em dois círculos vermelhos, sendo um deles identificado como “A4 – “. A obra tão citada é o livro *BIM Handbook*, lançado em 2008, e trata-se de um guia de informações sobre o BIM. Contempla a história e o futuro potencial da tecnologia, e pode servir como um manual de referência sobre BIM para qualquer

pessoa que esteja envolvida no projeto, construção e operação de edifícios. É uma das primeiras e principais obras sobre o assunto.

Assim como Eastman et al., em 2009 Smith e Tardif também publicaram um livro, cuja finalidade é ser um guia estratégico para implementação do BIM para arquitetos, engenheiros, construtoras e gerentes de ativos imobiliários.

Destaca-se também o autor australiano Bilal Succar, cujas publicações contemplam uma estrutura do BIM, e um conjunto de componentes que fazem parte desta estrutura, incluindo o método de avaliação de maturidade BIM *Maturity Matrix*, descrito nas próximas seções, e um dicionário ontológico do BIM.

O autor Salman Azhar, citado 39 vezes, trata em sua principal publicação (2011) da tendência do BIM, dos benefícios, riscos e desafios para o setor da construção. Na mesma linha, os autores Barlish e Sullivan (2012) criam uma metodologia para analisar os benefícios do BIM, a qual é aplicada em estudos de caso para obter resultados práticos. O estudo de Bryde et al. (2013), também trata dos benefícios de projetos BIM, e por meio de estudos de caso define fatores críticos de sucesso para implementação em projetos.

A publicação de Ning Gu e Kerry London (2010), elucida fatores para entender e facilitar a adoção do BIM na indústria AEC. Uma das conclusões é que o BIM envolve fatores técnicos e não técnicos, e que há vários níveis de adoção do BIM, mesmo entre praticantes experientes, e frisa a necessidade de guias que instruem os passos de uma adoção BIM.

Jung e Joo (2011) publicaram um artigo que propõe uma estrutura BIM com foco nas questões práticas para projetos reais. Essa estrutura fornece uma base para avaliar áreas promissoras e identificar fatores determinantes para a prática eficaz do BIM.

As obras mais citadas dos autores destacados estão listadas no Quadro 3.

Autor	Principais Obras
Eastman, C. Teicholz, P. Sacks, R. Liston, K.	- BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors, 2008.
Succar, B.	- Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders, 2009; - Building information modelling maturity matrix, 2010; - The five components of BIM performance measurement, 2010.
Azhar, S.	- Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry, 2011.
Gu, N. London, K.	- Understanding and facilitating BIM adoption in the AEC; industry, 2010.
Succar, B. Sher, W. Williams, A.	- Measuring BIM performance: Five metrics, 2012.
Barlish, K. Sullivan, K.	- How to measure the benefits of BIM — A case study approach, 2012.
Volk, R. Stengel, J. Schultmann, F.	- Building Information Modeling (BIM) for existing buildings—Literature review and future needs, 2014.
Krygiel, E. Nies, B.	- Green BIM: successful sustainable design with building information modeling, 2008.
Bryde, D. Broquetas, M. Volm, JM.	- The project benefits of building information modelling (BIM), 2013.
Jung, Y. Joo, M.	- Building information modelling (BIM) framework for practical implementation, 2011.
Eastman, C.	- Automated Assessment of Early Concept Designs, 2009.
Schlueter, A. Thesseling, F.	- Building information model based energy/exergy performance assessment in early design stages, 2009.
Eadie, R. Browne, M. Odeyinka, H. McKeown, C. McNiff, S.	- BIM implementation throughout the UK construction project lifecycle: An analysis, 2013.
Smith, DK. Tardif, M.	- Building information modeling: a strategic implementation guide for architects, engineers, constructors, and real estate asset managers, 2009.

Quadro 3 – Principais obras referenciadas

Fonte: Bibexcel (2018).

A partir da análise das publicações, verifica-se que poucas tratam especificamente da avaliação de maturidade BIM, o que confirma a falta de estudos relacionados a este tema. Em um estudo de Badrinath et al. (2016), em que foram analisadas a natureza das publicações sobre BIM, as pesquisas relacionadas a maturidade somaram apenas 7%. Porém, optou-se por considerar todas as demais

publicações, pois tratam da implementação e adoção do BIM, tópico essencial para embasar a avaliação da maturidade BIM.

Assim, a análise das publicações e pesquisas acadêmicas relacionadas possibilitaram posicionar o trabalho em desenvolvimento ao apoiar a proposta e a relevância do tema de análise para o setor da construção civil.

2.2 A ADOÇÃO DE TECNOLOGIAS POR EMPRESAS DE ARQUITETURA, ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO (AEC)

A indústria da construção frequentemente é criticada pela lenta absorção de novas tecnologias, especialmente as Tecnologias de Informação (TI). A introdução de qualquer sistema de informação pode trazer mudanças significativas, como mudanças na estrutura organizacional ou de procedimentos, além de termos sociais e de gestão. Essas mudanças podem acontecer gradualmente e levar muito tempo para se concretizar, e afetam o desempenho da organização de maneira positiva ou negativa. Tentar prever essas mudanças e os benefícios que podem trazer é uma tarefa difícil (BAKIS et al., 2006).

A tecnologia, no entanto, não é nova para a indústria da construção. Os *softwares* e aplicativos específicos evoluíram ao longo dos anos, manifestando-se em diferentes sistemas. Diversas publicações tratam o tema como *Building Information Modeling / Management* (BIM), Construção Virtual (CV), 3 *Dimensional* AutoCAD (3D CAD), Sistemas de Informação (SI), Construção de Informação de Computador (CIC) e Tecnologia da Informação (TI), todos esses sistemas ajudam a integrar as muitas funções da indústria da construção para criar um espaço de compartilhamento de informações mais interativo (BARLISH e SULLIVAN, 2012).

A aquisição de um sistema de informação não tem valor direto por si só, mas sim um potencial para demais valores, os quais dependem do motivo e do modo como o sistema será utilizado. Por exemplo, os sistemas integrados de informação visam melhorar o fluxo de informações e a colaboração entre os participantes de um projeto de construção. Porém, das maneiras tradicionais de aquisição e processo de construção sequencial, a melhoria será mínima. Somente em ambientes que promovam a colaboração e a troca aberta e livre de informações, como em parcerias, o potencial total dos sistemas integrados pode ser materializado (BAKIS et al., 2006).

2.2.1 A Adoção de Tecnologias por Empresas da AEC no Brasil

Cassilha (2016) conduz um estudo que avalia o nível de disseminação de ferramentas e tecnologias nos processos de projeto da construção civil brasileira. Como resultado, concluiu-se que apesar do uso significativo de *softwares* de apoio, a proporção dos profissionais que ainda utiliza programas computacionais desatualizados, sem interação e ultrapassados é grande, mesmo com a disponibilidade de tecnologias emergentes.

As ferramentas com pouco grau de inovação apresentam as maiores frequências de uso, como planilha eletrônica, CAD 2D e 3D. Apesar deste cenário, percebe-se uma gradativa introdução de ferramentas com algum grau de interação, como integração de *softwares*, projetos multidisciplinares, *softwares* de gestão de projetos, reuso de materiais e reuso de água. Todas relacionadas com a melhoria da gestão, do ambiente construído e do ciclo de vida da edificação (CASSILHA, 2016).

Ainda segundo Cassilha (2016), as ferramentas e tecnologias com alto grau de inovação são utilizadas pela minoria. Tais ferramentas são capazes de integrar as diversas particularidades dos projetos da construção civil, como CAD 4D, simulação de desempenho da edificação, BIM, *softwares* de gerenciamento de documentação e realidade virtual. Desta forma, as empresas de projeto do setor da construção civil brasileiro ainda não incorporaram satisfatoriamente ferramentas inovadoras em seus processos de trabalho.

Como forma de impulsionar o uso de tais tecnologias, é necessário fornecer informações mais empíricas e específicas pela comunidade de pesquisa, isto evidencia o valor comercial para organizações de construção (BAKIS et al., 2006).

Kassem e Amorim (2015), ao comparar a adoção do BIM no Brasil e Europa, verificam que a quantidade e o alcance de regimentos em geral na Europa são consideravelmente superiores do que no Brasil. Além disso, o nível de integração da cadeia produtiva da construção civil no Brasil é inferior. Isto proporciona menor participação das áreas de concepção de projeto e gerenciamento na formação de valor, o que diminui a capacidade de absorção de novas tecnologias pelos subsetores envolvidos.

2.3 O *Building Information Modeling* (BIM)

O BIM, também conhecido no Brasil como Modelagem da Informação da Construção (MIC), é um processo que tem sido classificado como uma inovação disruptiva, pois modifica as soluções técnicas profundamente (ABDI, 2017).

Sendo assim, nesta seção são identificadas as principais definições do que é o BIM, quais as características de uma implantação e qual a realidade do BIM no contexto atual brasileiro.

2.3.1 Definição de BIM

Uma definição clara do termo *Building Information Modeling* (BIM) deve ser estabelecida antes de qualquer discussão sobre os benefícios do BIM. A grande quantidade de definições em circulação nas publicações sugere uma variedade e tendência para interpretação errônea pelos leitores (BARLISH e SULLIVAN, 2012).

Existem dezenas de tentativas de delimitar o domínio do BIM. Porém tanto o termo quanto a definição continuam a se expandir (SUCCAR, 2010).

Para Eastman et al. (2011) o “BIM é uma tecnologia de modelagem associada a um conjunto de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de edificações”.

Succar (2009a) define o BIM como um “conjunto de políticas, processos e tecnologias que interagem, gerando uma metodologia para gerenciar os dados essenciais do projeto de construção e do projeto em formato digital ao longo do ciclo de vida do edifício”.

Já a *National BIM Standard – United States* (NBIMS-US, 2015) define o BIM como uma “representação digital das características físicas e funcionais de uma instalação. Como tal, serve como um recurso de conhecimento compartilhado para informações sobre uma instalação que forma uma base confiável para decisões durante seu ciclo de vida, desde o início”.

A variedade de definições de BIM expõe uma confusão que impede a quantificação do BIM, pois sempre são realçados os potenciais benefícios. Essa confusão não apenas inibe o processo colaborativo entre as partes interessadas, mas

também torna a medição da eficácia do BIM muito geral e qualitativa (BARLISH e SULLIVAN, 2012).

Para Succar (2010) o *Building Information Modeling* (BIM) é uma coleção em expansão de conceitos e ferramentas que foram atribuídas com recursos transformadores dentro do setor de Arquitetura, Engenharia, Construção e Operações (AEEO).

Diante de tantas definições, o BIM é um conceito amplo e deve ser considerado como um processo. É mais do que apenas um nome para uma variedade de atividades relacionadas ao projeto assistido por computador (CAD) orientado a objetos para a representação de elementos de construção em termos de seus atributos geométricos e não geométricos tridimensionais. O BIM é observado como um processo colaborativo que abrange impulsionadores de negócios, processos de projeto, construção e manutenção, e fornece padrões abertos de informação para todas as partes envolvidas no projeto (GHAFFARIANHOSEINI et al., 2017).

2.3.2 A Implantação BIM

A adoção do BIM em uma organização se desenvolve de uma maneira progressiva, segundo os autores Succar e Kassem (2016). A implementação do BIM refere-se a um conjunto de atividades realizadas por uma organização para preparar, desenvolver ou melhorar as entregas e os fluxos de trabalho BIM relacionados. É dividida em três fases, sendo a pré-implantação¹, em que a organização planeja e prepara atividades que precedem a implementação, como adoção de *softwares*, fluxos de processos e protocolos; a capacidade BIM, etapa alcançada por meio de estágios bem definidos, onde já é possível obter resultados mensuráveis, e a maturidade BIM, melhoria contínua e gradual em termos de qualidade, repetibilidade e previsibilidade das capacidades BIM.

¹ No Brasil entende-se que a etapa de pré-implantação refere-se ao processo de implantação. Segundo o dicionário da língua portuguesa (PORTUGUÊS, 2019), “implantação” é o ato de introduzir, e “implementação” significa “executar”. Assim, é na etapa de implantação que os objetivos e usos do BIM são definidos, e onde é realizado o “Plano de Implantação BIM”. Já na etapa de implementação as ações propostas são colocadas em prática (FEITOSA, 2019).

A efetividade destas três etapas representa a adoção bem-sucedida de um sistema ou de um processo por uma organização.

O BIM possui uma variedade de aplicações em projeto, construção e gerenciamento. Segundo o levantamento de Ghaffarianhoseini et al. (2017), atualmente está sendo utilizado na coordenação de projetos interorganizacionais, gerenciamento de segurança de construção, identificação e prevenção de perigos, detecção automática de erros relacionados ao projeto e revisão automatizada de projetos de construção.

Eastman et al. (2014), através da visão da empresa *M.A. Mortenson Company*, define os requisitos mínimos para uma implementação BIM integrada. A definição inclui as características de gerar um modelo digital e tridimensional, que seja mensurável, abrangente ao comunicar e informar dados do empreendimento, acessível a toda a equipe de envolvidos, e durável por todas as fases de ciclo de vida do empreendimento.

Segundo Azhar (2011), à medida que o uso de BIM se acelera, a colaboração dentro das equipes de projeto aumenta, o que leva a uma melhor lucratividade, redução de custos, melhor gerenciamento de tempo e melhor relacionamento com os clientes.

Porém, embora por um lado a implementação do BIM acumule vantagens consideráveis, como mitigação de riscos ou melhor gerenciamento de dados, de outro lado induz mudanças profundas de processos e fluxos de informação (VOLK et al., 2014).

A implementação do BIM pode ser um desafio (GU e LONDON, 2010) até mesmo em países cujos governos incentivam tal adoção. Reino Unido e Japão, por exemplo, onde a consciência BIM é maior do que 90% dentre os agentes da AEC, menos de 50% realmente adotam o BIM (NBS, 2016). As razões mais importantes da não adoção incluem a falta de demanda, custos e problemas de interoperabilidade. Soma-se a isto, a falta de habilidades e experiência dos *softwares* específicos (GHAFFARIANHOSEINI et al., 2017).

Para evitar riscos, uma adoção bem sucedida do BIM requer investimentos significativos, incluindo em *software*, *hardware*, treinamento e outros requisitos, e além

da área de tecnologia, também são afetadas as áreas de processos e pessoas (GU e LONDON, 2010; EADIE et al., 2011; ABDI, 2017; ZHAO et al., 2018).

Em termos de processos, a adoção do BIM exige uma mudança prática no trabalho existente, como o desenvolvimento de procedimentos BIM colaborativos internos e investimentos em negócios para desenvolver capacidades futuras de BIM (GHAFFARIANHOSEINI et al., 2017). Além disso, precisa de maior colaboração e comunicação entre disciplinas. Processos padrão e protocolos acordados são necessários para atribuir responsabilidades e conduzir revisões e validação de projetos. Já em relação à pessoas, são necessários novos papéis e relacionamentos dentro das equipes de projeto. Os membros da equipe precisam de treinamento e informações adequados para poderem contribuir e participar do ambiente de trabalho em mudança (GU e LONDON, 2010).

Com o objetivo de diminuir as barreiras da adoção do BIM, Ozorhon e Karahan (2017), a partir de estudos estatísticos, definiram os principais fatores críticos de sucesso de uma implementação BIM. O resultado mostrou que fatores como suporte efetivo da liderança da organização, treinamento dos colaboradores, disponibilidade de informações e tecnologia, política BIM da companhia e compartilhamento de conhecimento são aspectos primordiais na adoção do BIM. Isto demonstra que o BIM não reflete apenas o ato de implantar um *software* e seus processos relacionados, mas representa todas as ações necessárias para alcançar, manter e aumentar a capacidade e a maturidade BIM (SUCCAR, 2010).

2.3.3 O BIM no Contexto Brasileiro

Kassem e Succar (2017) conduziram estudos comparativos da adoção e desenvolvimento do BIM em 21 países, dentre eles o Brasil. Dentre as diversas análises, uma delas buscou mensurar a maturidade de oito macro áreas, como aprendizado e educação, medições e análises comparativas, e infraestrutura tecnológica. Dentre elas, a área a qual o Brasil possui maior maturidade é a de infraestrutura tecnológica, com 43%. Considerando que a nota máxima é 100%, isto representa maturidade de média para baixa. Quanto a área de medições e análises comparativas do BIM, ainda não existem medidas relacionadas, permanecendo em 0%. Já a área de aprendizado e educação alcançou apenas 8%.

A nível educacional, o BIM vem sendo implantado de modo gradual e de maneira pouco satisfatória nos cursos de Arquitetura e Engenharia Civil (RUSCHEL et al., 2013).

Ruschel et al. (2013) classificam o nível do BIM no ensino no “Estágio 1” de Succar (2009a), um estágio introdutório. Tal ensino enfatiza a modelagem paramétrica do modelo arquitetônico, o que inclui documentação e compatibilização, simulações 4D e estimativas de custos. Essas iniciativas, no entanto, não são abrangentes, pois focam apenas no aspecto de “ferramentas” e *softwares*, habilitando profissionais a trabalhar como modeladores e analistas.

Em comparação, no ensino internacional, como nas Universidades de *Twente*, nos Países Baixos, e *Stanford*, nos Estados Unidos, o estágio de implementação é avançado, “Estágio 3” de Succar (2009a), pois trabalha a integração de modelos e é capaz de formar analistas e gerentes BIM (RUSCHEL et al, 2013).

Já quanto ao nível de adoção do BIM no país, uma pesquisa realizada pela MCGRAW-HILL *Construction* (2014) investigou o nível de implantação em dez países, dentre eles o Brasil, e constatou-se que ainda caminha pouco comparado aos demais. Em países como Reino Unido, França e Alemanha, a média de empresas novatas no BIM é de apenas 47%. Já no Brasil, onde foram entrevistadas 40 empresas brasileiras, 70% implementaram a menos de dois anos.

Dado que a maior parte dos usuários BIM no Brasil são novos, 55% das empresas possuem um baixo índice de comprometimento com BIM. Nos Estados Unidos e Canadá, o baixo comprometimento representa apenas 23%. Tal índice é composto pelo resultado de três métricas, sendo as quais experiência BIM, que é o tempo de utilização da tecnologia, *expertise*, o nível de habilidade com o BIM que cada organização acredita possuir, e a implementação, que representa o percentual de projetos que as empresas aplicam o BIM.

Quanto às métricas que compõem o índice de comprometimento BIM, a *expertise* é representada por quatro níveis de maturidade, de forma que 15% das empresas brasileiras se consideram em um nível de *expertise* iniciante (nível 1), e 42% no nível moderado (nível 2). Já quanto à implementação BIM, também dividida em uma escala de quatro níveis de maturidade, 35% das empresas aplicam o BIM em

menos de 15% dos projetos, o que representa baixo nível de implementação BIM, e 40% aplicam em um nível médio, de 15% a 30% dos projetos.

Apesar disso, o cenário brasileiro possui boas perspectivas em relação ao BIM. O índice de *Return On Investment* (ROI), ou Rendimento sobre Investimento, apresenta um valor percentual progressivo de 36%, o que influenciou diretamente no aumento do nível de interesse e investimento por parte de construtoras nacionais. Além disso, 85% das construtoras entrevistadas relataram ter retornos positivos ao investir no BIM (MCGRAW HILL, 2014).

Kassem e Amorim (2015), em uma investigação sobre a difusão do BIM nas empresas brasileiras, também obtiveram dados de 40 organizações, e neste caso, 55% das empresas iniciaram atividades relacionadas a menos de três anos, mais uma vez demonstrando que tal esforço ainda é recente.

Dentre as empresas estudadas por Kassem e Amorim (2015), apenas 20% ainda não desenvolveram nenhuma ação referente ao BIM. Porém, a maioria dessas ações estão relacionadas a palestras e eventos, cada qual totalizando 34% e 29% das atividades respectivamente. Práticas como treinamentos totalizam apenas 24%, o que demonstra estágio inicial de atuação. Além disso, apenas seis respostas indicaram algum tipo de ação relacionada a documentações internas BIM, o que indica um baixo grau de maturidade (KASSEM e AMORIM, 2015).

Em maio de 2018, O Governo Federal lançou uma estratégia para promover a inovação na indústria da construção. A Estratégia BIM BR, instituída pelo Decreto nº 9.377, de 17 de maio de 2018, objetiva viabilizar um ambiente propício ao investimento e difusão do BIM no país (BRASIL, 2018b).

De acordo com o BIM BR (2018), através de pesquisas e estudos da Fundação Getúlio Vargas (FGV) de 2018, as empresas do setor da construção que já implantaram o BIM na rotina de trabalho correspondem a 9,2%, de forma que representam, hoje, 5% do PIB da construção civil. Com o fomento da Estratégia BIM BR, pretende-se aumentar em dez vezes a adoção do BIM em seis anos, ou seja, até 2024, 50% do PIB da construção civil utilizará o BIM.

Grandes órgãos e departamentos nacionais já vem implantando o BIM com sucesso, como é o caso do Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes

(DNIT) e a Infraero. Um dos primeiros projetos pilotos identificados pela estratégia BIM BR foi o Programa PROARTE do DNIT, onde se assumiu o compromisso mínimo de realizar todas as adequações e capacitações necessárias para viabilizar a contratação de projetos e especificações para o programa piloto (PROARTE), em BIM, até o início do ano de 2021 (BRASIL, 2018a).

Já a Infraero criou o projeto piloto Aeroporto Digital, onde o Aeroporto Governador José Richa, em Londrina-PR, foi integrado à plataforma BIM e ao Sistema de Informações Geográficas (SIG). O objetivo é o de integrar as diversas áreas da Infraero em uma base de informações unificada e em tempo real (OLIVEIRA et al., 2018).

2.4 MATURIDADE: CONCEITOS, MEDIÇÃO E MÉTRICAS

Nesta seção são tratados os conceitos de maturidade e da medição da maturidade tanto de processos quanto do BIM, além de compreender as principais ferramentas de avaliação de maturidade BIM.

2.4.1 Conceitos de Maturidade de Processos e do BIM

O conceito de maturidade propõe que um processo tenha um ciclo de vida que seja avaliado de forma explicitamente definida, gerenciada, medida e controlada. Já o nível de maturidade representa um limiar que, quando atingido, possibilita uma visão geral de todos os sistemas necessários para atingir um conjunto de metas de um processo (DORFMAN, 1997).

Segundo Lockamy III e McCormack (2004), ao se atingir cada nível de maturidade, se estabelece um nível maior de capacidade de processos. Esta capacidade é definida pelas seguintes características:

- a) Controle: Definida como a diferença entre metas e resultados reais, observando a variação em torno dessas metas;
- b) Previsibilidade: Medido pela variabilidade no alcance dos objetivos de custo e desempenho;
- c) Eficácia: Obtenção de resultados direcionados e capacidade de elevar metas.

As obras de Succar (2009 e 2010) e Succar et al. (2013) se baseiam nestas três definições de maturidade de processos e adequam estes conceitos para a realidade do BIM, os quais se encontram detalhados no Quadro 4.

Termo	Definição
Competência BIM	Uma competência BIM representa a capacidade de um envolvido em satisfazer um requisito BIM ou gerar um entregável BIM.
Conjunto de Competências BIM	Os conjuntos de competências incluem um grande número de competências individuais agrupadas sob vários títulos de competência.
Capacidade BIM	A capacidade denota a mínima habilidade para executar uma tarefa, entregar um serviço ou gerar um produto.
Estágio de Capacidade BIM	Estágios de capacidade BIM definem os principais marcos a serem alcançados por equipes e organizações à medida que adotam tecnologias e conceitos BIM.
Maturidade BIM	Maturidade BIM refere-se a qualidade, repetibilidade e grau de excelência de uma capacidade BIM.

Quadro 4 – Conceitos relacionados ao BIM

Fonte: Adaptado de Succar (2009 e 2010) e Succar et al. (2013).

Segundo Succar (2010), os conceitos de maturidade de processos e do BIM são semelhantes em estrutura e objetivos, mas diferem em profundidade conceitual, foco industrial, terminologia e público-alvo.

2.4.2 Medição de Maturidade de Processos

A melhoria contínua de um processo é baseada em pequenos passos de evolução ao invés de inovações revolucionárias. Um modelo de maturidade proporciona uma estrutura organizada desses passos evolutivos, cujos níveis auxiliam a organização a priorizar os esforços de melhorias (PAULK et al., 1993).

Ainda de acordo com os mesmos autores, um nível de maturidade é um passo bem definido de evolução para atingir um determinado processo. Ao se atingir cada nível, cumprem-se um conjunto de metas que resultam em uma melhoria do processo organizacional.

A estrutura que organiza estes passos evolutivos é o modelo de maturidade, que segundo Klimko (2001), descreve o desenvolvimento de uma organização ao longo do tempo. Os modelos de maturidade possuem as seguintes propriedades:

- a) O desenvolvimento de uma organização é simplificada e descrita com um número limitado de níveis de maturidade (normalmente de quatro a seis);
- b) Níveis são caracterizados por certos requisitos que a organização deve obter para alcançá-los;
- c) Durante o desenvolvimento, a organização progride de um nível para o próximo, de forma que nenhum nível seja pulado.

Segundo Paulk et al. (1993), pular níveis não é recomendado porque cada nível forma uma base necessária para atingir o próximo.

Os modelos de maturidade são concebidos com o objetivo de melhorar os processos de negócios e a capacidade das equipes para aprimorar a produtividade de uma organização (KHOSHGOFTAR e OSMAN, 2009).

Um exemplo de modelo de maturidade é o *Capability Maturity Model (CMM)*, ou Modelo de Maturidade de Capacidades, criado para aprimorar os processos de *software*, e foi originalmente desenvolvido pelo *Software Engineering Institute (SEI)* e assistência da *Mitre Corporation* em meados de 1986 (PAULK, 2009).

Segundo Paulk (2009), Watts Humphrey, foi quem iniciou os estudos no SEI sobre os métodos de avaliação de capacidade de *software*, e estruturou o modelo com base nos conceitos da maturidade em gestão da qualidade de Philip Crosby (1979). O modelo fornece às organizações uma orientação eficaz para o estabelecimento de programas de melhoria de processos (PAULK et al., 1993).

Os modelos CMM são baseados no conceito de *Key Process Areas (KPA)*, o qual identifica um *cluster* de atividades relacionadas que, quando executadas coletivamente, atingem um conjunto de metas consideradas importantes para aprimorar a capacidade do processo (PAULK et al., 1993).

A organização de um modelo CMM é dividida em cinco níveis sendo os quais inicial (1), repetível (2), definido (3), gerenciado (4) e otimizado (5), conforme demonstrado na Figura 8.

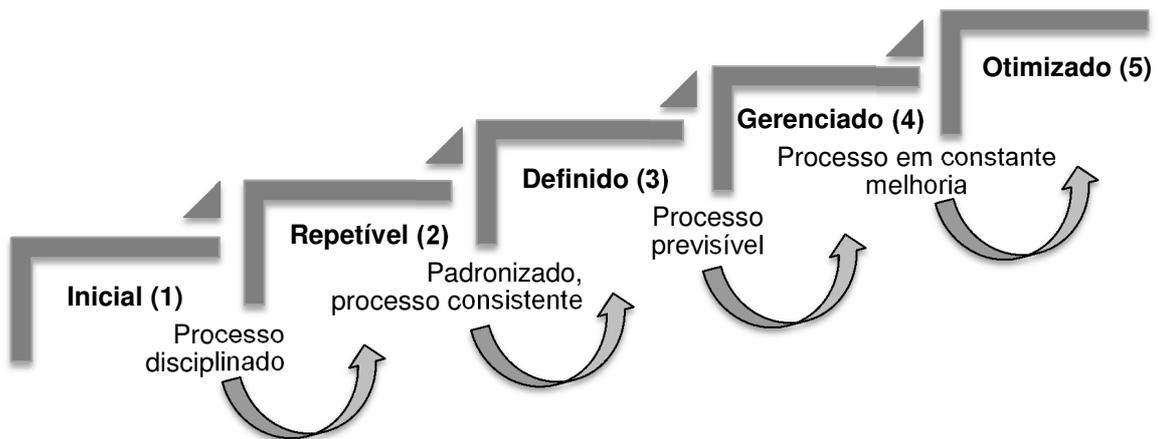


Figura 8 – Cinco níveis de processos de maturidade de *software* (CMM)
 Fonte: Adaptado de Paulk et al. (1993).

No nível inicial, poucos processos estão definidos e o sucesso depende de esforços individuais. No nível dois, processos básicos de gerenciamento de projetos são definidos. Já o nível três evidencia a existência de processos de *software* para as atividades de gerenciamento e engenharia, os quais são documentados e integrados de maneira padronizada. No nível gerenciado, medidas detalhadas do processo de *software* e da qualidade do produto são coletadas. Tanto o processo quanto os produtos de *software* são quantitativamente controlados. E no nível cinco, a melhoria contínua de processos é possibilitada pelo *feedback* quantitativo, além do desenvolvimento de ideias e das tecnologias inovadoras (PAULK et al., 1993).

A estrutura de um modelo de maturidade é formada, basicamente, por três níveis, sendo o objetivo, as questões e as métricas. O objetivo define o item macro que será avaliado, como por exemplo, pessoas, processos e infraestrutura. Os objetivos são divididos em questões, e as questões em métricas, o que torna as respostas quantitativas (BASILI et al., 1994), conforme demonstrado na Figura 9.

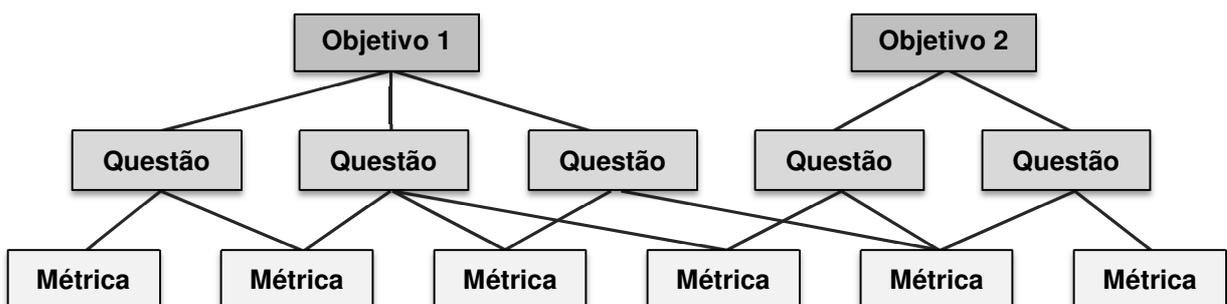


Figura 9 – Estrutura hierárquica de objetivos, questões e métricas
 Fonte: Adaptado de Basili et al. (1994).

Assim, o objetivo é refinado em diferentes questões e cada questão é então refinada em métricas, sejam objetivas ou subjetivas. Além disso, a mesma métrica pode ser utilizada para responder perguntas diferentes sob o mesmo objetivo (BASILI et al., 1994).

Ainda, um modelo de maturidade pode exercer, tipicamente, as funções descritiva, prescritiva ou de comparação. Um modelo de maturidade atende a um propósito descritivo de uso quando é usado como uma ferramenta de diagnóstico. Já um propósito prescritivo de uso serve para identificar os níveis de maturidade desejáveis, onde são sugeridos planos específicos e detalhados de ação (PÖPPELBUß e RÖGLINGER, 2011). Por fim, um modelo de finalidade comparativa permite *benchmarking* interno ou externo, em que dados históricos de participantes da avaliação, níveis de maturidade e organizações similares podem ser comparados (KLIMKO, 2001; PÖPPELBUß e RÖGLINGER, 2011).

A partir desta ideia, os autores Pöppelbuß e Röglinger (2011) criaram uma planilha de verificações (*checklist*) para analisar e comparar modelos de maturidade quanto aos seus princípios gerais. Para facilitar a análise, o *checklist* compara as informações de caráter básico, descritivo e prescritivo, excluindo o comparativo pois esta característica depende de fatores externos, conforme a Figura 10.

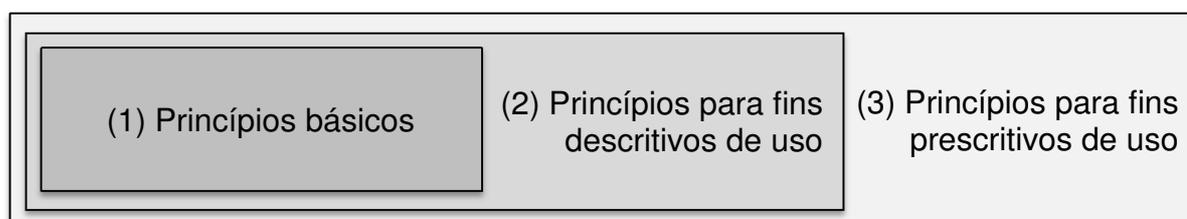


Figura 10 – Organização da estrutura de princípios de modelos avaliativos

Fonte: Adaptado de Pöppelbuß e Röglinger (2011).

Desta forma, os modelos devem fornecer informações básicas independente do propósito de uso. Os modelos de princípios descritivos de uso devem compreender as características básicas, e os de princípios prescritivos devem englobar as características básicas e as descritivas.

2.4.3 Medição de Maturidade BIM

A ideia de maturidade de processos de *software*, detalhada por Paulk et al. (1993), é válida também para as empresas que adotam novas tecnologias, como o BIM. A medida que uma organização eleva o nível de maturidade de um processo,

este é institucionalizado por meio de políticas, padrões e estruturas organizacionais. A institucionalização implica construir uma infraestrutura e uma cultura corporativa que apoiem os métodos, as práticas e os procedimentos do negócio, para que estes permaneçam após a partida daqueles que originalmente os definiram (PAULK et al., 1993).

A gestão do BIM não é diferente da gestão de outras indústrias, e pode ser dividida em práticas chave e áreas de avaliação, ajudando as organizações a traduzir sua visão em objetivos, acompanhar seu desempenho e desenvolver iniciativas para melhorias. Assim, a adoção do BIM se torna mais previsível, quantificável e padronizada (KAM, 2014).

Desenvolvimentos de medição de maturidade BIM podem aprimorar contextos específicos, como avaliar projetos. Tal medição pode ocorrer até mesmo em fases de pré-contrato, fato que pode auxiliar na escolha de empresas participantes de empreendimentos ou licitações (KASSEM e AMORIM, 2015), pois no âmbito governamental, os resultados de maturidade fornecem uma melhor percepção do nível de implementação do BIM nas organizações. Já nas companhias, os profissionais podem aproveitar os resultados para comparar as capacidades entre diferentes projetos e equipes. Outro contexto é a avaliação dos indivíduos e da própria organização, com a finalidade de acompanhar seu desempenho e desenvolver iniciativas de melhorias, pois os resultados auxiliam na otimização do desempenho ao incitar a busca por conhecimentos e treinamentos (KAM, 2014; AZZOUZ et al., 2016a).

Existem, porém, algumas dificuldades ao realizar a avaliação na prática, pois além de existir um medo de que a avaliação torne-se mais uma burocracia na empresa, há casos de funcionários que pensam que suas atividades de trabalho estejam ameaçadas pela introdução da nova tecnologia, de maneira que nem sempre preenchem de maneira efetiva as avaliações (BAKIS et al., 2006).

2.4.4 Métricas de Avaliação BIM

A utilização de métricas é fundamental para avaliar a implementação de novos processos e tecnologias (EASTMAN et al., 2014), pois fornecem maneiras de medir cada propriedade desejável de um processo (MOODY e SHANKS, 1994).

Embora seja essencial desenvolver métricas e avaliações comparativas para a avaliação de desempenho do BIM, é igualmente importante que essas métricas sejam precisas e adaptadas a diferentes setores e organizações do setor da AEC (SUCCAR et al., 2012).

Para aumentar a confiança, a adoção e a utilidade das métricas por diferentes envolvidos, Succar (2010) e Succar et al., (2012) identificam os seguintes critérios de desempenho, descritos no Quadro 5, que as métricas devem compreender.

Critério de Desempenho	Descrição
Precisa	Bem definida e capaz de medir o desenvolvimento com alto nível de precisão;
Aplicável	Capaz de ser utilizada por todos os envolvidos dentre todas as fases de ciclo de vida do projeto;
Atingível	Atingível se ações definidas forem realizadas;
Consistente	Obtenha os mesmos resultados quando conduzido por diferentes avaliadores;
Cumulativa	Definir como progressões lógicas; resultados de um ato como pré-requisitos para outro;
Flexível	Capaz de ser executado nas diferentes áreas da AEC, escalas organizacionais e suas subdivisões;
Informativa	Proporciona <i>feedback</i> de melhoria e guia os próximos passos;
Neutra	Não prejudique soluções ou esquemas proprietários, não proprietários, fechados, abertos, gratuitos ou comerciais;
Específica	Atenda aos requisitos específicos da indústria de construção;
Universal	Seja aplicada igualmente nas diferentes áreas da AEC e em diferentes delimitações geográficas;
Utilizável	Intuitivo e capaz de ser utilizado facilmente para avaliar o desempenho do BIM.

Quadro 5 – Critérios que devem ser identificados nas métricas de avaliação BIM
 Fonte: Adaptado de Succar (2010).

O modelo de avaliação de Sebastian e Van Berlo (2010), o BIM *QuickScan*®, inclusive utilizou tais critérios ao estabelecer as métricas avaliativas.

Já Du et al. (2014), preconiza que métricas de desempenho para avaliação comparativa (*benchmarking*), devem satisfazer os seguintes requisitos contidos no Quadro 6.

Requisitos	Descrição
Objetivas	Os usuários do BIM podem ter percepções e interpretações divergentes para uma dada métrica. As métricas objetivas garantem que a medida seja construída na mesma denotação;
Quantificáveis	Métricas quantificáveis são definidas e protegidas das diferentes interpretações;
Inerentes	As métricas devem ser inerentes ao banco de dados do BIM. As medidas de métricas devem poder ser lidas e extraídas diretamente do banco de dados do BIM, e como resultado, obtém-se um <i>benchmarking</i> de desempenho rápido e automático;
Genéricas	As métricas devem se concentrar nos aspectos comuns dos diferentes projetos BIM. Projetos BIM específicos podem ter recursos muito exclusivos que dificilmente podem ser comparados com outros projetos e assim, o <i>benchmarking</i> funciona nos recursos comuns que são válidos nas configurações gerais;
Representativas	As métricas devem ser representativas dos aspectos críticos do modelo BIM e dos processos de modelagem.

Quadro 6 – Requisitos para métricas de desempenho para *benchmarking*

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

As métricas podem ser qualitativas ou quantitativas, e cada método de avaliação BIM possui uma lista única de métricas baseada nos objetivos e prioridades de avaliação. Existem pelo menos 16 modelos de medição de maturidade BIM, somando mais de 200 métricas. No entanto, algumas avaliam o mesmo objetivo, apenas possuem terminologias diferentes, como é o caso da métrica riqueza de dados, que pode ser encontrada com as terminologias “Nível de Detalhe” e “Nível de Desenvolvimento”. As cinco métricas mais populares dentre todos os 16 modelos são riqueza de dados, visões e metas, tecnologia, exportação de dados e uso do modelo (AZZOUZ et al., 2016a; WU et al., 2017).

Além disso, um modelo de medição pode ser considerado simples ou complexo de acordo com o tipo e quantidade de métricas avaliativas. Modelos simples tendem a ser curtos, não possuem mais do que 30 métricas, o que atrai a atenção do usuário por ser rápido. Porém, podem não representar a complexidade do que se está avaliando. Um exemplo é o NBIMS-CMM, descrito na próxima seção, que possui 11 métricas e leva de 15 a 30 minutos para ser preenchido (AZZOUZ et al., 2016a), porém possui alto nível de subjetividade (WU et al., 2017).

Já um modelo complexo é mais detalhado, como o *Characterization Framework*, com 74 métricas, e o *Owner's BIM CAT*, com 66 (AZZOUZ et al., 2016a).

Uma dificuldade, no entanto, é que nem sempre todas as questões podem ser respondidas por falta de informações necessárias, além de que a aplicação tende a ser exaustiva (WU et al., 2017). É o caso do VDC *Scorecard*, com 56 métricas, onde a versão “*express*” pode levar até quatro horas para ser preenchida, e na média, apenas 51% das métricas são respondidas com convicção (VDC SCORECARD, 2018).

Dado que não existe um padrão para os métodos de avaliação BIM, um problema ao definir as métricas é decidir quais informações de desempenho devem ser medidas e como fazer isto (AZZOUZ et al., 2016a; WU et al, 2017). Considerando que ainda existem poucos materiais no assunto, a experiência do Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (*Database Management System*) pode ser útil para servir de base na organização de dados e gestão (GU e LONDON, 2010).

É o caso dos estudos de Moody e Shanks (1994), que criaram uma lista de qualidades ideais que um modelo de dados de *software* deve conter. Estas qualidades podem ser adaptadas ao contexto do BIM com base no trabalho de Wu et al. (2017), que analisou os níveis de algumas características em modelos de maturidade BIM, como facilidade de uso, flexibilidade e abrangência. A lista das qualidades e as respectivas descrições podem ser observadas no Quadro 7, e foram definidas com base em análises dos dois trabalhos em questão.

Qualidade	Definição
Simplicidade	A simplicidade está relacionada com o tamanho e complexidade do modelo. Por ser menor, é considerado fácil de usar;
Abrangência	A abrangência está relacionada com o escopo de métricas e da objetividade das questões;
Flexibilidade	Flexibilidade é definida como a facilidade com que o modelo pode ser adaptado às mudanças, podem ser ajustados para diferentes usuários do BIM;
Compreensibilidade	Compreensão é definida como a facilidade com que os conceitos e estruturas no modelo podem ser compreendidos pelos diferentes usuários do modelo;
Implementabilidade	Implementabilidade é definida como a facilidade com que o modelo pode ser implementado dentro das restrições de tempo, orçamento, recursos e tecnologia do projeto ou da organização.

Quadro 7 – Qualidades de um modelo de maturidade

Fonte: Adaptado de Moody e Shanks (1994) e Wu et al. (2017).

Estas características interagem entre si de formas positivas e negativas. Por exemplo, um modelo simples aumenta a compreensibilidade, a flexibilidade e facilita

a implementação. Já um modelo abrangente dificulta a implementação (MOODY e SHANKS, 1994).

No caso do estudo de Wu et al. (2017), com o intuito de mensurar quantitativamente pontos fortes e fracos dos modelos de medição de maturidade BIM, os autores criaram uma escala de pontuação de um a dez, sendo o nível um fraco, e o dez forte, de cinco características e as demonstraram em um gráfico estilo radar, como exemplificado na Figura 11.

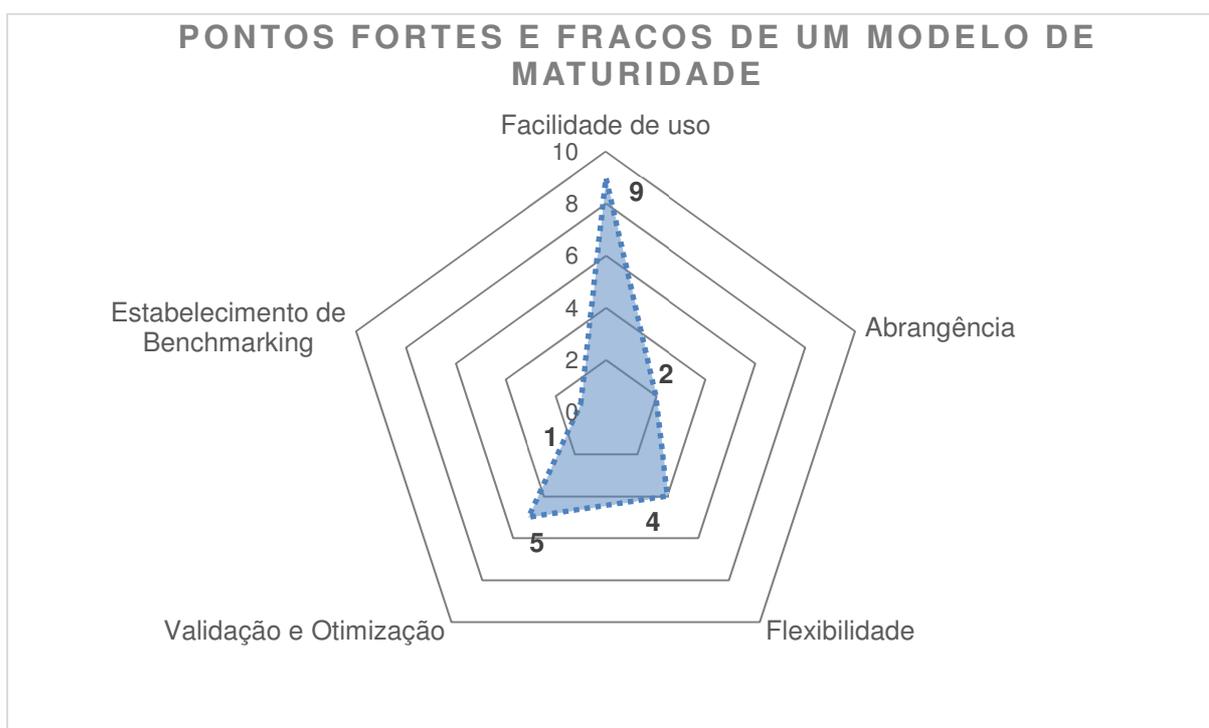


Figura 11 – Exemplo da análise dos pontos fortes e fracos de um modelo de medição de maturidade BIM

Fonte: Adaptado de Wu et al. (2017).

As pontuações foram definidas pelos autores, com base nas próprias percepções de estudos, análises e comparações.

2.5 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE MATURIDADE BIM

O BIM representa um conjunto de possibilidades e desafios que precisam ser compreendidos e atendidos, respectivamente, por meio de uma abordagem mensurável e repetível (SUCCAR, 2010).

Assim, desde 2007, tão logo o BIM começou a ser difundido, diversos pesquisadores começaram a aplicar os princípios de melhoria de processos ao domínio BIM (GIEL E ISSA, 2016). A partir de então, houve um crescimento gradual

de métodos de mensuração BIM, somando pelo menos 16 ferramentas avaliativas atualmente (WU et al, 2018).

Segundo Azzouz et al. (2016), apesar da existência de tantos métodos, não existe um consenso quanto a definição do que é e para que serve um modelo de maturidade BIM. As diferentes definições variam de acordo com o objetivo e a perspectiva do autor. Desta forma, cada qual foca em um ponto de vista diferente, os quais podem ser projetos, organizações, indivíduos ou equipes. Além disso, dado que os objetivos para o desenvolvimento de tais ferramentas variam, a aplicação em cenários fora do contexto ao qual foram criados é limitada (MAHAMADU, 2017).

Cada ferramenta avaliativa possui suas próprias características, como a estrutura, mecanismo e foco de avaliação (WU et al, 2017; WU et al., 2018), o que torna difícil escolher um método adequado. Em face de tantos modelos avaliativos existentes, a análise comparativa ajuda as organizações a selecionar o método mais adequado para a realidade da empresa (KHOSHGOFTAR e OSMAN, 2009).

Assim, esta seção trata de uma revisão das principais estruturas e ferramentas de avaliação BIM, e fornece uma visão geral de tais modelos, cujos objetivos, critérios, pontos fortes e limitações são analisados. Assim como Wu et al. (2017), a escolha dos dez principais modelos, resumidos na Figura 12, baseia-se no fato que todos foram ao menos minimamente validados, o que garante a confiabilidade e a efetividade da pesquisa.

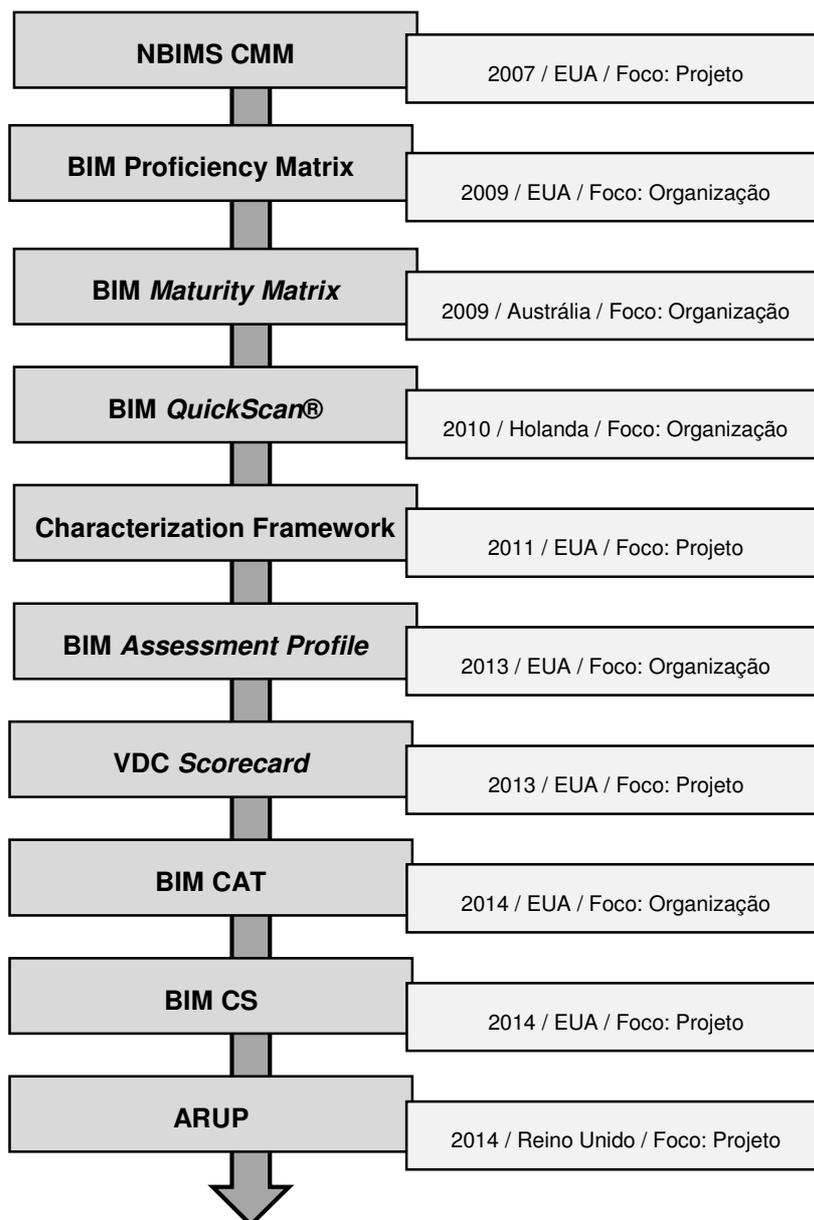


Figura 12 – Modelo de maturidade BIM, ano de lançamento, país de origem e foco de avaliação
 Fonte: Adaptado de Giel e Issa (2013); Azzouz et al. (2016a); WU et al. (2017).

2.5.1 *National BIM Standard's Capability Maturity Model (NBIMS CMM)*

Proposto pelo *National Institute of Building Science (NIBS)* em 2007, o NBIMS CMM foi baseado no modelo avaliativo CMM para processos de *software*. O modelo faz parte do *National BIM Standard – United States® (NBIMS-USTM)*, documento cujo objetivo é o de fornecer padrões para facilitar o gerenciamento do ciclo de vida dos modelos construtivos desenvolvidos pela tecnologia digital (NIBS, 2015).

O NBIMS CMM foi desenvolvido para os usuários avaliarem a aplicação do BIM continuamente, e assim alimentar o sistema de gerenciamento de informações

(MCCUEN et al., 2012). Corresponde a uma matriz, onde o eixo x avalia a implementação do BIM em 11 áreas de interesse, e o eixo y alcança dez níveis de maturidade para cada área (NIBS, 2015).

O resultado final é obtido pela soma dos pesos de todas as áreas, e é plotado em um gráfico estilo radar com cinco níveis de maturidade. Entretanto, os pesos das medidas são ajustados pelos próprios usuários, o que reduz o objetivo final da ferramenta (WU et al., 2017).

O modelo é baseado no conceito do “Mínimo BIM”, que fundamenta-se na ideia de que se deve focar em reduzir o escopo da implementação para um nível de recursos mínimos, mas que garantam a qualidade do processo (HIETANEN e LEHTINEN, 2006).

Assim, o ponto inicial da implantação inclui somente os dados e processos estritamente necessários. Ao se atingir este estágio mínimo, os processos seguintes tendem a ser mais fáceis de serem alcançados, pois já se venceu a curva de aprendizagem do novo processo (HIETANEN e LEHTINEN, 2006).

Ainda segundo os autores Hietanen e Lehtinen (2006) a dificuldade está em saber quando o nível mínimo foi alcançado.

Assim, na metodologia NBIMS CMM, o projeto BIM deve alcançar uma pontuação mínima para cada uma das “áreas de interesse” para ser considerado como “verdadeiro BIM” (MCCUEN et al., 2012), e por meio da matriz, destacam-se as características mínimas que devem ser alcançadas para cada área de interesse de maturidade. Tais características mínimas estão detalhadas no Quadro 8.

Área de Interesse	Descrição
Riqueza de Dados	O modelo BIM é aceito como fonte primária de dados;
Ciclo de Vida	Duas fases de ciclo de vida são disponibilizadas, como projeto e construção, mas não são necessariamente interligadas;
Disciplinas	Projeto e planejamento são totalmente suportados pelo BIM;
Processo	Alguns processos passam a ser mais detalhados para serem armazenados no BIM;
Método de Entrega	Para que um conjunto de dados seja chamado de BIM, ele deve ser implementado em uma rede para que as informações da disciplina possam ser compartilhadas; no entanto, a garantia robusta de informações ainda não precisa ser implementada e pode estar limitada ao controle de acesso por senha simples aos sistemas;
Pontualidade / Resposta	A maioria das informações está no BIM, no entanto, muitas informações quando solicitadas são coletadas manualmente, as quais são depois armazenadas no BIM;
Mudança no Gerenciamento	Implementação da definição de processos de negócios em andamento, conscientização da necessidade de definição de processos de negócios e de mudanças gerencias;
Informação Gráfica	Os desenhos são baseados em objetos 3D e possuem inteligência;
Capacidade Espacial	Localização básica estabelecida usando GPS para que se possa localizar a instalação espacialmente;
Precisão da Informação	Localização dos polígonos que são usados para calcular o espaço e o volume e reconhecer quais áreas foram identificadas. Neste caso, o espaço deve ser calculado eletronicamente;
Interoperabilidade IFC	As informações são transferidas pelo menos entre arquivos proprietários.

Quadro 8 – Características do Mínimo BIM por áreas de interesse do modelo NBIMS CMM
Fonte: Adaptado de MCcuen (2012) e NIBS (2015).

No entanto, o NBIMS CMM está focado nos aspectos técnicos do BIM e mostra poucos sinais de avaliar os métodos sociais envolvidos no processo de adoção (KAM et al., 2013).

Assim, a principal limitação do uso do NBIMS CMM é o fato de que este tende a se concentrar no desenvolvimento do modelo BIM em vez de maturidade ou competência dos processos. Os critérios utilizados são distorcidos, pois somente os atributos técnicos de modelagem BIM são medidos. Além disso, do ponto de vista científico, falta uma validação global, dado que os critérios utilizados no NBIMS CMM foram baseados no contexto americano (SEBASTIAN e VAN BERLO, 2010).

2.5.2 BIM *Maturity Matrix* (BIM³)

O BIM *Maturity Matrix* é uma ferramenta construída a partir da “Estrutura BIM” de Succar (2009a), o qual identifica campos, estágios, lentes, passos, fases de ciclo de vida de um projeto, além de uma ontologia conceitual específica para o BIM. A base deste método também é o *Capability Maturity Model* (CMM) (SUCCAR, 2010).

É uma ferramenta de conhecimento que incorpora diversas estruturas do BIM, com o propósito de medir e melhorar o desempenho de uma organização ou equipes de projeto. As estruturas que compõem a ferramenta são divididas em dois eixos. O primeiro contempla os conjuntos de competências BIM, composto pelos estágios de capacidade BIM e separados pelos passos BIM. Já o segundo eixo é o Índice de Maturidade BIM, que mede a maturidade BIM em cinco níveis. Todos estes elementos foram também desenvolvidos por Succar (2009, 2010 e 2013).

O modelo é composto por três estágios de capacidade, 20 escalas organizacionais, e cinco níveis de maturidade (Succar, 2010).

Além disso, o BIM *Maturity Matrix* possui quatro níveis de granularidade, ou seja, é dividido em quatro níveis. Isto proporciona variabilidade de abrangência, detalhamento, formalidade e especialização, e permite a preparação de várias ferramentas de medição de desempenho do BIM, desde avaliações de baixo detalhamento, informais e auto administradas até avaliações de alto detalhamento, formais e conduzidas por especialistas (SUCCAR, 2010).

Até o momento, a única ferramenta disponível para se realizar a auto avaliação é a ferramenta de nível de granularidade 1 (GL1), nomeada “*Discovery*”, que é uma avaliação de baixo nível de detalhe usada para descoberta básica e semiformal da capacidade e maturidade BIM. As avaliações de descoberta geram uma pontuação numérica básica (SUCCAR, 2010). Já as avaliações de GL 3 e 4 são aplicadas apenas por consultores, e a avaliação de GL 2, que também poderia ser utilizada para uma auto avaliação, ainda está em fase de desenvolvimento, notícia confirmada pelo próprio autor Succar em correspondência virtual.

O resultado da avaliação gera um índice de maturidade, que é dividido em seis níveis, e cada qual corresponde a um estágio de maturidade, como pode se observar no Quadro 9.

Nível	Nome do Nível	Classificação Textual	Classificação Numérica
A	Inicial	Baixa maturidade	0 – 19%
B	Definido	Média-baixa maturidade	20 – 39%
C	Gerenciado	Média maturidade	40 – 59%
D	Integrado	Média-alta maturidade	60 – 79%
E	Otimizado	Alta maturidade	80 – 100%

Quadro 9 – Níveis do índice de maturidade BIM

Fonte: Adaptado de Succar (2009b, 2010).

Para a melhor compreensão do método, a próxima seção detalha os passos e os estágios de capacidade BIM.

2.5.2.1 Estágios de capacidade BIM

Como já descrito em seções anteriores, Succar (2010) define a maturidade BIM como a qualidade, repetibilidade e grau de excelência de uma capacidade BIM. A capacidade BIM é definida como a mínima habilidade para cumprir uma tarefa. Já os estágios de capacidade do BIM (ou Estágios BIM) definem os principais marcos a serem alcançados por equipes e organizações à medida que adotam tecnologias e conceitos BIM.

A identificação dos estágios BIM possibilita que as organizações aumentem a capacidade e a maturidade BIM de uma maneira sistêmica. Assim, Succar (2009a), propõe três estágios de capacidade do BIM, além de um estágio pré-BIM e um estágio pós-BIM, sendo este o *Integrated Project Delivery* (IPD), realizado a longo prazo e variável de acordo com as inovações tecnológicas.

Este método possibilita uma análise rápida e precisa de avaliar a capacidade de uma organização em fornecer serviços BIM (SEBASTIAN e VAN BERLO, 2010).

O estágio pré-BIM caracteriza-se pela dependência do 2D. Mesmo que exista um modelo tridimensional, quantitativos e estimativas de custo não são extraídos do modelo, e todos os documentos gerados são adaptados à realidade bidimensional. Esta fase é caracterizada pelo fluxo de trabalho linear, falta de investimentos em tecnologia e não há interoperabilidade entre projetos (SUCCAR, 2009a).

A fase seguinte é o “BIM Estágio 1: Modelagem baseada no objeto”, onde se inicia a utilização de *softwares* paramétricos baseados em objetos 3D. Caracteriza-se por gerar modelos de apenas uma disciplina, somente para visualização 3D. Os atributos paramétricos não são modificáveis, não existem interoperabilidades significativas e ainda são gerados documentos 2D. Porém, já é possível exportar alguns dados, como tabelas de portas e esquadrias (SUCCAR, 2009a).

A próxima fase proposta por Succar (2009a) é o “BIM Estágio 2: Colaboração baseada no modelo”, onde ocorre uma colaboração entre disciplinas do projeto. A interoperabilidade pode acontecer entre uma ou duas fases do ciclo de vida do empreendimento, seja entre arquivos proprietários, como o “.rvt”, arquivo de projeto em Revit®, ou entre arquivos não proprietários, como o sistema de dados IFC.

Na sequência, alcança-se o “BIM Estágio 3: Integração baseada em rede”, onde modelos integrados são criados, compartilhados e mantidos colaborativamente por todo o ciclo de vida do empreendimento. Nesta fase alcança-se um modelo multidimensional (nD), permitindo análises complexas. São necessárias mudanças contratuais, de análises de risco e fluxos processuais, que só serão alcançadas com a maturidade dos *softwares* e da rede de envolvidos (SUCCAR, 2009a).

Por fim, o *Integrated Project Delivery* (IPD), termo popularizado pelo *American Institute of Architects* (AIA), e que na visão de Succar (2009a) é o ponto onde o domínio de tecnologias, processos e políticas torna-se cada vez mais maduro. O processo de estágios de capacidade do BIM pode ser observado na Figura 13.

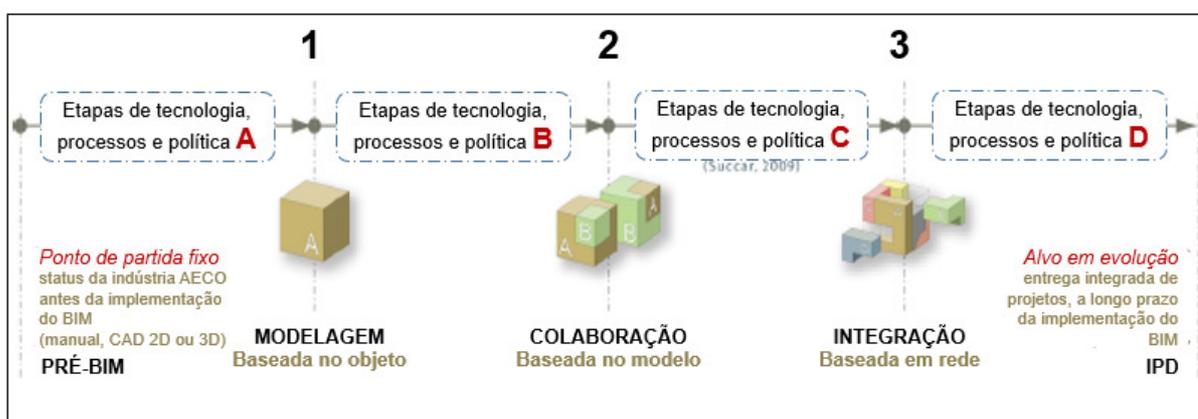


Figura 13 – Estágios de capacidade do BIM
Fonte: Adaptado de Succar (2010).

Uma limitação para este método é de que como os estágios de capacidade BIM são estabelecidos quando os requisitos mínimos são atendidos, não é possível avaliar as habilidades além desses requisitos mínimos. Ao utilizar este método, não se podem detectar variações no nível de experiência e qualidade de modelagem entre duas organizações que estão no mesmo estágio do BIM (SEBASTIAN e VAN BERLO, 2010).

2.5.3 BIM *QuickScan*®

O modelo BIM *QuickScan*® foi desenvolvido pela organização nacional e independente para pesquisa científica aplicada nos Países Baixos TNO, entre os anos de 2009 e 2010. É uma ferramenta que propõe servir como um instrumento padrão de avaliação comparativa (*benchmarking*) no contexto da Holanda (SEBASTIAN e VAN BERLO, 2010).

O objetivo da ferramenta possui cunho prático, que é o de justificar a qualificação das partes a serem comissionadas para projetos, bem como conscientizar e estabelecer uma estratégia comum de inovação por meio do BIM (SEBASTIAN e VAN BERLO, 2010).

A ideia do “*QuickScan*”, que significa “varredura rápida”, é a de justamente realizar uma avaliação rápida, em um período de no máximo um dia, porém de maneira abrangente (SEBASTIAN e VAN BERLO, 2010).

Consiste em um questionário dividido em quatro capítulos (categorias) com pesos diferentes, conforme demonstrado no Quadro 10. Cada capítulo contém vários *Key Performance Indicators* (KPIs) na forma de um questionário de múltipla escolha. O número total de critérios é limitado a 50, a fim de manter uma varredura detalhada que possa ser realizada com velocidade razoável (SEBASTIAN e VAN BERLO, 2010).

Capítulo	Peso do Capítulo	KPI
Organização e gestão	2,77	Visão e estratégia, distribuição de papéis e tarefas, estrutura organizacional, garantia de qualidade, recursos financeiros e parceria no nível corporativo e de projeto.
Mentalidade e cultura	3,13	Aceitação do BIM entre o pessoal e os trabalhadores, motivação individual e em grupo, presença e influência do coordenador BIM, conhecimentos e habilidades, gestão do conhecimento e treinamento.
Estrutura de informações e fluxo de informações	2,73	Uso de modelagem, padrões abertos de ICT, bibliotecas de objetos, fluxo de informações internas e externas, tipo de troca de dados e tipos de dados em cada fase do projeto.
Tecnologia e aplicações	1,39	Uso do modelo de servidor, tipo e capacidade do modelo de servidor, tipo de pacote de <i>software</i> , ferramentas BIM avançadas, definições de visão de modelo e regras de suporte.

Quadro 10 – Divisão das categorias e KPIs do BIM QuickScan®

Fonte: Adaptado de Sebastian e van Berlo (2010).

Há diversas respostas possíveis para cada KPI, de forma que para cada resposta, uma pontuação é atribuída, além de que cada KPI possui um fator de ponderação. A soma de todas as pontuações parciais, após considerar os fatores de ponderação, representa a pontuação total do desempenho do BIM de uma organização (SEBASTIAN e VAN BERLO, 2010).

A avaliação pode ser feita através de consultores certificados, onde o resultado é disponibilizado através de um modelo padrão da TNO, e são entregues dados como pontuação final, e recomendações de melhoria. Os resultados são armazenados em uma base de dados *online*, com o propósito de comparar as avaliações com demais organizações de forma anônima. No entanto, apesar de a organização de serviço de consultoria não possuir fins lucrativos, o serviço é cobrado. (SEBASTIAN e VAN BERLO, 2010; VAN BERLO e DIJKMANS, 2012).

Além da avaliação paga, é possível realizar uma auto avaliação de forma gratuita através do site da TNO. Porém, apesar de a empresa receber o resultado final da avaliação, não são disponibilizadas análises comparativas com demais organizações (SEBASTIAN e VAN BERLO, 2010).

2.5.4 Organizational BIM Assessment Profile

O *Organizational BIM Assessment Profile*, ou Perfil de Avaliação Organizacional BIM faz parte do *BIM Planning Guide for Facility Owners*, um guia desenvolvido pela *Pennsylvania State University*. O guia tem o propósito de auxiliar incorporadores² da indústria da construção civil no desenvolvimento de planos estratégicos, de implementação e de aquisição para integração do BIM nas organizações (CIC, 2013).

A ferramenta avaliativa é uma matriz que foi desenvolvida com o propósito de avaliar a maturidade dos seis elementos centrais de planejamento de uma organização, os quais são processos, informação, estratégia, infraestrutura, usos, e pessoas. Dentro destas seis áreas de interesse, estão distribuídas 20 métricas que podem atingir seis níveis de maturidade (CIC, 2013).

O método fornece uma descrição básica para cada um dos níveis de maturidade identificados nos elementos de planejamento. O menor nível de maturidade é o zero (0), que representa a inexistência ou a não utilização desse elemento, e avança para os níveis inicial (1), gerenciado (2), definido (3), gerenciado quantitativamente (4) e otimizado (5) (CIC, 2013).

O perfil de avaliação permite que a organização possa documentar rapidamente o *status* de implementação de cada categoria (CIC, 2013).

Segundo Mahamadu (2017), no entanto, o guia de planejamento do CIC (2013) é apenas um documento de orientação sem validação ou priorização empírica dos critérios propostos.

Já Wu et al. (2017) consideram este modelo de avaliação útil e gerenciável, pois durante o processo de mudança de maturidade do BIM, a ferramenta aponta as direções para que a organização planeje o próprio crescimento, além de detalhar instruções e principais requisitos da implementação do BIM.

² A tradução do termo "*Facility Owner*", ao pé da letra, significa "Proprietário de Instalações". Porém, ao se observar a função e o trabalho de um proprietário de instalações, adaptou-se esta tradução para "Incorporador", termo mais condizente com a realidade brasileira.

2.5.5 VDC Scorecard

O VDC *Scorecard* vem sendo formulado e aprimorado desde 2009, pelo *Stanford University's Center for Integrated Facility Engineering* (CIFE), nos Estados Unidos (KAM et al., 2013). O termo VDC, abreviação de *Virtual Design and Construction* – Projeto e Construção Virtuais – foi criado também pela CIFE em 2001.

Dentre diversos trabalhos publicados por profissionais e pesquisadores do setor da AEC que influenciaram o desenvolvimento do VDC *Scorecard*, o método se respalda primordialmente nas pesquisas de Kunz e Fischer (2012). Tal estudo define o VDC como o uso de modelos multidisciplinares de projetos de construção, incluindo desempenhos de Processo, Organização e Produto (POP) e métodos sociais para alcançar as metas de negócios de um projeto. Ainda, apesar do conceito de BIM e VDC ser muito parecido, a diferença é que o BIM associa-se ao modelo de produto e a outros aspectos técnicos de um projeto (KAM et al., 2013).

Com o objetivo de ser holístico, o VDC *Scorecard* é capaz de caracterizar as relações entre os objetivos da organização e o uso do BIM/VDC (KAM et al., 2016). Desta forma, para atingir a visão de todos os componentes inter-relacionados, a ferramenta inclui métricas relacionadas a desempenho e planejamento. A metodologia de Succar (2009a), *BIM Maturity Matrix*, também abrange tais métricas, porém não são quantitativas. Já o BIM *Quickscan*®, apresentado por Sebastian e van Berlo (2010), apesar de apresentar também uma estrutura de avaliação holística, foca na organização e não em projetos de construção (KAM et al., 2016).

Assim, o VDC *Scorecard* além de apresentar uma estrutura de avaliação holística, é também quantificável, prático e adaptável, e permite a avaliação objetiva do VDC e do BIM, além de permitir um *benchmarking* preciso das práticas do setor (KAM et al., 2013).

A ferramenta avalia a maturidade da implementação do VDC ou do BIM em um projeto em quatro áreas, as quais são planejamento, adoção, tecnologia e desempenho, dez divisões e 56 métricas de avaliação. Além disso, por se considerar que há diversas incertezas ao avaliar o desempenho de projetos, o VDC *Scorecard* abrange o fator “nível de confiança” medido por sete métricas para indicar a precisão das pontuações (KAM et al., 2013). A estrutura e as métricas utilizadas no fator nível de confiança podem ser observadas na Figura 14, e a estrutura de divisões do VDC *Scorecard*, na Figura 15.

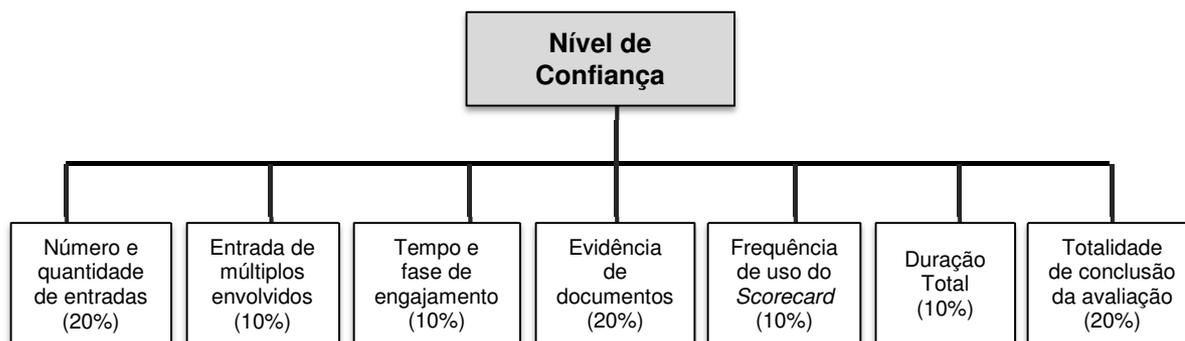


Figura 14 – Fatores do nível de confiança do VDC Scorecard

Fonte: Adaptado de Kam (2013).

O método inclui, ainda, cinco níveis de maturidade, sendo a “prática convencional” o menor grau de maturidade e a “prática inovadora” o maior grau (KAM et al., 2016).

A pontuação geral do VDC *Scorecard* é calculada pela média ponderada das pontuações das quatro áreas. O mesmo método se aplica para derivar as pontuações dos níveis de métricas e divisões (KAM et al., 2016).

O usuário pode utilizar a ferramenta BIM/VDC *Scorecard* de duas maneiras através da plataforma *online bimSCORE*. Uma maneira é por meio de consultores especializados, onde o resultado é enriquecido pelas opiniões dos profissionais, além de ser possível realizar um *benchmarking* com resultados globais, ou por meio de uma autoavaliação gratuita, de forma que a organização possa comparar os próprios resultados de maneira autônoma (BIMSCORE, 2018).

Uma das limitações do VDC *Scorecard* é que este exige uma base de informações extensa e atualizada o que leva os respondentes muitas vezes a deixar questões em branco (AZZOUZ et al., 2016a).

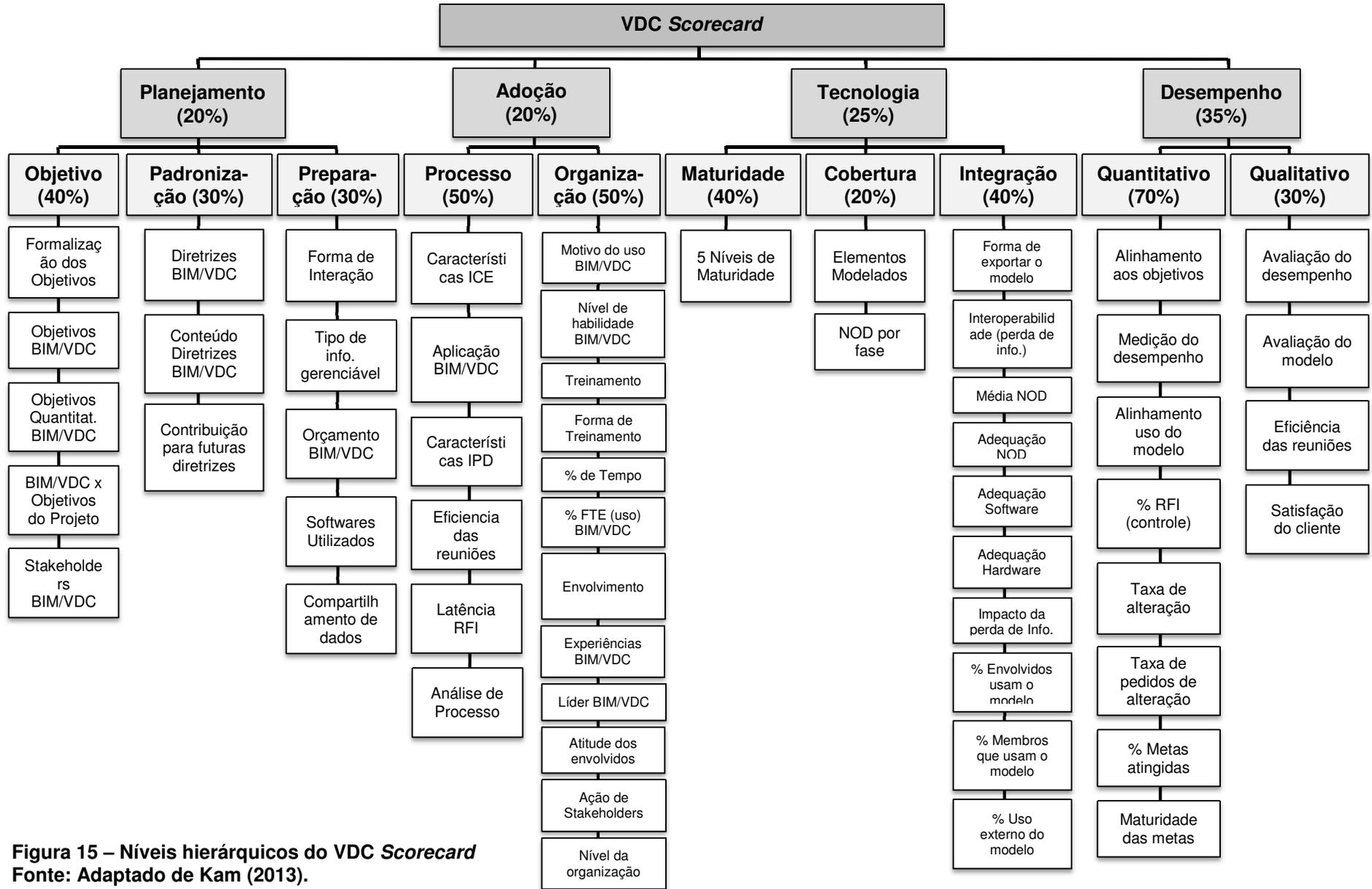


Figura 15 – Níveis hierárquicos do VDC Scorecard
 Fonte: Adaptado de Kam (2013).

2.5.6 *The Owner's BIM Competency Assessment Tool (BIMCAT)*

Em resposta à falta de ferramentas desenvolvidas especificamente para o proprietário das organizações, Giel e Issa (2013; 2014; 2016) desenvolveram o BIMCAT. O modelo é uma auto avaliação que pode ser preenchida por qualquer pessoa em posição de gerência, desde que esta possua conhecimentos relevantes sobre os esforços de execução do BIM dentro da organização.

A ferramenta foi desenvolvida com base em um compilado de outros métodos avaliativos, os quais são NBIMS CMM, *BIM Maturity Matrix*, *BIM Quickscan®*, *BIM Proficiency Matrix*, *VDC Scorecard*, e *CIC Research Program's Owner's Maturity Matrix* (GIEL e ISSA, 2013). O compilado de métricas foi disponibilizado a um grupo de 21 especialistas em projetos BIM, de maneira que as métricas foram selecionadas e categorizadas. O grupo foi submetido ao método *Delphi*, e o resultado final gerou três categorias de competências, as quais são competências operacionais, estratégicas e administrativas (GIEL e ISSA, 2014).

Dado que o propósito da ferramenta é o de avaliar proprietários, os especialistas entenderam que as competências operacionais deveriam ter um peso maior (47%) do que as competências estratégicas (29%), e as competências administrativas (24%) (GIEL e ISSA, 2014). A estrutura hierárquica da ferramenta pode ser observada na Figura 16.

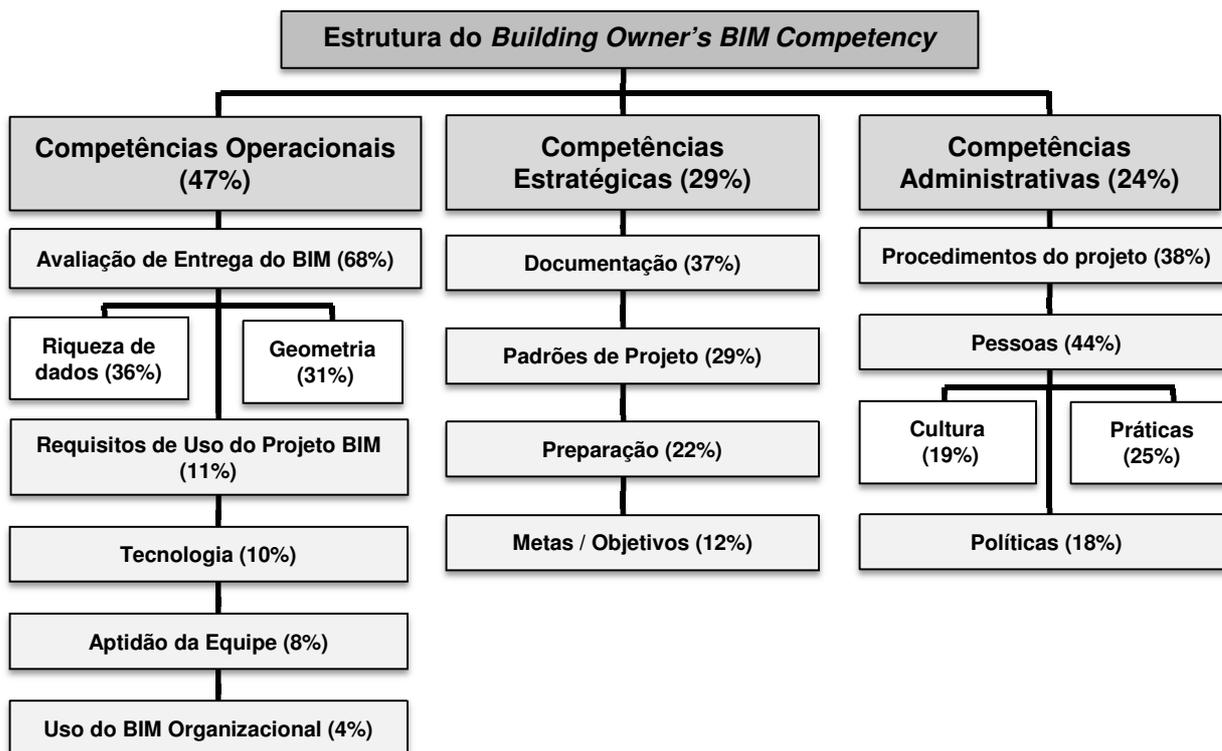


Figura 16 – Categorias e subdivisões do BIMCAT
 Fonte: Adaptado de Giel e Issa (2014).

O método consiste, ainda, em 124 perguntas, e totaliza o máximo de 1.200 pontos. Divide-se em 12 subdivisões e 66 métricas, além de seis níveis de maturidade (GIEL e ISSA, 2016).

O BIMCAT serve para fornecer orientação aos proprietários ao estabelecer uma linha de base de onde a organização se encontra e quais as possíveis áreas a serem aprimoradas. Os resultados dessa avaliação podem ajudar os proprietários a expandir os conhecimentos técnicos, aperfeiçoar os requisitos de BIM durante as fases de projeto e construção, e melhorar a eficiência das operações de pós-construção (GIEL e ISSA, 2016).

Um dos fatores limitantes para a aplicação deste método é que faltam estudos empíricos e coleta de dados práticos para validação e otimização (WU et al., 2017).

2.5.7 *Building Information Modeling Cloud Score (BIMCS)*

O BIMCS foi desenvolvido por Du et al. (2014) nos Estados Unidos, e propõe a comparação de métricas que avaliem o desempenho de utilização do BIM entre as organizações. É uma ferramenta de avaliação comparativa (*benchmarking*) baseada em nuvem (DU et al., 2014).

O BIMCS é instalado nos *softwares* de projetos BIM como uma ferramenta acessória (*plugin*). Através de monitoramentos realizados no projeto e da análise das informações, é obtido o *benchmarking*, resultado de um comparativo dentre um repositório de dados nacional (DU et al., 2014). Tanto a coleta de dados, como a avaliação e o somatório das pontuações ponderadas são processos automatizados, através da utilização da computação *clouding* (WU et al., 2017).

O modelo contempla 20 métricas distribuídas em seis categorias de análise, as quais são produtividade, efetividade, qualidade, precisão, utilidade e economia. Além disso, para que as medidas possam ser comparáveis entre as organizações, as métricas foram criadas de maneira a serem quantificáveis, inerentes, genéricas, e representativas (DU et al., 2014).

Os usuários do BIMCS, ao comparar as próprias pontuações com a base de dados nacional, são capazes de avaliar a posição competitiva de seu desempenho BIM para identificar lacunas em seus modelos e processos de modelagem BIM e decidir quais pontos necessitam ser aprimorados (LIU et al., 2017).

Esta ferramenta, porém, não é adequada para avaliação organizacional, pois os atributos medidos referem-se apenas ao desempenho do processo de desenvolvimento do modelo BIM ao invés da capacidade da organização (MAHAMADU, 2017).

2.5.8 ARUP BIM *Maturity Measure* (BIM-MM)

O modelo BIM *Maturity Measure* foi criado pela companhia de projetos e consultoria ARUP, no Reino Unido, e lançado em 2014. Objetiva avaliar a maturidade da implementação do BIM em projetos, e baseia-se no BIM *Assessment Profile*, da *Penn State University*, sob a licença *Creative Commons* 3.0, uma licença pública que permite a livre distribuição da ferramenta (ARUP, 2018). O modelo foi validado ao avaliar 213 projetos da própria companhia ARUP (AZZOUZ et al., 2016b).

O modelo é disponibilizado gratuitamente para qualquer usuário, e permite verificar as melhores práticas de sucesso de uma implementação BIM em um projeto (ARUP, 2018).

O BIM-MM é composto por oito áreas, sendo projetos, estrutura, mecânica, elétrica, saúde pública, fachada, geotécnica e iluminação; 11 critérios, e seis níveis de maturidade. O objetivo é completar a avaliação de todas estas áreas, para possibilitar a visão geral da implementação do BIM no projeto (AZZOUZ et al., 2016b).

2.5.9 Outros Modelos de Avaliação BIM

Em 2009 a *Indiana University* (IU) lançou uma norma padrão para requisitos de projeto e construção BIM. Dentre os principais elementos do documento encontra-se o BIM *Proficiency Matrix* (BPM), modelo que avalia a habilidade dos respondentes em trabalhar em um ambiente BIM. Foi pensado para comunicar a intenção do proprietário sobre os objetivos do BIM (INDIANA UNIVERSITY, 2009).

Foi a primeira ferramenta projetada para o proprietário, e funciona como um meio padrão para avaliar a experiência BIM de possíveis projetistas e contratados em novos projetos (GIEL e ISSA, 2013). A matriz é usada para classificar os candidatos com base em oito categorias gerais, incluindo precisão física do modelo, presença de uma metodologia de *Integrated Project Delivery* (IPD), ou Entrega Integrada de Projeto, mentalidade de cálculo, reconhecimento de localização, criação de conteúdo, dados de construção, modelagem *as-built* e riqueza de dados, além de cinco níveis de maturidade (INDIANA UNIVERSITY, 2009).

No entanto, não há documentação suficiente para estudos (SUCCAR, 2010), além de que atualmente o método não está sendo disponibilizado para uso externo aos propósitos da *Indiana University*, fato constatado via *e-mail* pela própria autora da pesquisa em questão.

Outro modelo avaliativo é o *Characterization Framework*, proposto por Gao (2011) como resultado de seu projeto de doutorado pela CIFE. A estrutura consiste em três categorias, 14 fatores e 74 medidas em três níveis de detalhe, e permite a documentação de uma implementação BIM de forma estruturada.

A pesquisa, no entanto, focou em capturar o desempenho do VDC em uma perspectiva particular do autor. Assim, não se propôs a criar uma interface de avaliação ativa, contínua, repetível e acessível para os profissionais, além de que a ferramenta não foi desenvolvida para se estender aos profissionais do setor. Em suma, não fornece uma estrutura prática adaptável a mudanças tecnológicas contínuas (KAM et al., 2016).

2.6 VISÃO GERAL DOS MODELOS DE MATURIDADE BIM

Giel e Issa (2013), ao comparar os modelos de maturidade BIM, concluem que estes possuem muitas similaridades, como a tendência em categorizar as variáveis de avaliação e o uso da ponderação das pontuações para o resultado final. Porém, verificam que nenhuma das ferramentas considerou variáveis para qualificar contratados em projetos BIM em processos de seleção; e variáveis que tratem de um plano de ação de como o modelo será atualizado conforme as atividades de renovação e remodelagem ocorram.

Isto demonstra que os modelos de avaliação possuem limitações, e além das já citadas, destacam-se as quatro mais importantes. A primeira é a falta de métricas quantitativas e objetivas, o que torna a subjetividade um grande desafio (KAM, 2013; AZZOUZ et al., 2016a; WU et al., 2017). Esta constatação, no entanto, não se aplica a todos os métodos, pois há ferramentas que estabelecem métricas de comparação quantitativas, como NBIMS CMM, BIM *QuickScan*®, e VDC *Scorecard*, que inclusive provaram ser úteis dentro e fora do contexto dos Estados Unidos (GIEL e ISSA, 2016).

A segunda limitação é a falta de estudos de caso que apoiem e validem os métodos (KAM et al., 2013; AZZOUZ et al., 2016a), como é o caso do BIM *Assessment Profile* e do BIM *Cloud Score*. Terceira, nenhum dos modelos foi amplamente reconhecido e comumente aplicado pela indústria AEC (SEBASTIAN e VAN BERLO, 2010), como as ferramentas BREEAM e LEED, de sustentabilidade (AZZOUZ et al., 2016a). E a quarta, os critérios para a seleção das métricas e ponderação dos pesos, em alguns modelos, não são mencionados (AZZOUZ et al., 2016a), como o NBIMS CMM e o BIM *Assessment Profile*.

Ainda, dentre as ferramentas analisadas, percebe-se uma crescente tendência a cobrar pelo serviço da avaliação do BIM, como é o caso do BIM *QuickScan*®, VDC *Scorecard* e BIM *Maturity Matrix*. Giel e Issa (2016) apontam isso como uma potencial deficiência, pois ao oferecer avaliações completas a um custo para o usuário, pode-se limitar a amostra da população avaliada.

Apesar das limitações, há aspectos que são verificados em todas as ferramentas. Liang et al. (2016), ao comparar os modelos, constatam que de modo geral, os métodos compartilham a visão de que o BIM não é apenas uma tecnologia,

são considerados também critérios de processos e adoção de protocolos. Isto pode ser esclarecido pelo estudo de Eadie et al. (2013) que analisa os impactos da implementação do BIM em uma organização, e conclui que os aspectos de gerenciamento da adoção do BIM, ou seja, aspectos relacionados a área de processos, foram mais importantes do que a tecnologia de *software* em termos de significância financeira.

Assim, constata-se que cada ferramenta apresenta características próprias, pontos fortes e fracos, de maneira que não existe um modelo ideal para todos os usuários (WU et al., 2017), até porque não há uma única solução ótima que correlacione tantos fatores, métricas, e indicadores, principalmente pela dificuldade de avaliar tantos itens, e ainda manter um modelo realisticamente fácil de usar (WU et al., 2018).

Dada a variedade de ferramentas, uma maneira prática de encontrar o modelo adequado para uma organização é comparar estes métodos a partir de variáveis que possam trazer resultados relevantes de escolha, como a abrangência, definições de maturidade e suporte de equipe (KHOSHGOFTAR e OSMAN, 2009).

Como forma de avaliar a abrangência dos modelos, Wu et al. (2017) classificam as questões de nove modelos em cinco áreas de interesse, sendo processos, tecnologias, padronização, organização e pessoas, e quantificam estas questões por área, conforme se observa na Figura 17.

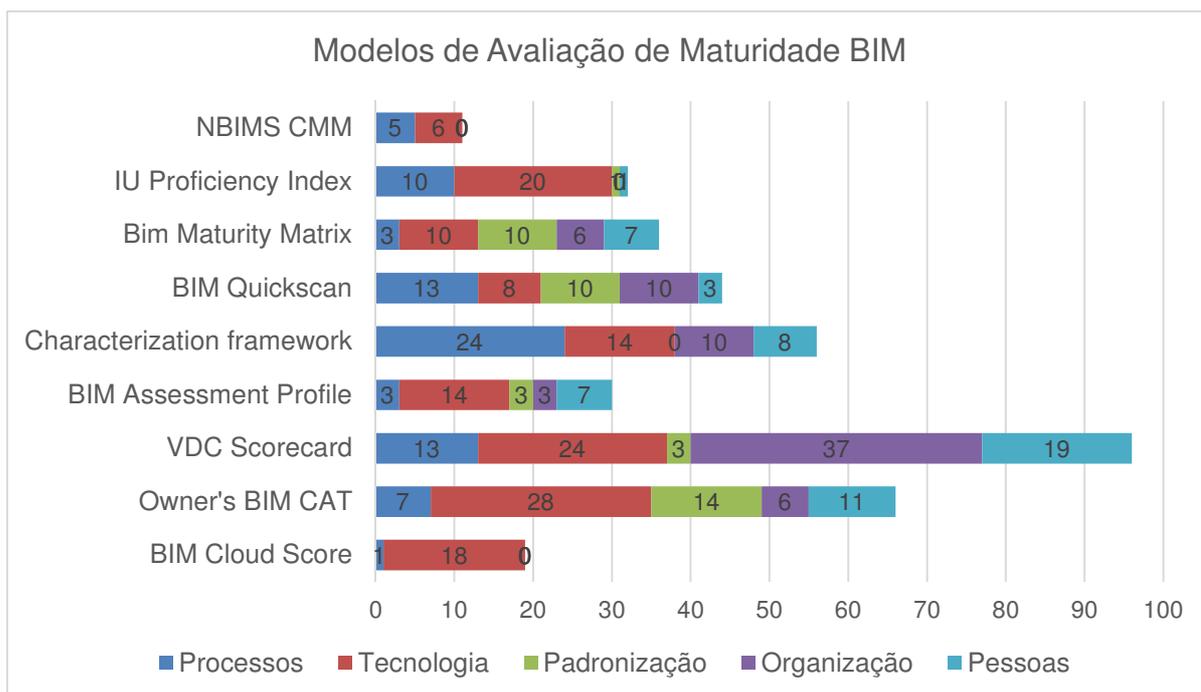


Figura 17 – Comparação das questões dentre as cinco áreas de abrangência
Fonte: Adaptado de Wu et al. (2017).

A Figura 17 demonstra que cada método foca em um aspecto de avaliação diferente. O *BIM Cloud Score*, por exemplo, avalia aspectos técnicos, por somar 18 questões relacionadas à tecnologia, já o *VDC Scorecard* e o *Characterization Framework* focam no valor da maturidade BIM a nível organizacional, pois a maioria das questões estão relacionadas a processos e a organização. O *BIM Maturity Matrix* possui uma distribuição de questões mais uniforme dentre as áreas. Quanto ao modelo mais curto, o *NBIMS CMM* possui 11 questões distribuídas em duas áreas, processos e pessoas, e o *VDC Scorecard* é o mais longo, apresenta 96 questões divididas dentre as cinco áreas (WU et al., 2017).

Os autores Wu et al. (2017) classificam ainda as ferramentas de avaliação em dois grupos com finalidades distintas, sendo o de avaliação interna das organizações, como o *BIM Assessment Profile*, e o outro com a finalidade de avaliação dos envolvidos em projetos, como o *VDC Scorecard*.

Assim, para completar a análise, os oito principais métodos de avaliação de maturidade BIM são compilados e comparados nos Quadros 11, 12 e 13, onde são analisados dados técnicos como o propósito da avaliação e níveis de maturidade, e também os pontos fortes e fracos de cada um deles.

Método Avaliativo	NBIMS CMM	BIM Maturity Matrix	BIM QUICKSCAN®	Organizational BIM Assessment Profile	VDC Scorecard	The Owner's BIM Competency Assessment Tool (BIMCAT)	BIM Cloud Score.	ARUP
Referência / Ano	(NIBS, 2007)	(SUCCAR, 2009)	(SEBASTIAN e VAN BERLO, 2010)	(CIC, 2013)	(KAM et al., 2013 e 2016)	(GIEL e ISSA, 2014 e 2016)	(DU et al., 2014).	(ARUP, 2014) (AZZOUZ et al., 2016)
Desenvolvido por	National Institute of Building Science (NIBS)	Publicações acadêmicas e estrutura conceitual de Bilal Succar	TNO - The Netherlands Organisation for Applied Scientific Research	Pennsylvania State University	CIFE - Centre for Integrated Facility Engineering- Stanford University	Pesquisa PHD - Rinker School of Construction Management, Universidade da Florida (USA) - Brittany Giel e Raja Issa		ARUP
País de Origem	Estados Unidos	Austrália	Holanda	Estados Unidos	Estados Unidos	Estados Unidos	Estados Unidos	Reino Unido
Foco da Avaliação	Modelo	Processo e modelo	Processo e pessoas	Modelo, Processo e pessoas	Modelo, Processo e pessoas	Modelo, Processo e pessoas	Modelo BIM (produto) e Modelagem BIM (processo).	Modelo, Processo e pessoas
O que avalia?	Projetos	Organizações	Organizações	Organizações	Projetos	Organizações	Projetos	Projetos
Como apresenta o resultado	Certificação: Mínimo BIM, prata, ouro ou platinum	Planilha de pontuações dividida em 5 níveis de maturidade; e uma representação gráfica dos conjuntos de competências x passos de implantação BIM	Gráfico Radar	Gráfico Radar	Escala de nível de práticas: Convencional, típica, avançada, melhor, inovativa	Níveis de competência: Não existente, iniciante, gerenciável, definido, quantitativamente gerenciável, otimizado	Através do plugin instalado, gera-se um gráfico de curva de distribuição de probabilidade e resultados tabulares	Gráfico radar geral e para cada disciplina
Descrição Geral	CMM capaz de avaliar a maturidade do processo da empresa no fornecimento de BIM	Medição e melhoria de desempenho BIM	Ferramenta de avaliação comparativa (benchmarking) do BIM	Auto avaliação que fornece orientações ao proprietário da empresa ao implantar BIM.	avaliação de projetos BIM/VDC, e benchmarking da prática do setor	Auto avaliação que fornece orientações ao proprietário da empresa.	Desempenho da avaliação comparativa (benchmarking) BIM	avalia a maturidade da implantação BIM em projetos, baseia-se no BIM Assessment Profile, avalia 8 disciplinas de projeto
Metodologia Avaliativa	Ferramenta auto avaliativa	Ferramenta auto avaliativa	Avaliação feita por consultor especializado ou auto avaliação online	Ferramenta auto avaliativa	Auto avaliação através de plataforma online ou guiada por consultor especializado	Ferramenta auto avaliativa	Análise e monitoramento realizado por software instalado no computador	Ferramenta auto avaliativa

Quadro 11 – Análise das características dos principais métodos de avaliação de maturidade BIM

Fonte: Adaptado de Mahamadu (2017) e WU et al. (2017).

Método Avaliativo	NBIMS CMM	BIM Maturity Matrix	BIM QUICKSCAN®	Organizational BIM Assessment Profile	VDC Scorecard	The Owner's BIM Competency Assessment Tool (BIMCAT)	BIM Cloud Score.	ARUP
Pontos Fortes	<p>Poucas questões;</p> <p>Fácil de implementar;</p> <p>É flexível, os pesos das questões podem ser ajustáveis pelo usuário</p>	<p>Fácil de implementar;</p> <p>Combina conceitos do BIM e de estratégias organizacionais da organização</p> <p>Boa descrição das questões;</p> <p>Estrutura flexível e ajustável para diversas áreas da AEC</p>	<p>Comparação do resultado com a base de dados nacional (benchmarking);</p> <p>Métricas quantitativas;</p> <p>Validação da ferramenta com testes práticos</p>	<p>Auto explicativo, fácil de aplicar</p> <p>Relaciona o BIM com planos estratégicos da organização</p> <p>Ajuda na transição de maturidades do BIM ao fornecer caminhos a seguir</p> <p>Auxilia a implantação do BIM</p>	<p>Maioria de métricas quantitativas</p> <p>Utiliza o "nível de confiança", elevando a qualidade do resultado</p> <p>O escopo de métricas é bastante abrangente</p> <p>Resultado pode ser utilizado para benchmarking</p>	<p>Modelo compilado de outras ferramentas avaliativas;</p> <p>Conjunto de métricas abrangente;</p> <p>Diferencial de ser personalizado para o proprietário</p>	<p>Coleta automática de dados, evita intervenção humana;</p> <p>Número pequeno de questões;</p> <p>Comparação do resultado com uma base de dados nacional (EUA)</p>	<p>Baseado no modelos BIM Assessment profile;</p> <p>Validado em 213 projetos e mais de 1000 resultados;</p> <p>Permite avaliar diversas disciplinas de projeto individualmente;</p> <p>Fácil utilização</p>

Quadro 12 – Análise dos pontos fortes dos principais métodos de avaliação de maturidade BIM
 Fonte: Adaptado de Mahamadu (2017) e WU et al. (2017).

Método Avaliativo	NBIMS CMM	BIM Maturity Matrix	BIM QUICKSCAN®	Organizational BIM Assessment Profile	VDC Scorecard	The Owner's BIM Competency Assessment Tool (BIMCAT)	BIM Cloud Score.	ARUP
Pontos Fracos	<p>Métricas pouco quantitativas e muito subjetivas;</p> <p>Poucas instruções para responder as questões;</p> <p>Não possui função de benchmarking;</p> <p>Foco no desenvolvimento do modelo BIM ao invés de processos da organização;</p> <p>Utiliza o conceito Mínimo BIM, sendo aplicável a empresas que já apresentem este nível mínimo de maturidade</p>	<p>Devido ao nível de granularidade, aumenta a complexidade e o número de questões;</p> <p>Falta de coleta de dados práticos para validação e otimização</p>	<p>Para uma avaliação confiável é necessário contratar consultoria especializada, exige investimento financeiro;</p> <p>A base de dados para avaliação comparativa é europeia, não sendo comparável às organizações brasileiras</p> <p>Auto avaliação difícil e pouco confiável;</p> <p>Questões com mínimas instruções</p>	<p>Aplicação em especial para o proprietário, sendo pouco flexível;</p> <p>Não tem função de benchmarking</p> <p>Falta estudos em campo, estudos empíricos e coleta de dados para validação</p>	<p>Exige base de dados extensa e atualizada</p> <p>Aplicação do modelo express leva 4 horas, grande quantidade de questões</p> <p>Avaliação sem consultor especializado pode levar a resultados imprecisos</p>	<p>Grande quantidade de perguntas;</p> <p>Falta de instruções para responder as questões;</p> <p>Por ser extenso, pouca confiabilidade na qualidade das respostas</p>	<p>Necessita de pré instalação no computador;</p> <p>Pouca flexibilidade;</p> <p>Resultados puramente quantitativos;</p> <p>Ferramenta específica para <i>benchmarking</i>;</p> <p>Falta validação e aplicações práticas</p>	<p>Criado a partir de um contexto específico, que é a organização ARUP;</p> <p>Métricas pouco quantitativas e tendem ao subjetivismo</p>

Quadro 13 – Análise dos pontos fracos dos principais métodos de avaliação de maturidade BIM

Fonte: Adaptado de Mahamadu (2017) e WU et al. (2017).

3 METODOLOGIA

Este capítulo apresenta e detalha os métodos e procedimentos empregados na pesquisa em questão.

3.1 ESTRATÉGIA DE PESQUISA

Para alcançar os objetivos propostos pela pesquisa, foram empregadas as etapas metodológicas e análises detalhadas no esquema da Figura 18.

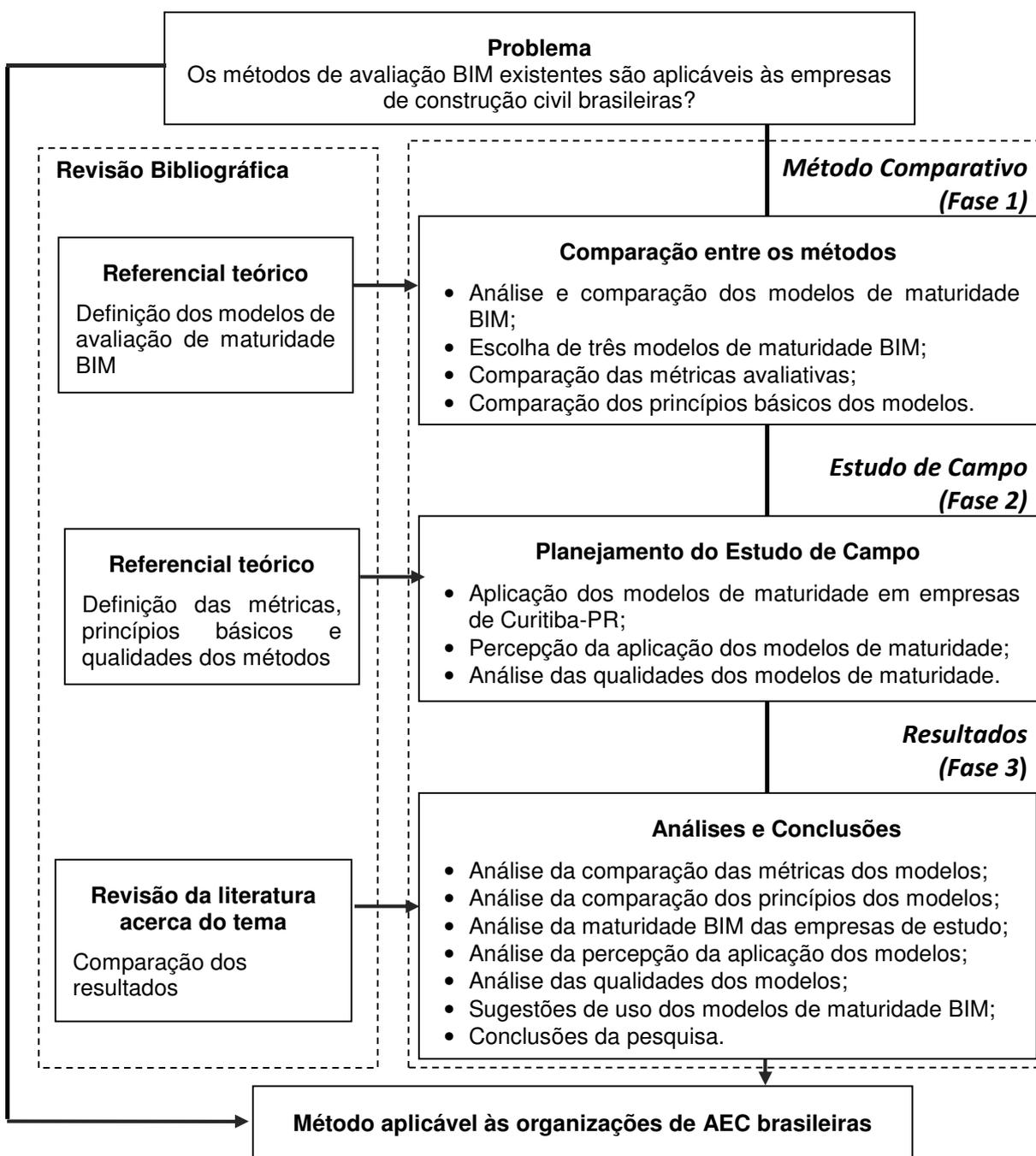


Figura 18 – Estratégia metodológica
Fonte: Autora (2019).

O método de pesquisa foi dividido em duas fases metodológicas e uma de resultados, sendo a primeira fase baseada nos procedimentos de método comparativo, e a segunda fase de estudo de campo. A terceira fase abrange as análises e conclusões, detalhados nos capítulos quatro e cinco.

Na Fase 1, oito métodos de medição de maturidade BIM foram comparados, e três deles foram selecionados para se estudar as estruturas, métricas e abrangências.

A aplicação prática dos métodos em empresas do setor da AEC de Curitiba-PR foi realizada na Fase 2, com o objetivo de testar e analisar a aplicabilidade destas ferramentas no contexto da realidade destas empresas, dado que as metodologias foram concebidas em uma realidade internacional. Assim, por meio destes dois procedimentos, foram identificadas as características das aplicações, a percepção da utilização dos modelos por parte dos entrevistados e pontuadas as qualidades de cada método. A partir dos resultados destas análises, foram indicadas melhores práticas de aplicação de cada modelo, além de sugerir o método mais adequado para a realidade brasileira.

Justifica-se a escolha do método comparativo por este procedimento ser aplicado para apontar semelhanças e diferenças (LAKATOS e MARCONI, 2003) dos modelos de maturidade. O método comparativo é considerado uma “experimentação indireta”, pois permite analisar dados concretos, deduzindo elementos constantes, abstratos e gerais (LAKATOS e MARCONI, 2003). Neste sentido, a partir dos dados concretos das métricas e dos princípios do modelo, são compreendidas as semelhanças e as diferenças de cada método avaliativo.

Já a justificativa para a escolha do procedimento de estudo de campo é a de que se estuda um único grupo em termos de sua estrutura social, evidenciando a interação entre seus componentes (GIL, 2002). No caso da presente pesquisa, o grupo de estudo é o de organizações do setor da AEC de Curitiba-PR que utilizam o BIM, e se analisa a aplicação e a interação dos métodos de avaliação BIM nestas organizações.

No estudo de campo, o grupo é estudado a partir de observações diretas e por meio de entrevistas, questionários e formulários (GIL, 2002; LAKATOS e

MARCONI, 2003). O pesquisador conduz a maior parte do trabalho pessoalmente, pois é importante que exista uma experiência direta com a situação de estudo. Como a pesquisa é desenvolvida no próprio local dos grupos de análise, os resultados costumam ser considerados confiáveis (GIL, 2002).

Ainda, a presente pesquisa é de caráter exploratório, por clarificar conceitos dos modelos de avaliação e de como a aplicação destes modelos se adequam a realidade das empresas de Curitiba-PR, além de formular uma hipótese sobre a aplicabilidade destes métodos na realidade das organizações de AEC brasileiras (LAKATOS e MARCONI, 2003).

Segundo Lakatos e Marconi (2003), o método científico é o hipotético-dedutivo, por partir da premissa de que os métodos de avaliação de maturidade BIM selecionados não são aplicados à realidade das organizações brasileiras.

Existem poucos estudos detalhados sobre os métodos de avaliação de maturidade BIM (WU et al., 2017), além de haver uma falta de conhecimento em torno da implementação de muitas avaliações na prática, fato essencial para tirar as avaliações de maturidade BIM do campo teórico e concentrá-las em um contexto efetivo e prático (AZZOUZ et al., 2016b). Para preencher esta lacuna de pesquisa, os modelos de maturidade foram analisados, selecionados e testados no contexto de empresas do setor de AEC de Curitiba-PR. As etapas metodológicas encontram-se detalhadas nas próximas seções.

3.2 Escolha de Três Modelos de Maturidade BIM

Dentre os oito principais métodos de mensuração de maturidade BIM analisados, optou-se pela escolha de três para serem testados em empresas de AEC em Curitiba-PR.

Baseado nos trabalhos de Khoshgoftar e Osman (2009) e Wu et al. (2017), e a partir das análises da revisão bibliográfica acerca dos modelos de maturidade, foi possível identificar características e critérios que auxiliaram a moldar variáveis que influenciaram na escolha dos três modelos de maturidade. Assim, os oito principais métodos de medição de maturidade BIM foram comparados de acordo com seis variáveis descritas na sequência:

- a) **Guia explicativo:** Manuais, guias ou páginas na *internet* explicativos para auxiliar na aplicação do modelo de maturidade;
- b) **Autoaplicação:** Pode ser aplicado pelo proprietário da própria empresa ou por qualquer pessoa em posição de gerência e que possua conhecimentos em BIM, sem ser necessário a contratação de um consultor;
- c) **Disponibilidade:** Disponível gratuitamente via *web*;
- d) **Autoavaliação:** Objetiva a autoavaliação da organização ou do projeto. O *benchmarking* é um resultado secundário;
- e) **Abrangência:** Envolve os cinco aspectos de medição de maturidade definidos por Wu et al. (2017), processos, tecnologia, padronização, organização e pessoal;
- f) **Adaptável:** A ferramenta pode ser adaptada a diferentes contextos como tipos de organizações do setor de AEC ou diferentes países e localidades.

As variáveis “guia explicativo” e “abrangência” foram adaptadas de Khoshgoftar e Osman (2009) e Wu et al. (2017). Já as demais variáveis foram definidas pela autora, com base nas análises de revisão bibliográfica.

Cada variável equivale a um ponto. Assim os três métodos que somarem mais pontos, ou seja, os que enquadrarem a maior parte das variáveis selecionadas são os selecionados. Assim, o *BIM Maturity Matrix*, o *BIM Assessment Profile* e o *VDC Scorecard* foram os métodos que somaram mais pontos. Os detalhes das pontuações das variáveis encontram-se detalhadas no Capítulo 4.

3.2.1 Comparação das Métricas Avaliativas

Esta etapa visa identificar, compilar e comparar as métricas avaliativas dos três modelos de maturidade BIM selecionados – *BIM Assessment Profile*, *BIM Maturity Matrix* e *VDC Scorecard* – com a finalidade de investigar as igualdades e diferenças, além da abrangência de cada um deles.

A metodologia em questão se baseou no trabalho de WU et al. (2017), no qual foram comparadas as questões de oito métodos avaliativos, e separadas de acordo com cinco áreas de interesse - processos, tecnologia, padronização, organização e recursos humanos - conforme descrito na revisão bibliográfica.

No caso desta pesquisa, as métricas avaliativas foram divididas em três áreas de interesse, sendo tecnologias, processos e pessoas, por serem consideradas os

pilares de uma implantação BIM (GU e LONDON, 2010; ABDI, 2017). Além destes autores, os critérios utilizados para classificar as métricas se baseou nos trabalhos de Succar (2010) e Liang et al. (2016). O conjunto de áreas selecionadas e suas respectivas descrições podem ser observados no Quadro 14.

Área	Descrição
Tecnologias	<p>Representa: Tópicos, atividades e envolvidos relacionados ao desenvolvimento, venda e suporte de <i>software</i>, <i>hardware</i> e sistemas de rede.</p> <p>Métricas relacionadas: Precisão das informações, dados do modelo, garantia e controle da qualidade, segurança e salvamento de dados, necessidades de infraestruturas tecnológicas, elementos BIM, espacial e de coordenação.</p>
Processos	<p>Representa: Tópicos, atividades e envolvidos relacionados à aquisição, projeto, construção, fabricação, operação, gerenciamento e manutenção de instalações; além de orientações, protocolos e estruturas regulatórias.</p> <p>Métricas relacionadas: Análise de incompatibilidades, troca de dados, fluxo de trabalho CAD / BIM, coordenação de modelo interdisciplinar, método de entrega, objetivos do projeto BIM; Interoperabilidade / suporte IFC, entregáveis do projeto, padrões de documentação e modelagem, processo operacional padrão, requisitos de dados BIM e de instalações.</p>
Pessoas	<p>Representa: Envolvidos relacionados às áreas de tecnologias e processos, membros de equipes, gerentes, externos ou internos à organização.</p> <p>Métricas relacionadas: funções e responsabilidades, suporte de gerenciamento, comunicação, treinamento e educação.</p>

Quadro 14 – Classificação das métricas nas três categorias de interesse

Fonte: Adaptado de Gu e London (2010); Succar (2010); Liang et al. (2016) e ABDI (2017).

Depois de compiladas, as métricas de cada um dos métodos foram identificadas e categorizadas em cada uma das áreas de interesse. Na sequência, foram comparadas as características de abrangência, similaridades e diferenças.

3.2.2 Comparação dos Princípios Básicos dos Modelos de Maturidade BIM

Com base no trabalho de Pöppelbuß e Röglinger (2011), os quais criaram uma estrutura de verificações (*checklist*) para auxiliar profissionais e pesquisadores na comparação de modelos de maturidade, conforme já descrito no capítulo de revisão bibliográfica, os três métodos BIM *Assessment Profile*, BIM *Maturity Matrix* e VDC *Scorecard* foram comparados e analisados de acordo com esta estrutura comparativa. A lista de verificações foi traduzida e está disponível para consulta no ANEXO B.

Além de comparar, o objetivo do *checklist* é identificar se a estrutura do modelo avaliativo possui caráter básico, descritivo ou prescritivo. Assim, os três métodos foram submetidos à avaliação para cada uma das perguntas da lista de

verificações, de forma que todas as questões e respostas foram descritas em forma de texto. Por fim, os resultados foram compilados em quadros para comparar a abrangência de cada um dos três métodos.

3.2.3 Aplicação Prática dos Modelos de Maturidade BIM

De maneira geral, a aplicação dos três modelos de maturidade BIM nas organizações de AEC de Curitiba-PR se resume na Figura 19, onde cada etapa é explicada na sequência.

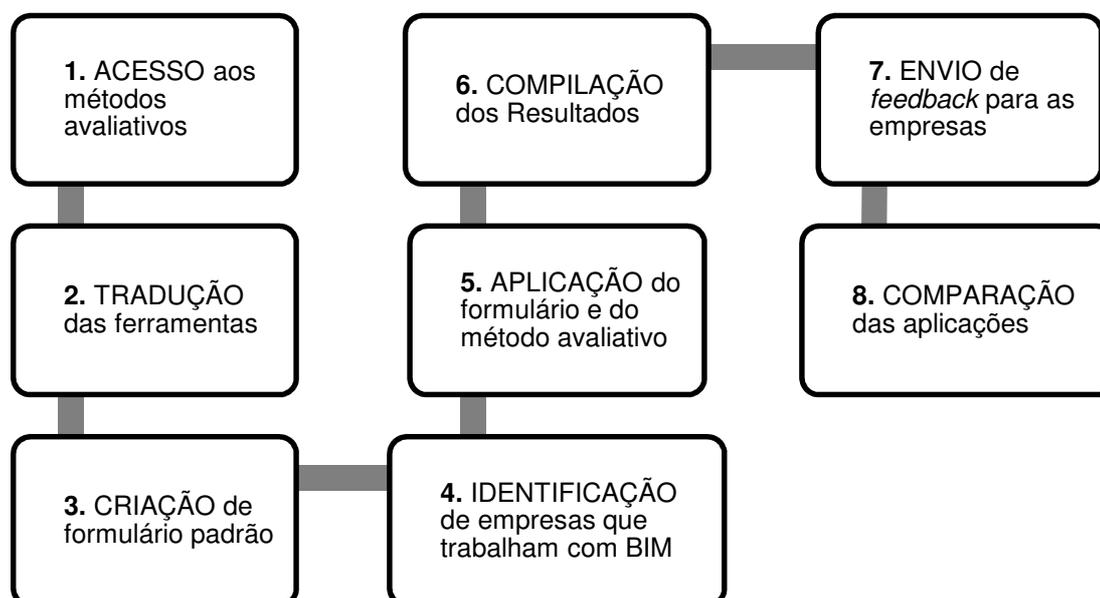


Figura 19 – Etapas de aplicação dos modelos de maturidade BIM nas organizações

Fonte: Autora (2019).

A primeira etapa foi obter acesso na íntegra dos modelos avaliativos. O *BIM Assessment Profile* e o *BIM Maturity Matrix* encontravam-se disponíveis gratuitamente na web³. Já o acesso ao *VDC Scorecard* foi possível devido a cooperação da equipe de suporte da organização americana *Strategic Building Innovation* (SBI) *bimSCORE*, que disponibilizou o acesso à plataforma *online*, além de quatro avaliações gratuitas para os fins da pesquisa⁴.

Quanto a tradução das ferramentas, na etapa dois, o único modelo disponibilizado em mais de um idioma, como alemão, francês e português, foi o BIM

³ O *BIM Assessment Profile* é disponibilizado no link: <https://www.bim.psu.edu/owners_guide/>. E o *BIM Maturity Matrix* pode ser encontrado no link: <<https://bimexcellence.org/wp-content/uploads/301in.PT-Matriz-de-Maturidade-BIM.pdf>>.

⁴ Dentre os serviços de avaliação oferecidos pela organização SBI *bimSCORE*, foi concedido o acesso ao modelo “*ADVICE 024*”, em que cada projeto avaliado custa em torno de mil dólares.

Maturity Matrix. Assim, tanto o *BIM Assessment Profile* quanto o *VDC Scorecard* foram traduzidos para o português para possibilitar um melhor andamento das entrevistas. Ambas as traduções foram validadas por especialistas em BIM.

A etapa seguinte foi a criação de um formulário padrão de entrevista, disponível para consulta no APÊNDICE A. Justifica-se esta etapa pelo fato de que o procedimento de estudo de campo possibilita profundidade à pesquisa e utiliza técnicas de entrevistas para captar explicações e interpretações (GIL, 2002). O modelo do formulário se baseou nas pesquisas de Andreis e Lima (2015) e Santos (2016), ambos estudos de caso brasileiros e com foco no uso do BIM. A utilização do formulário possibilitou um padrão de informações colhidas nas entrevistas, além de que tais informações foram úteis para verificar a veracidade das respostas obtidas nas aplicações dos modelos de maturidade.

O próximo passo, etapa quatro, foi a escolha de empresas do setor de AEC, na cidade de Curitiba-PR, para aplicar as ferramentas avaliativas. Para a seleção, foi estabelecido o critério de que as empresas avaliadas deveriam já ter passado da fase “pré-BIM” de Succar (2010), e estar encaixadas no mínimo no “Estágio 1” de capacidades - Modelagem Baseada no Objeto - também de Succar (2010). Para tanto, foram identificadas nove empresas já conhecidas pela autora.

Para confirmar o nível de capacidade BIM destas organizações, utilizou-se o formulário de entrevista, em que uma das perguntas pedia para que o respondente apontasse, em sua opinião, em qual estágio de capacidades a empresa se encontrava no momento da avaliação.

A quinta etapa foi das aplicações práticas tanto do formulário de entrevista, quanto dos modelos de maturidade BIM. As avaliações foram realizadas dentro do ambiente das organizações, de forma que a autora conduziu todas as entrevistas e questionários. Para a escolha do modelo de maturidade aplicado em cada empresa, verificou-se a disponibilidade de tempo dos respondentes. Assim, em algumas empresas foi possível aplicar mais de um tipo de avaliação.

Em seguida, etapa seis, os resultados obtidos nas entrevistas foram compilados de acordo com cada metodologia. Tanto o *BIM Assessment Profile* quanto o *BIM Maturity Matrix* foram compilados em planilhas eletrônicas, os quais resultaram

em um gráfico radar e um índice de maturidade BIM, respectivamente. Já os resultados do VDC *Scorecard* foram transportados para a plataforma *online bimScore*, onde se obteve o grau de maturidade demonstrado em um gráfico de barras.

Na etapa sete os resultados das avaliações foram enviados para as respectivas organizações, para que estas tivessem a oportunidade de concordar ou discordar do resultado da avaliação.

E, finalmente, a partir de comparações, observações, entrevistas, opiniões dos entrevistados e compilação dos resultados, identificaram-se as facilidades e dificuldades de aplicação de cada uma das ferramentas analisadas.

As próximas seções descrevem o procedimento de avaliação de maturidade BIM de cada ferramenta avaliativa.

3.2.3.1 BIM Assessment Profile

O modelo BIM *Assessment Profile* foi aplicado em três empresas diferentes, A, B e C. Assim como nas demais aplicações, ao início da avaliação foi aplicado o formulário de entrevista, para investigação da empresa. O BIM *Assessment Profile* é uma matriz dividida em seis elementos de planejamento, os quais representam as áreas avaliadas – Estratégias, usos BIM, processo, informação, infraestrutura e pessoal - e seis níveis de maturidade. A avaliação foi realizada duas vezes em cada organização, a primeira para medir o nível atual do BIM, e em seguida para apontar o nível desejado BIM nos próximos seis meses.

Os resultados da avaliação são plotados em um gráfico estilo radar, cujas pontas referem-se às seis categorias de avaliação. Por fim, os resultados de cada categoria são resumidos em uma tabela, onde são demonstrados os níveis atuais e desejados de cada organização e o total de pontos possíveis para cada disciplina.

Com a finalidade de comparar e quantificar as maturidades das empresas, adotou-se a métrica “índice de maturidade”, que não foi criada oficialmente pela metodologia avaliativa, mas, que é simplesmente a razão entre a pontuação total obtida na avaliação pela pontuação total possível.

3.2.3.2 BIM Maturity Matrix

A ferramenta BIM *Maturity Matrix* foi analisada através de aplicações em três empresas distintas, E, F e G. Os resultados foram compilados em figuras simplificadas que representam a matriz avaliativa. A matriz completa, que demonstra cada uma das perguntas, encontra-se no ANEXO A. Cada figura contempla os resultados de cada uma das áreas, as quais são tecnologias, processos e políticas, além dos estágios de maturidade e das escalas organizacionais. Cada linha apresenta uma área-chave com os cinco níveis de maturidade, do “a” ao “e”.

O questionário acompanha um guia de instruções de aplicação recomendados pelo autor da ferramenta, os quais foram seguidos à risca. As principais recomendações são as seguintes:

- a) Para cada questão de Conjunto de Capacidades, como *software* ou *hardware*, deve-se ler todas as alternativas antes de selecionar a célula que melhor descreve o Nível de Maturidade atual da organização;
- b) Use as pontuações recomendadas (10-40) ou, para uma avaliação mais “granular”, use cores para ressaltar o que já foi conseguido até a data da avaliação. Por exemplo, use a **Cor A** se a maturidade descrita dentro da célula não foi atingida até a data. A **Cor B** se a maturidade foi parcialmente atingida, e a **Cor C** se a maturidade descrita foi totalmente atingida;
- c) A maturidade é progressiva, ou seja, nenhuma cor ou pontuação pode ser aplicada em uma célula caso a célula precedente a ela, no caso a célula a esquerda, tenha nenhuma ou parcial maturidade.

No caso das aplicações nas empresas E, F e G, utilizou-se tanto o esquema de cores para estratificar a avaliação, quanto o esquema de pontos. Assim, quando a maturidade descrita foi totalmente atingida, a célula foi destacada pela **Cor C** e ainda atingiu a pontuação máxima. No caso de atingir maturidade parcial, foi destacada pela **Cor B**, e alcançou metade da pontuação. Por fim, no caso de a maturidade descrita não ter sido atingida, a célula foi destacada pela **Cor A** e não levou pontuação.

Outra recomendação do autor é de que a questão relacionada aos estágios de capacidade fosse realizada apenas para um dos estágios (1, 2 ou 3). Assim, no caso do presente estudo, escolheu-se avaliar as três organizações no “Estágio 2” para

equiparar as comparações. Da mesma forma, para as questões de escala organizacional, foi recomendado que apenas uma das escalas fosse respondida (micro, meso ou macro). Neste caso, devido às diferentes atuações das empresas, a organização E foi avaliada a nível “meso”, por trabalhar com diferentes equipes de projeto, e as organizações F e G a nível “micro”, por serem menores e não possuírem, atualmente, diferentes equipes.

Os resultados obtidos em cada organização foram transplantados para um gráfico de capacidades *versus* maturidade, pois segundo Succar (2010), representações gráficas permitem comparações visuais entre organizações ou contra uma média geral do setor, além de ajudar a explicar resultados de avaliações aparentemente complexos.

Após a compilação dos resultados, foram somados os pontos e calculado o grau de maturidade BIM, que é a divisão do total de pontos obtidos pela empresa por doze, a quantidade total de perguntas, sendo três de tecnologia, quatro de processos, três de políticas, uma de estágio de maturidade e uma de escala organizacional. Na sequência, foi calculado o índice de maturidade, que é o grau de maturidade dividido por 50, o total máximo de pontos que pode ser obtido do grau de maturidade (SUCCAR, 2010), conforme demonstrado no Quadro 15. O índice é dividido em seis níveis, cada qual corresponde a um estágio de maturidade, como demonstrado na revisão bibliográfica.

Grau de Maturidade (GM)	Índice de Maturidade (IM)
$GM = \frac{\text{Total de Pontos}}{12}$	$IM = \frac{GM}{50}$

Quadro 15 – Demonstração dos cálculos de Grau de Maturidade e Índice de Maturidade
Fonte: Adaptado de Succar (2010).

Ainda, como existem quatro ferramentas com “níveis de granularidade” diferentes, no caso do presente estudo foi utilizada a ferramenta de nível de granularidade 1 (GL1), “Discovery”. Tal escolha é explicada pelo fato de que as avaliações de GL 3 e 4 só são aplicadas por consultores, e a avaliação de GL 2, ainda está em fase de desenvolvimento.

3.2.3.3 VDC Scorecard

Após obter o acesso ao VDC *Scorecard*, disponibilizado pela equipe da organização norte americana SBI *bimSCORE*, o método foi traduzido e documentado em uma planilha eletrônica para a aplicação das questões nas empresas.

O modelo objetiva a avaliação de equipes e de processos de projetos BIM. Assim, quatro projetos foram avaliados, sendo o Projeto 1, o qual apenas a equipe da empresa B foi entrevistada, Projetos 2 e 3, ambos com equipes das empresas C, D e E, e o Projeto 4, avaliado pelas equipes das empresas H e I.

O VDC *Scorecard* é composto por dois conjuntos de questões. O primeiro é de questões básicas sobre o empreendimento, como tipo de instalação, fase atual do projeto e tipo de contrato, cujas respostas estão demonstradas em quadros em cada um dos projetos avaliados no capítulo quatro. Além destas questões, também foram exigidos dados como endereço, área e orçamento do projeto, que não foram divulgados por um critério de sigilo. Estas informações foram imprescindíveis para a transcrição dos resultados do questionário na plataforma SBI *bimSCORE*, pois sem preencher estas questões, o sistema não habilitava a continuidade da avaliação.

A outra parte da avaliação é composta por questões técnicas relacionadas ao BIM, como a disponibilidade de objetivos, existência de um plano de execução, e os usos do BIM no projeto. Caso a organização não soubesse responder alguma dessas questões, era possível deixá-las em aberto, porém, a omissão de respostas diminuiria a pontuação do resultado geral. Desta forma, dentre os quatro projetos avaliados, todas as questões foram respondidas. Para isso, as avaliações necessitaram, algumas vezes, de respostas específicas dos envolvidos nas diferentes disciplinas de projeto. Nos Projetos 2 e 3 foi necessário realizar mais de uma reunião para completar as avaliações. No caso do Projeto 1, como a empresa entrevistada foi a consultora BIM e mantinha contato com todos os envolvidos, as respostas puderam ser sanadas apenas em uma reunião, e no Projeto 4, foi possível reunir construtora e consultora BIM em uma única entrevista.

Após as entrevistas e aplicações dos modelos de maturidade nas empresas, as respostas foram transferidas para a plataforma virtual SBI *bimSCORE*, que

calculou automaticamente o resultado da avaliação e forneceu este resultado em um gráfico de maturidade por área organizacional.

O gráfico é demonstrado em formato de barras, e apresenta o resultado geral de maturidade em uma escala de 0 a 100% distribuídos em cinco níveis de maturidade. Este resultado é uma média ponderada das quatro áreas de interesse, as quais representam pesos diferentes, sendo Planejamento (20%), Adoção (20%), Tecnologia (25%) e Desempenho (35%). Os resultados das áreas de interesse também são calculados pela média ponderada, pois, da mesma maneira, dividem-se em subáreas que possuem pesos diferentes (KAM et al., 2013), conforme já descrito na revisão bibliográfica e demonstrado na Figura 15.

Além disso, outro resultado da avaliação é o “nível de confiança”. Segundo Kam (2017) tal resultado indica a precisão das pontuações a partir de um meio estruturado e consistente de acompanhar como as informações foram coletadas para um projeto específico. No caso da pesquisa em questão, porém, como não foi realizado um treinamento presencial da autora da pesquisa com a equipe de suporte da SBI *bimSCORE* para a aplicação do modelo avaliativo, este nível de confiança foi padronizado em 16% para os quatro projetos da presente pesquisa.

A plataforma dispôs, ainda, de uma equipe de suporte encarregada de esclarecer dúvidas sobre o modelo de avaliação, a aplicação nas organizações, a utilização do questionário *online* e como gerar os resultados.

3.2.3.4 Percepção das aplicações dos modelos de maturidade nas organizações

Ao final de cada avaliação foi realizada uma pesquisa de opinião com os entrevistados sobre a avaliação de maturidade BIM com base na Escala *Likert*. Foram aplicadas três questões, a primeira delas questiona a necessidade da avaliação do BIM, e as outras duas perguntas verificam a facilidade em responder a avaliação e se os questionamentos foram condizentes com a realidade das empresas. A escala de respostas se inicia no (1), representando o nível mais baixo da escala *Likert* e termina no (5), que representa o nível mais alto.

As perguntas realizadas e as escalas estão demonstradas no Quadro 16.

Pergunta Escala <i>Likert</i>	1	2	3	4	5
Qual a necessidade de avaliar a maturidade BIM?	Muito pouca	Pouca	Irrelevante	Necessária	Muito Necessária
Como você avalia a facilidade de responder a avaliação?	Muito Difícil	Difícil	Médio	Fácil	Muito Fácil
Você achou os questionamentos condizentes com a realidade da empresa?	Muito Pouco Condizente	Pouco Condizente	Médio	Condizente	Muito Condizente

Quadro 16 – Pesquisa de opinião sobre as avaliações de maturidade BIM nas organizações
 Fonte: Autora (2019).

3.2.4 Análise das Qualidades dos Modelos Avaliativos

A partir dos resultados obtidos nas análises das métricas avaliativas, nas comparações do princípios básicos do modelo e nas aplicações dos métodos nas nove organizações, foi possível ressaltar as qualidades dos três modelos de maturidade conforme os trabalhos de Moody e Shanks (1994) e Wu et al. (2017), de acordo com os critérios de simplicidade, abrangência, flexibilidade, compreensibilidade e implementabilidade, descritos na revisão bibliográfica.

As qualidades foram analisadas de acordo com uma escala *Likert* de zero (0) a cinco (5), onde zero representa a inexistência da qualidade e o nível cinco representa o nível ótimo. Por fim, as qualidades de cada modelo foram plotadas em um gráfico estilo radar, para representar as características de cada um deles.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados os resultados e análises obtidos nas fases 1 e 2 da etapa metodológica.

Os resultados da fase 1 abrangem o resultado da seleção de três modelos de maturidade BIM. Foram comparadas as métricas e os princípios básicos de cada modelo.

Já os resultados da fase 2 contemplam as aplicações dos modelos de maturidade em empresas de construção civil de Curitiba-PR, em que foram analisadas as particularidades de cada uma das metodologias, as percepções por parte dos participantes e as qualidades dos modelos. Após análises dos resultados, sugeriu-se uma metodologia de avaliação de maturidade apta ao contexto das organizações brasileiras.

4.1 Escolha de Três Modelos de Maturidade BIM

Os oito principais modelos de maturidade BIM foram comparados de acordo com seis variáveis, Quadro 17, com a finalidade de escolher três para serem testados na prática em empresas de AEC em Curitiba-PR.

Método Avaliativo	NBIMS CMM	BIM Maturity Matrix	BIM QUICKSCAN®	BIM Assessment Profile	VDC Scorecard	BIMCAT	BIM Cloud Score	ARUP
Autor, ano	(NIBS, 2007)	(SUCCAR, 2009)	(SEBASTIAN e VAN BERLO, 2010)	(CIC, 2013)	(KAM et al., 2013 e 2016)	(GIEL e ISSA, 2014 e 2016)	(DU et al., 2014).	(ARUP, 2014) (AZZOUZ et al., 2016)
Guia Explicativo	•	•		•	•			
Autoaplicação	•	•	•	•		•	•	•
Disponibilidade	•	•	•	•	•			•
Autoavaliação	•	•		•	•	•		•
Abrangência		•	•	•	•	•		•
Adaptável		•		•	•			
Total de Pontos	4	6	3	6	5	3	1	4

Quadro 17 – Comparação dos modelos de maturidade BIM de acordo com variáveis selecionadas
Fonte: Autora (2019).

Cada variável corresponde a um ponto. Assim, analisando-se o Quadro 17, verifica-se que os métodos que somaram mais pontos foram o *BIM Maturity Matrix*, o *BIM Assessment Profile* e o *VDC Scorecard*. Tanto o *BIM Maturity Matrix* quanto o *BIM Assessment Profile* se encaixaram nas seis variáveis, já o *VDC Scorecard* somou cinco pontos, não se encaixando apenas no item “autoaplicação”, pois é recomendado que a avaliação seja aplicada por um consultor especializado.

As pontuações se justificam a partir da análise da revisão bibliográfica, da comparação dos Quadros 11, 12 e 13 da seção 2.6, e da observação e experimentação direta de cada uma das ferramentas. Assim, segue um resumo das principais características dos métodos avaliativos.

O primeiro modelo de maturidade, o *National BIM Standard's Capability Maturity Model* (NBIMS CMM), avalia o desenvolvimento do modelo BIM ao invés da maturidade ou competência dos processos. Além disso, utiliza o conceito do "Mínimo BIM", de forma que a avaliação só pode ser aplicada em empresas que já possuem um grau de maturidade BIM definido. Assim sendo, a aplicação deste método na

realidade das empresas brasileiras pode ser limitada, já que a maioria das organizações tendem a estar no nível de implantação, conforme revisão da literatura.

O método *BIM Maturity Matrix* possui a mesma base de avaliação do NBIMS CMM, porém é mais recente, mais completo e objetiva avaliar a maturidade dos processos organizacionais, além do desenvolvimento do modelo. Há diversas publicações de artigos e trabalhos acadêmicos sobre a utilização da ferramenta, além de que o autor disponibiliza no próprio *website* - o "*BIM Excellence*" - versões traduzidas do método em diferentes idiomas, inclusive em português.

O *BIM Quickscan*® é uma ferramenta abrangente, pois mede desde critérios organizacionais e culturais quanto de tecnologia. Porém a avaliação apresenta resultados mais conclusivos ao ser conduzido por consultores especializados, o que exige investimentos financeiros, além de ter sido criado especificamente para o contexto dos Países Baixos. Por fim, o resultado principal é uma avaliação comparativa (*benchmarking*).

O *BIM Assessment Profile* é uma matriz de interface simples e faz parte do "*BIM Planning Guide for Facility Owners*", guia que explica em detalhes a aplicação do método, além de ser disponibilizado gratuitamente. Foca na avaliação das organizações, específico para incorporadoras, mas facilmente adaptável à outras organizações da AEC, além de fornecer um passo a passo para a implantação e manutenção do BIM.

Por objetivar a avaliação do projeto, o *VDC Scorecard* possui uma abordagem diferente dos demais métodos. É uma das ferramentas mais completas, pois possui 56 métricas avaliativas e abrange cinco categorias de avaliação, sendo estas processo, tecnologia, padronização, organização e pessoas. Apesar de ter sido desenvolvido na realidade dos Estados Unidos, já foi testado em países europeus com resultados positivos de aplicação (GIEL e ISSA, 2016), e recentemente testado em estudos no Brasil, na cidade de Curitiba-PR (BRITTO et al., 2015).

O *Owner's BIM CAT* é uma ferramenta completa, já que é um compilado de seis modelos de maturidade - NBIMS CMM, *BIM Maturity Matrix*, *BIM Quickscan*®, *BIM Proficiency Matrix*, *VDC Scorecard*, e *CIC Research Program's Owner's Maturity*

Matrix – porém, é uma ferramenta complexa. Além de ser longa, é difícil de aplicar por não ser autoexplicativa e não possuir guias ou manuais de instrução.

Quanto ao *BIM Cloud Score*, esta é uma ferramenta criada especificamente para o *benchmarking*, além de avaliar técnicas do modelo BIM, e necessitar de instalação de uma extensão no *software* utilizado pela organização. Ainda não possui verificação prática e validações em estudos de caso.

Por fim, a ferramenta desenvolvida pela organização ARUP, *BIM Maturity Measure*, é considerada uma readequação do *BIM Assessment Profile*, pois possui o mesmo formato avaliativo, mesmas questões, porém com planilhas avaliativas diferenciadas por disciplina de projeto.

Assim, justifica-se a escolha dos métodos *BIM Assessment Profile*, *BIM Maturity Matrix* e *VDC Scorecard*.

4.2 COMPARAÇÃO DAS MÉTRICAS AVALIATIVAS

As métricas dos três modelos de maturidade foram identificadas, categorizadas e comparadas de acordo com as áreas de interesse tecnologias, processos e pessoas. No Quadro 18 encontram-se as métricas relacionadas a área de tecnologias.

Área: Tecnologias	
Modelo de Mensuração de Maturidade	Métricas
BIM Assessment Profile	Programa de atualização contínua de <i>hardware</i> , <i>software</i> e espaço físico; Arquivamento do “ <i>as-built</i> ” para uso nas fases de operação e manutenção.
BIM Maturity Matrix	Atualização de <i>hardware</i> e <i>software</i> alinhados ao planejamento estratégico da empresa; Preparação para o armazenamento do modelo; Grau de compartilhamento de dados em rede (interna ou nuvem); O quanto o ambiente físico afeta a produtividade da organização.
VDC Scorecard	Disponibilidade de recursos técnicos e organizacionais para alcançar os objetivos BIM (<i>Hardware</i> , <i>software</i> , sistema de compartilhamento, banco de dados de gerenciamento, aplicativos).

Quadro 18 – Métricas relacionadas à área de tecnologia
Fonte: Autora (2019).

No Quadro 19, as métricas relacionadas à área de tecnologias foram compiladas para melhor compreensão da abrangência de cada modelo.

Comparação Métricas Tecnologias			
Métricas	BIM Assessment Profile	BIM Maturity Matrix	VDC Scorecard
Disponibilidade e atualização de <i>hardware</i> / espaço físico	✓	✓	✓
Disponibilidade e atualização de <i>software</i>	✓	✓	✓
Criação / Arquivamento do modelo ou do <i>as-built</i>	✓	✓	
Compartilhamento de dados em rede		✓	✓
Soma	3	4	3

Quadro 19 – Comparação das métricas relacionadas à área de tecnologia
Fonte: Autora (2019).

Analisando-se os dois quadros, 18 e 19, observa-se que de maneira geral, os três métodos abrangem as principais questões relacionadas à infraestrutura necessária para um ambiente BIM, que se referem à *hardware*, *software* e rede. As métricas do *BIM Assessment Profile* e do *BIM Maturity Matrix* estão ligadas diretamente às estratégias de implementação do BIM e da organização, e medem os passos para atualizações contínuas. Já o *VDC Scorecard* relaciona às métricas de tecnologia aos objetivos BIM, o que obriga a organização a ter estes objetivos bem definidos.

As métricas relacionadas à área de processos podem ser observadas no Quadro 20.

Área: Processos	
Modelo de Mensuração de Maturidade	Métricas
BIM Assessment Profile	<p>Existência de visão e objetivos BIM;</p> <p>Grau de alinhamento da missão e metas organizacionais com o BIM;</p> <p>Grau de documentação de processos de projeto BIM internos e externos;</p> <p>Adoção de estruturas de divisão do elemento;</p> <p>Padronização dos Níveis de Desenvolvimento (ND);</p> <p>Padronização das informações entregues;</p> <p>Grau de uso do BIM nas diferentes fases do projeto.</p>
BIM Maturity Matrix	<p>Controle da documentação das trocas e interoperabilidades;</p> <p>Alinhamento de objetivos e competências com os valores da empresa;</p> <p>Diretrizes BIM integradas às estratégias organizacionais;</p> <p>Grau de adoção da estrutura de divisão de elementos;</p> <p>Adesão contínua a regulamentos, padronizações e códigos;</p> <p>Grau de atualização do plano de execução BIM;</p> <p>Disponibilidade de modelo contratual com distribuição de responsabilidades, recompensas e riscos.</p>
VDC Scorecard	<p>Formalização dos objetivos BIM, quantidade de objetivos qualitativos e quantitativos;</p> <p>Nível de abrangência de um plano de execução BIM;</p> <p>Quantidade de sistemas ou componentes modelados;</p> <p>Tipos de formato de arquivo utilizado para interoperabilidade;</p> <p>Nível de perda de informações;</p> <p>Definição de entregáveis de acordo com os usos do BIM;</p> <p>Grau de adoção dos NDs por fase de projeto;</p> <p>Frequência de melhorias dos processos BIM;</p> <p>Quantidade de benefícios BIM suportados quantitativamente;</p> <p>Relação do custo benefício do BIM;</p> <p>Como são os procedimentos de reuniões de coordenação BIM.</p>

Quadro 20 – Métricas relacionadas à área de processos

Fonte: Autora (2019).

Já no Quadro 21 se observa a relação das métricas de processos entre os três modelos de maturidade.

Comparação Métricas Processos			
Métricas	BIM Assessment Profile	BIM Maturity Matrix	VDC Scorecard
Grau de documentação de processos de projeto BIM internos e externos	✓		
Usos do BIM	✓		✓
Relação do custo benefício do BIM.			✓
Existência de visão e objetivos BIM	✓	✓	✓
Missão e metas organizacionais alinhadas ao BIM	✓	✓	
Adoção de estruturas de divisão do elemento	✓	✓	
Padronização das informações entregues	✓		
Padronização dos Níveis de Desenvolvimento (ND)	✓		✓
Modelo contratual com distribuição de responsabilidades, recompensas e riscos		✓	
Adesão contínua a regulamentos e códigos		✓	
Nível de abrangência de um plano de execução BIM			✓
Tipos de formato de arquivo utilizado para interoperabilidade / controle das trocas e interoperabilidades		✓	✓
Quantidade de sistemas ou componentes modelados			✓
Nível de perda de informações			✓
Frequência de melhorias dos processos BIM			✓
Quantidade de benefícios BIM suportados quantitativamente			✓
Como são os procedimentos de reuniões de coordenação BIM			✓
Soma	7	6	11

Quadro 21 – Comparação das métricas relacionadas à área de processos
Fonte: Autora (2019).

Ao se analisar os quadros 20 e 21, observa-se que a maior quantidade de métricas encontra-se alocada na área de processos. Nesta área, há métricas relacionadas à processos organizacionais, como “missão e metas organizacionais alinhadas ao objetivo BIM”, compreendida nos modelos *BIM Assessment Profile* e *BIM Maturity Matrix*; contratuais, medido pelo *BIM Maturity Matrix*, e que avalia a distribuição de riscos e recompensas; de padronização, como adoção dos Níveis de

Desenvolvimento (ND) ou de estruturas de elemento; e de processos BIM, como os usos BIM, medido pelo *BIM Assessment Profile* e *VDC Scorecard*.

Observa-se também que as métricas são heterogêneas, de modo que cada modelo foca em um tipo de avaliação. O *BIM Assessment Profile* destaca os processos organizacionais e de padronização de processos BIM. O *VDC Scorecard*, por avaliar equipes de projeto, foca nos processos técnicos, como o grau de detalhamento de um plano de execução BIM, nível de perda de informações e quantidade de sistemas modelados. Já o *BIM Maturity Matrix* equilibra questões relacionadas tanto à organização quanto ao projeto, ao medir o grau de integração das “diretrizes BIM com os objetivos organizacionais” e o “alinhamento de objetivos e competências BIM com os valores da empresa”.

As métricas referentes à área de pessoas estão relacionadas no Quadro 22.

Área: Pessoas	
Modelo de Mensuração de Maturidade	Métricas
BIM Assessment Profile	Grau de existência de papéis e responsabilidades BIM; Distribuição de responsabilidades BIM entre equipes e setores; Existência de programas educacionais e de treinamentos; Definição de um líder e de um comitê BIM; Nível de suporte gerencial ao BIM; Grau de preparação para mudanças.
BIM Maturity Matrix	Nível de gestão do conhecimento; Grau de disponibilidade e da frequência de treinamentos; Internalização da visão BIM.
VDC Scorecard	Grau de envolvimento das partes tanto no projeto quanto no BIM; Recursos organizacionais que facilitem os objetivos BIM (Treinamentos, líder BIM, suporte, consultoria BIM, reuniões e eventos); Grau da gestão do conhecimento.

Quadro 22 – Métricas relacionadas à área de pessoas
Fonte: Autora (2019).

A comparação das métricas relacionadas à área de pessoas pode ser observada no Quadro 23.

Comparação Métricas Pessoas			
Métricas	BIM Assessment Profile	BIM Maturity Matrix	VDC Scorecard
Distribuição de responsabilidades BIM entre equipes e setores	✓		
Definição de um líder e de um comitê BIM	✓		✓
Grau de preparação para mudanças / Internalização da visão BIM	✓	✓	
Gestão do conhecimento		✓	✓
Nível de suporte gerencial ao BIM	✓		
Papeis e responsabilidades BIM	✓		
Existência de programas educacionais e de treinamentos	✓	✓	✓
Grau de envolvimento das partes tanto no projeto quanto no BIM			✓
Soma	6	3	4

Quadro 23 – Comparação das métricas relacionadas à área de pessoas
Fonte: Autora (2019).

Analisando-se os quadros 22 e 23, observa-se que os três modelos avaliam a capacitação das equipes. Além das métricas relacionadas a treinamentos, o *BIM Assessment Profile* também considera o nível do suporte gerencial, que é considerado um dos fatores de sucesso mais importantes em uma implementação de BIM (OZORHON e KARAHAN, 2017) e o grau de preparação para mudanças, que mede o grau de flexibilidade da equipe frente a transformações (ABDI, 2017). O *BIM Maturity Matrix* e o *VDC Scorecard* incluem a avaliação da gestão do conhecimento, que segundo Ozorhon e Karahan (2017) é um item essencial para que lições aprendidas em projetos anteriores sejam repassadas para os novos projetos, o que propicia a difusão das inovações.

A Figura 20 demonstra a quantidade de métricas por área de avaliação. A figura não representa o total de questões de cada método, pois algumas métricas abrangem mais de uma questão, como é o caso da métrica da área de pessoas que engloba questões de treinamentos e educação em uma métrica única.

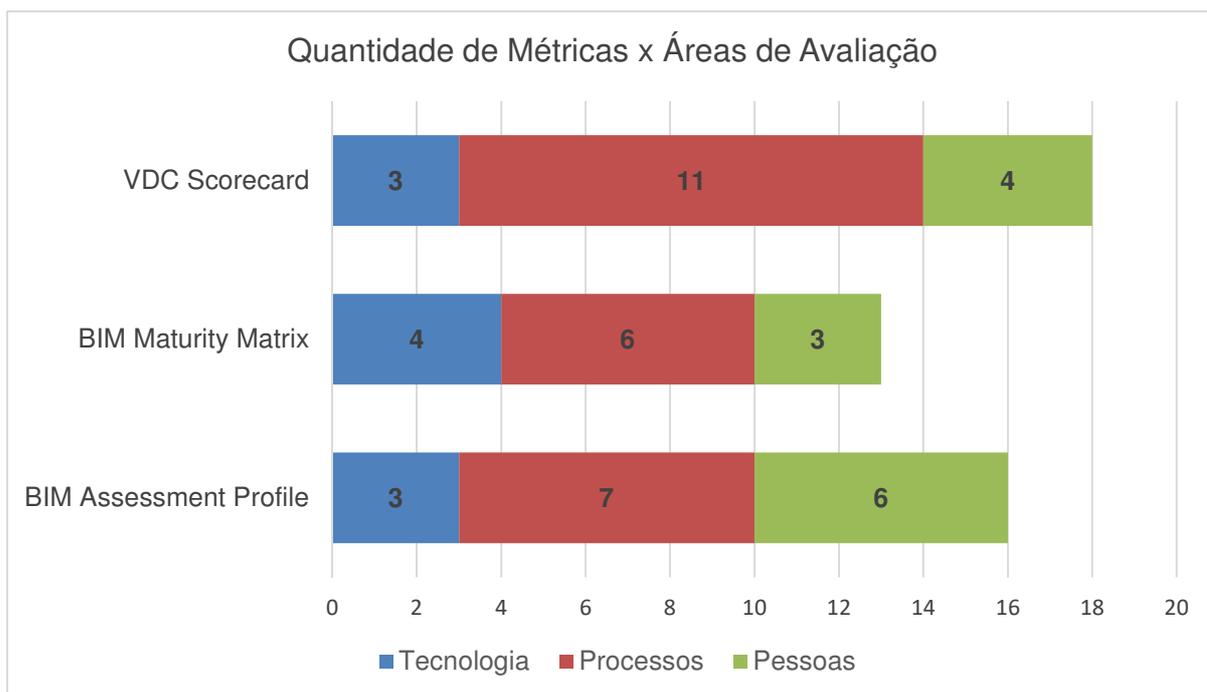


Figura 20 – Quantidade de métricas por área de avaliação
Fonte: Autora (2019).

Com base na Figura 20, observa-se que nos três métodos a maior parte das questões avalia aspectos processuais, e isso pode ser explicado pela ampla gama de temas que estas métricas medem. O *BIM Assessment Profile* e o *VDC Scorecard* medem, em segundo lugar características relacionadas a pessoas e por último questões de tecnologia. Já o *BIM Maturity Matrix*, que possui um equilíbrio na distribuição das métricas, avalia em segundo lugar a tecnologia e por último, pessoas.

Assim, pode-se dizer que as questões processuais representam em torno de 61% do *VDC Scorecard*, 46% do *BIM Maturity Matrix*, e 44% do *BIM Assessment Profile*.

4.3 COMPARAÇÃO DOS PRINCÍPIOS BÁSICOS DOS MODELOS DE MATURIDADE

As aplicações do *checklist* de Pöppelbuß e Röglinger (2011) nos três modelos de maturidade BIM em análise – *BIM Assessment Profile*, *BIM Maturity Matrix* e *VDC Scorecard* – seguem descritas nas próximas seções, as quais foram divididas de acordo com os conjuntos de questões do *checklist*, sendo de caráter básico, descritivo e prescritivo.

4.3.1 Avaliação das Informações de Caráter Básico dos Modelos de Maturidade

A primeira etapa do questionário analisa a disponibilidade de informações consideradas básicas para um modelo de maturidade. Assim, as questões do *checklist* e as respostas para os três modelos analisados estão descritos na sequência.

a) Informações Básicas

Questões de caráter básico, relacionadas ao domínio de aplicação dos questionários, finalidade de uso, grupo alvo e definições.

i. Domínio da aplicabilidade e pré-requisito para aplicabilidade

Não são estabelecidos pré-requisitos para a aplicação tanto do BIM *Assessment Profile* quanto do VDC *Scorecard*. Já o BIM *Maturity Matrix* deve ser utilizado em empresas que já tenham passado do estágio de capacidade “pré-BIM”.

ii. Finalidade de uso

O BIM *Assessment Profile* permite avaliar a organização para determinar áreas de foco para futura implementação de novos processos e tecnologias do BIM (CIC, 2013).

O BIM *Maturity Matrix* é uma ferramenta de conhecimento para identificar a maturidade BIM de uma organização ou de uma equipe de projeto (SUCCAR, 2010).

Já o VDC *Scorecard* foi criado para fornecer aos profissionais de AEC uma abordagem holística, quantitativa, prática e adaptativa para avaliar e acompanhar o desempenho do BIM/VDC de um projeto (KAM, 2013).

iii. Grupo alvo

O BIM *Assessment Profile* é direcionado para as empresas incorporadoras, juntamente com projetistas, contratados, operadores e consultores (CIC, 2013).

O método BIM *Maturity Matrix* pode ser igualmente utilizado por todas as partes interessadas da AECO e em todas as fases do ciclo de vida do projeto (SUCCAR, 2010).

Por fim, o *VDC Scorecard* avalia as equipes de projeto do setor da AEC (KAM, 2013).

iv. Classe de entidades sob investigação

As ferramentas *BIM Assessment Profile* e *BIM Maturity Matrix* enfatizam a classe da indústria de Arquitetura, Engenharia, Construção e Operações (AECO), já o *VDC Scorecard*, define o setor de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC).

v. Diferenciação de modelos de maturidade relacionados

O *BIM Assessment Profile* é uma avaliação que faz parte do guia “*BIM Planning Guide for Facility Owners*”, o qual apresenta uma estrutura com três procedimentos de planejamento, sendo os quais planejamento estratégico, planejamento de implantação e planejamento de aquisições. O primeiro avalia as condições organizacionais existentes; o segundo desenvolve um plano detalhado de implantação BIM e o terceiro identifica os principais problemas a serem considerados ao criar os requisitos do contrato BIM. Assim, a avaliação engloba estes três aspectos, e em conjunto com o guia, fornece passos de implantação e desenvolvimento do BIM.

Quanto ao diferencial do *BIM Maturity Matrix*, é que este é mais completo por apresentar quatro níveis de “granularidade”, além de possuir a versatilidade de ser aplicado tanto a partir de uma autoavaliação, onde se obtém uma análise simples, quanto de se aplicar via consultoria e garantir uma avaliação detalhada. Além disso, faz parte de uma série de pesquisas e documentos que embasam o método, como os estágios de capacidades, conjuntos de competências, níveis de maturidade e escalas organizacionais.

Por fim, o *VDC Scorecard*, comparado aos demais métodos, apresenta uma estrutura de avaliação que inclui os componentes de planejamento e desempenho, que possibilita obter uma visão holística de todos os componentes organizacionais inter-relacionados. Além do mais, é o único método que avalia especificamente uma equipe de projeto.

vi. Processo de projeto e extensão da validação empírica

O método *BIM Assessment Profile* não apresenta uma explicação específica do processo de criação e de como foram criadas e validadas as perguntas ou níveis

de maturidade, assim como não existem publicações relacionadas a testes e validações da ferramenta.

Da mesma forma, o *BIM Maturity Matrix* não apresenta publicações de testes e validações da avaliação, porém são identificadas as estruturas e modelos que influenciaram a criação da ferramenta.

Já o *VDC Scorecard* foi validado ao avaliar 108 projetos e foi aplicado mais de 150 vezes até 2012. Assim, a ferramenta foi lançada oficialmente em 2013.

b) Definição de constructos centrais relacionados à maturidade e maturação.

Ainda no conjunto de questões relacionadas à informações básicas, as próximas perguntas e respostas estão relacionadas com a definição de constructos centrais relacionados à maturidade e maturação.

i. Maturidade e dimensões de maturidade

No método *BIM Assessment Profile* a maturidade BIM da organização é medida através de seis elementos de planejamento, os quais são processos, informação, estratégia, infraestrutura, uso do BIM e pessoal. Não há subníveis de dimensões de maturidade.

As áreas de maturidade medidas pelo *BIM Maturity Matrix* são tecnologias, processos e políticas, e o *VDC Scorecard* é dividido em quatro áreas, sendo planejamento, adoção, tecnologia e desempenho, de forma que estas quatro áreas possuem ainda dez divisões.

ii. Níveis de maturidade e caminhos de maturação

O *BIM Assessment Profile* apresenta seis níveis de maturidade os quais são, não existente (0), inicial (1), gerenciado (2), definido (3), gerenciado quantitativamente (4) e otimizado (5), baseado na escala de níveis do *Capability Maturity Model (CMM)*.

Já o *BIM Maturity Matrix* compreende cinco níveis de maturidade, e também se baseia na escala do modelo CMM. Os níveis são definidos como inicial, definido, gerenciado, integrado e otimizado e as pontuações vão do zero ao 50. Quanto ao *VDC Scorecard*, também são definidos cinco níveis de maturidade sendo os quais prática

convencional, prática típica, prática avançada, melhor prática e prática inovadora, com pontuações divididas em uma escala de 0% à 100%.

iii. Níveis disponíveis de granularidade de maturação

O método *BIM Assessment Profile* não apresenta níveis de granularidade.

O *BIM Maturity Matrix* possui quatro tipos de avaliação, cada uma com diferentes níveis de granularidade (GL), sendo que as avaliações de GL 1 e 2 podem ser autoaplicadas, e as de GL 3 e 4 devem ser aplicadas através de consultores especializados.

Já o *VDC Scorecard* apresenta dois níveis de granularidade, representados por áreas e divisões.

iv. Apoiar os fundamentos teóricos em relação à evolução e mudança

O último documento do *BIM Assessment Profile* foi lançado em 2012, e até então não se tem registros de novas atualizações. Não foram encontradas descrições de que o método seja adaptado à evolução e mudanças, apenas que o documento *BIM Planning Guide for Facility Owners* (2013), como um todo, pode ser adaptado para empresas de projeto e de gestão da construção, além da principal aplicação para incorporadores.

O *BIM Maturity Matrix*, segundo Succar (2010), foi projetado em torno de tecnologias atuais e emergentes, porém a estrutura, as dependências e as terminologias foram selecionados para minimizar a necessidade de mudanças frequentes. Ainda, através da plataforma virtual do autor, onde se encontram publicações disponibilizadas gratuitamente, os documentos são constantemente corrigidos e traduzidos para novas línguas por intermédio de equipes que representam diversos países. Por fim, o autor alimenta constantemente a plataforma com novas publicações, como a avaliação de maturidade BIM de granularidade nível 2, que deve ser lançada no primeiro semestre de 2019.

Por fim, o *VDC Scorecard*, segundo Kam (2013), possui critérios de avaliação que são adaptáveis às normas industriais em constante evolução.

c) Definição de constructos centrais relacionadas ao domínio da aplicação

A terceira questão sobre informações básicas dos modelos de maturidade está relacionada com a definição de constructos centrais relacionadas ao domínio da aplicação, esclarecido pelo autor como a capacidade de compreensão dos modelos pelos usuários.

Neste caso, tanto o *BIM Assessment Profile* quanto o *BIM Maturity Matrix* possuem uma abordagem simples e visual, por se apresentarem em forma de matriz, o que favorece a compreensão dos níveis de maturidade. Além disso, problemas interpretativos podem ser sanado ao consultar os guias, documentos e artigos disponíveis de cada um destes métodos.

Já quanto ao *VDC Scorecard*, pelo fato de as questões e alternativas serem diretas, não há explicações sobre cada uma delas. Além disso, a maneira como é apresentada a sequência das questões, um questionário, dificulta a compreensão das áreas que estão sendo avaliadas, e a progressão da maturidade.

d) Documentações orientadas ao grupo alvo

A última questão que mede o nível de informações básicas dos métodos é sobre a disponibilidade de documentações orientadas ao grupo alvo. Neste caso, toda a orientação do *BIM Assessment Profile* encontra-se em um único documento, o *BIM Planning Guide for Facility Owners* (2013).

O *BIM Maturity Matrix* é apresentado em diversos artigos, como Succar (2010) e Succar et al. (2012), além de se encontrar disponível também na plataforma virtual do autor <https://bimexcellence.org/>.

Da mesma forma, o modelo de medição de maturidade *VDC Scorecard* também se encontra documentado em diversos artigos, como KAM et al. (2013), e KAM (2016), além de disponibilizar pesquisas e resultados no sítio da *internet* <https://vdcscorecard.stanford.edu/>.

4.3.2 Avaliação das Informações de Caráter Descritivo dos Modelos de Maturidade

O segundo conjunto de perguntas avalia se os modelos analisados possuem caráter descritivo.

a) Critérios intersubjetivamente verificáveis para cada nível de maturidade e nível de granularidade

A primeira questão é sobre a definição de critérios intersubjetivamente verificáveis para cada nível de maturidade e nível de granularidade. No caso do *BIM Assessment Profile*, a sequência de descrições para cada nível de maturidade segue uma ordem lógica de desenvolvimento do BIM, com base no modelo CMM, porém não há validação desta cadeia sequencial adaptada ao BIM, além de não haver níveis de granularidade.

Apesar de o autor do *BIM Maturity Matrix* embasar a criação da ferramenta em diversos outros métodos, não há uma verificação da intersubjetividade dos critérios para cada nível de maturidade. Porém, o autor correlaciona as três áreas de avaliação, as quais são tecnologia, processos e políticas, em um *Diagrama de Venn*, para identificar as intersubjetividades entre as áreas.

As 108 aplicações experimentais do *VDC Scorecard* foram submetidas a testes de correlação de Pearson, Spearman e Kendall, com a finalidade de identificar a correlação entre e dentro das áreas e divisões da ferramenta. A partir destas correlações, comprovou-se que as áreas de planejamento, adoção, tecnologia e desempenho estão significativamente relacionadas (KAM et al., 2013).

b) Metodologia de avaliação orientada para grupos-alvo

Na sequência, o conjunto de questões avalia a disponibilidade de uma metodologia de avaliação orientada para os grupos-alvo.

i. Modelo de procedimento

O *BIM Assessment Profile*, por meio do documento *BIM Planning Guide for Facility Owners* (2013), descreve as melhores práticas para a adoção, como a criação de um comitê BIM, formado pelos próprios colaboradores da organização e que tenham acesso aos dados sobre a estratégia de implantação do BIM. A recomendação é de que a avaliação seja realizada no início do processo de implantação ou de melhoria de desenvolvimento, e que seja aplicada a cada seis meses. Cada uma das áreas avaliadas pelo método estão descritas detalhadamente neste mesmo guia.

Quanto ao *BIM Maturity Matrix*, no próprio documento do questionário avaliativo estão descritas recomendações para se obter um resultado correto e preciso, como ler todas as alternativas antes de escolher a melhor resposta.

Já o *VDC Scorecard*, apesar de apresentar publicações que descrevam as áreas de análise, e demonstrar alguns resultados na plataforma virtual, não divulga um modelo de procedimento para executar a avaliação. Porém, recomenda-se que o *VDC Scorecard* seja aplicado por um consultor especializado.

ii. Assessoria na avaliação de critérios

O guia do *Assessment Profile* e os artigos do *BIM Maturity Matrix*, descrevem as melhores práticas para a análise dos critérios de avaliação.

Dos três métodos analisados, apenas o *VDC Scorecard* disponibiliza uma assessoria pessoal para a avaliação.

iii. Assessoria na adaptação e configuração de critérios

O *BIM Assessment Profile* foi criado especificamente para a realidade de organizações de incorporação, mas enfatiza que o método pode ser adaptado à empresas de projeto, construção e demais áreas da AECO. No entanto, não há uma assessoria, ou descrição de como efetivar estas adaptações. Devem ser feitas pela equipe de comitê BIM da própria organização.

O *BIM Maturity Matrix* coloca como uma de suas características a flexibilidade, onde os critérios e pesos podem ser adaptados conforme a realidade da organização avaliada. Porém, não orienta como realizar tais adaptações.

Quanto ao *VDC Scorecard*, apesar de a plataforma disponibilizar assessoria para o auxílio da avaliação, não há flexibilidade na adaptação e configuração de critérios.

iv. Conhecimento especializado de aplicação anterior

A recomendação para aplicação do *BIM Assessment Profile* é de que as avaliações sejam realizadas pelo comitê BIM, assim, o conhecimento pode ser aprimorado a cada avaliação.

No caso do *BIM Maturity Matrix*, como se está avaliando o questionário de GL 1, não é necessário que se tenha um conhecimento especializado de aplicação.

Quanto ao *VDC Scorecard*, o qual sugere a aplicação por meio de um consultor, um dos critérios que somam pontos na avaliação é a quantidade de aplicações do modelo em um mesmo projeto, ou em projetos de uma mesma organização.

4.3.3 Avaliação das Informações de Caráter Prescritivo dos Modelos de Maturidade

O terceiro e último conjunto de perguntas avalia se os modelos analisados possuem caráter prescritivo.

a) Medidas de melhoria para cada nível de maturidade e nível de granularidade

A primeira questão avalia a disponibilidade de medidas de melhoria para cada nível de maturidade e nível de granularidade.

O *BIM Assessment Profile*, apesar de não apresentar níveis de granularidade, permite avaliar também o nível desejado de maturidade BIM para os próximos seis meses. A partir disso, são tomadas medidas de melhoria que permitam atingir estas metas. As decisões e medidas de melhoria, no entanto, devem ser tomadas e criadas pela própria equipe da organização.

Da mesma forma, o *BIM Maturity Matrix* pode ser aplicado duas vezes, a primeira para medir a situação atual do BIM, e a segunda para medir o nível desejado nos próximos meses (tempo definido pela própria organização). Ainda, o autor divide os níveis de maturidade em seis índices, e cada qual corresponde a um conjunto de definições e medidas de melhoria para alcançar o próximo nível. Por exemplo, ao avaliar uma organização e descobrir o seu índice de maturidade, são disponibilizadas informações de boas práticas relacionadas a este índice para se aprimorar e atingir o próximo nível.

Já o *VDC Scorecard*, como geralmente é aplicado por um consultor, ou orientado por uma equipe de suporte, fornece resultados práticos de melhoria para se atingir os níveis de maturidade e granularidade.

b) Cálculo de decisão para selecionar medidas de melhoria

O próximo conjunto de questões avalia a existência de um cálculo de decisão para selecionar medidas de melhoria. Um cálculo de decisão ajuda os tomadores de decisão a avaliar diferentes alternativas com relação a determinados objetivos e a identificar qual alternativa satisfaz melhor os objetivos. No contexto dos modelos de maturidade, uma alternativa inclui um conjunto de medidas de melhoria a serem implementadas (PÖPPELBUß e RÖGLINGER, 2011).

i. Explicação dos objetivos relevantes

No caso do *BIM Assessment Profile*, o resultado da avaliação fornece uma pontuação para cada elemento de planejamento avaliado, porém não há um critério de classificação para a empresa que a enquadre em um certo nível de maturidade. Para as tomadas de decisão e definição das medidas de melhoria com base nos objetivos BIM pré-estabelecidos, o guia aconselha que seja criada uma equipe de comitê BIM, com colaboradores da própria organização, e que esta equipe lidere as avaliações e a implementação do BIM.

Já com a utilização do *BIM Maturity Matrix*, a partir do resultado do índice de maturidade da organização, é possível identificar os conjunto de competências que já possuem maior ou menor maturidade, o que indica caminhos de melhoria para a própria organização. Porém, os objetivos do BIM devem ser estabelecidos pela própria organização, assim como a definição de escolha das medidas de melhoria.

O *VDC Scorecard*, além de disponibilizar o resultado geral, também fornece os resultados de cada área avaliada. A partir disso, é possível identificar as áreas que devem receber mais ou menos atenção, de forma a definir as melhores estratégias de melhorias. Além disso, a avaliação da consultoria especializada auxilia na definição dos objetivos e na escolha do melhor conjunto de desenvolvimentos.

ii. Explicação de fatores relevantes de influência

Respostas análogas a questão anterior.

iii. Distinção entre um relatório externo e uma perspectiva de melhoria interna

Neste caso, ao se contratar a consultoria de aplicação do VDC *Scorecard*, é possível obter dois tipos de resultados, sendo um deles de resultados internos, que destacam os pontos que devem ser melhorados, e outro de caráter comparativo, ou seja, de *benchmarking*, onde o resultado geral do projeto é comparado com resultados de outros projetos que também avaliaram seus resultados pelo VDC *Scorecard*.

O BIM *Assessment Profile* e o BIM *Maturity Matrix* podem gerar como resultado secundário comparações de resultados entre organizações, porém não possuem caráter e objetivos de *benchmarking*, tanto é que o *Assessment Profile* não gera um índice de maturidade.

c) Metodologia de decisão orientada para grupos-alvo

Por fim, o último conjunto de questões que avalia o caráter prescritivo dos modelos de mensuração verifica a existência de uma metodologia de decisão orientada para grupos-alvo.

i. Modelo de procedimento

A documentação do BIM *Assessment Profile*, apesar de descrever um passo a passo para a implementação e melhoria do BIM, e apresentar um esquema de como o resultado obtido deve ser analisado, não especifica uma diretriz que auxilie nas tomadas de decisão.

No caso do BIM *Maturity Matrix*, a avaliação resulta em um índice de maturidade que está associado a definições de competências BIM que devem ser aprimoradas. Desta forma, pode se considerar que existe um modelo de procedimento, mas para o caso da avaliação de GL 1, utilizada para avaliar as organizações do presente trabalho, toda a análise deve ser realizada pelo próprio aplicador da avaliação.

Já o VDC *Scorecard*, como é executado por um consultor especializado ou assessorado por uma equipe de suporte, possui um modelo de procedimento para auxiliar a tomada de decisão. Porém, este modelo não é disponibilizado ao público.

ii. Assessoria na avaliação de variáveis

Apenas a ferramenta VDC *Scorecard* disponibiliza uma assessoria de pessoal que se dispõe a auxiliar na avaliação das variáveis. No caso da aplicação deste método nas organizações de Curitiba-PR, uma consultora foi destinada para instruir e explicar quaisquer dúvidas por parte da autora desta pesquisa.

iii. Assessoria na concretização e adaptação das medidas de melhoria

Análogo à resposta da pergunta anterior, como o VDC *Scorecard* é conduzido por um consultor, qualquer adaptação é orientada para a realidade do projeto em análise.

iv. Assessoria na adaptação e configuração do cálculo de decisão

Neste caso, o cálculo de decisão é realizado na própria plataforma virtual do VDC *Scorecard*, via programação já estabelecida. Não há flexibilidade e adaptações nas configurações deste cálculo. A única métrica passível de adaptações é a referente ao nível de confiança, que depende de fatores como quantidade de avaliações realizadas, questões respondidas e experiência de avaliação.

v. Conhecimento especializado de aplicação anterior

A métrica de “nível de confiança” do VDC *Scorecard* avalia a confiabilidade das respostas de uma avaliação, e considera critérios como a quantidade de vezes que o projeto já foi analisado, e por quem a avaliação foi feita. No caso, como a aplicação geralmente é realizada por um consultor especializado, aumenta-se a confiabilidade das respostas através do nível de confiança.

Para os demais métodos, não existem métricas que avaliem a experiência do aplicador.

4.3.4 Resultado Geral da Aplicação do *Checklist*

O resultado geral da aplicação do *checklist* de Pöppelbuß e Röglinger (2011) nos três modelos de maturidade foi resumido nos Quadros 24, 25 e 26.

No Quadro 24 são comparados os resultados de cada um dos métodos em relação aos questionamentos que avaliam o caráter básico dos modelos.

Grupo	Princípios de Design		BIM Assessment Profile	BIM Maturity Matrix	VDC Scorecard
BÁSICO	a)	Informações Básicas			
		i. Domínio da aplicação e pré-requisitos para aplicabilidade	✓	✓	✓
		ii. Finalidade de uso	✓	✓	✓
		iii. Grupo alvo	✓	✓	✓
		iv. Classe de entidades sob investigação	✓	✓	✓
		v. Diferenciação de modelos de maturidade relacionados	✓	✓	✓
		vi. Processo de projeto e extensão da validação empírica		✓	✓
	b)	Definição de constructos centrais relacionados à maturidade e maturação			
		i. Maturidade e dimensões de maturidade	✓	✓	✓
		ii. Níveis de maturidade e caminhos de maturação	✓	✓	✓
		iii. Níveis disponíveis de granularidade de maturação		✓	✓
		iv. Apoiar os fundamentos teóricos em relação à evolução e mudança		✓	✓
	c)	Definição de constructos centrais relacionadas ao domínio da aplicação	✓	✓	
d)	Documentação orientada ao grupo alvo	✓	✓	✓	

Quadro 24 – Resultados dos questionamentos que avaliam o caráter básico

Fonte: Autora (2019), adaptado de Pöppelbuß e Röglinger (2011).

Analisando o Quadro 24, observa-se que o método *BIM Maturity Matrix* englobou todas as características propostas pelo *checklist*, e o *VDC Scorecard* respondeu a 11 das 12 questões, não atendendo apenas o critério de definição de constructos que facilitem a compreensão da aplicação. Já o *BIM Assessment Profile*, por não demonstrar os processos do projeto e de validações, não apresentar níveis de granularidade e não se adaptar às evoluções, englobou 75% das características básicas. Apesar disso, os três métodos apresentam o caráter de mensuração considerado Básico.

No Quadro 25 são comparados os resultados em relação aos questionamentos que avaliam o caráter descritivo dos modelos.

Grupo	Princípios de Design		BIM Assessment Profile	BIM Maturity Matrix	VDC Scorecard
DESCRITIVO	a)	Critérios intersubjetivamente verificáveis para cada nível de maturidade e nível de granularidade			✓
	b)	Metodologia de avaliação orientada para grupos-alvo			
		i. Modelo de procedimento	✓	✓	
		ii. Assessoria na avaliação de critérios	✓	✓	✓
		iii. Assessoria na adaptação e configuração de critérios			
	iv. Conhecimento especializado de aplicação anterior			✓	

Quadro 25 – Resultados dos questionamentos que avaliam o caráter descritivo

Fonte: Autora (2019), adaptado de Pöppelbuß e Röglinger (2011).

Em relação às características consideradas descritivas, o *VDC Scorecard* respondeu a três das cinco questões, ou seja, 60%, e os métodos *BIM Assessment Profile* e *BIM Maturity Matrix* responderam a apenas duas questões dentre cinco, representando 40%.

A partir disso, conclui-se que apenas o *VDC Scorecard* pode ser considerado um modelo de maturidade de caráter Descritivo.

Por fim, o Quadro 26 compara os resultados dos métodos em relação aos questionamentos que avaliam o caráter prescritivo dos modelos.

Grupo	Princípios de Design		BIM Assessment Profile	BIM Maturity Matrix	VDC Scorecard
PRESCRITIVO	a)	Medidas de melhoria para cada nível de maturidade e nível de granularidade		✓	✓
	b)	Cálculo de decisão para selecionar medidas de melhoria			
		i. Explicação dos objetivos relevantes		✓	✓
		ii. Explicação de fatores relevantes de influência		✓	✓
		iii. Distinção entre um relatório externo e uma perspectiva de melhoria interna			✓
	c)	Metodologia de decisão orientada para grupos-alvo			
		i. Modelo de procedimento			
		ii. Assessoria na avaliação de variáveis			✓
		iii. Assessoria na concretização e adaptação das medidas de melhoria			✓
		iv. Assessoria na adaptação e configuração do cálculo de decisão			
		v. Conhecimento especializado de aplicação anterior			✓

Quadro 26 – Resultados dos questionamentos que avaliam o caráter prescritivo
 Fonte: Autora (2019), adaptado de Pöppelbuß e Röglinger (2011).

Para o conjunto de características consideradas de caráter prescritivo, apenas o VDC *Scorecard* conseguiu se enquadrar nestas características, respondendo a 77,78% das questões. O BIM *Maturity Matrix* cumpriu apenas três requisitos do *checklist*, totalizando 33,3% das respostas, e o BIM *Assessment Profile* não cumpriu nenhuma das características.

Assim, o resultado geral das características para cada um dos modelos de maturidade analisados é apresentado no Quadro 27.

Modelo de Maturidade	BIM Assessment Profile	BIM Maturity Matrix	VDC Scorecard
Caráter	Básico	Básico	Básico Descritivo Prescritivo

Quadro 27 – Resultado geral da aplicação do *checklist* nos métodos em análise
 Fonte: Autora (2019).

Os resultados obtidos pelas análises do *checklist* são condizentes considerando a proposta de cada um dos métodos. O *BIM Assessment Profile* pertence a um guia de implementação BIM, é apenas um manual de auxílio, e não se propõe a oferecer assessorias ou consultorias, encaixando-se em um modelo de maturidade de nível básico. Da mesma forma, o método avaliativo *BIM Maturity Matrix* de GL nível 1, que é o modelo em análise, é apresentado como um material de “descoberta”, ou seja, uma investigação da maturidade BIM a um nível superficial, também se enquadrando em um modelo de maturidade de nível básico.

Já o *VDC Scorecard* demonstrou ser o método mais complexo da análise. O acesso a ferramenta contou com o auxílio de um suporte de pessoal, que se dispôs a orientar, auxiliar e assessorar tanto a aplicação do questionário, quanto a interpretação dos resultados, e as respostas foram compiladas e calculadas em uma plataforma virtual própria. Frente a estas características, o modelo foi capaz de se enquadrar nas características básicas, descritivas e prescritivas definidas por Pöppelbuß e Röglinger (2011).

4.4 ANÁLISE DA MATURIDADE BIM DAS EMPRESAS DE ESTUDO

As três ferramentas de medição de maturidade BIM - *VDC Scorecard*, *BIM Maturity Matrix* e *BIM Assessment Profile* - foram aplicadas em nove empresas de construção civil de Curitiba-PR. Em suma, o *VDC Scorecard* avaliou quatro projetos, e contou com visitas a seis empresas diferentes (empresas B, C, D, E, H e I), o *BIM Assessment Profile* foi aplicado em três empresas (A, B e C) e o *BIM Maturity Matrix* foi testado também em três organizações (E, F e G).

No Quadro 28 encontra-se o resumo das empresas avaliadas, e as próximas seções detalham os resultados obtidos pelos três tipos de avaliação de maturidade BIM em cada organização.

De modo geral, ao se analisar o Quadro 28 observa-se que as empresas que vem trabalhando com o BIM a mais tempo são as empresas A e G, respectivamente há 9 e 11 anos. Já as empresas C, F e H, que são as mais novas, já iniciaram as atividades com a adoção do BIM. O escritório E, que é a empresa mais antiga dentre as analisadas, foi a organização que levou mais tempo para adotar o BIM, fato

explicado pela demora da liderança em impulsionar a adoção de novas tecnologias, além de ter vivenciado experiências mal sucedidas de implementação do BIM.

Quanto a área de atuação de cada empresa, quatro trabalham com projetos de instalações – A, C, F e H. Porém, destas empresas, três trabalham também com coordenação de projetos BIM, C, F e H, além da empresa B que é consultora em BIM. Duas empresas são incorporadoras e construtoras, D e I, e duas são escritórios de arquitetura e urbanismo, E e G.

Ainda, analisando-se o Quadro 28, percebe-se que todas as organizações utilizam um conjunto de *softwares* BIM, cujas funcionalidades se vinculam ao uso pretendido do BIM. Por exemplo, a incorporadora D, a qual não executa os projetos, utiliza os *softwares* BIM internamente para visualizar e compatibilizar os modelos contratados, o que explica o fato de ser a única organização que não utiliza um *software* de modelagem de arquitetura e instalações, como o *Revit* ou o *ArchiCAD*. Observa-se também que todas as organizações utilizam um *software* de visualização e compatibilização de projetos como o *Solibri*, *Tekla BIMsight* ou *Navisworks*. Já as empresas C e H, que projetam diversas disciplinas e compatibilizam os projetos, utilizam um conjunto maior de *softwares*.

Quadro Resumo das Empresas de Estudo de Campo									
Empresa	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Ano de Fundação	2004	2006	2015	1996	1982	2016	1999	2013	1993
Área de Atuação	Projetos hidráulicos, elétricos, gás e mecânicos	Consultoria em BIM	Soluções BIM para engenharia de projetos	Construção Incorporação Residenciais e Comerciais	Projetos arquitetônicos e urbanísticos	Projetos Residenciais	Projetos de Arquitetura	Análise, coordenação e execução de projetos	Construção Incorporação
Número de Funcionários	De 15 a 20	De 15 a 20	De 40 a 49	100	De 25 - 30	4	6	6	160
Porte - SEBRAE (2013)	Pequeno Porte (EPP)	Pequeno Porte (EPP)	Pequeno Porte (EPP)	Grande Empresa	Pequeno Porte (EPP)	Microempresa (ME)	Microempresa (ME)	Microempresa (ME)	Grande Empresa
Ano de adoção do BIM	2010	2011	2015	2011	2016	2016	2008	2013	2014
Softwares BIM utilizados	Revit Tekla BIMsight	Revit Navisworks	Revit Navisworks BIM Collab Solibri Synchro TQS 20	Navisworks Synchro BIM Collab	Revit Tekla BIMsight Navisworks BIM Collab	Revit Navisworks QIBuilder A360	Revit Navisworks	ArchiCAD AllPlan DDS CAD Revit Solibri	ArchiCAD Solibri
Método de avaliação BIM conduzido	BIM <i>Assessment Profile</i>	VDC <i>Scorecard</i> BIM <i>Assessment Profile</i>	VDC <i>Scorecard</i> BIM <i>Assessment Profile</i>	VDC <i>Scorecard</i>	VDC <i>Scorecard</i> BIM <i>Maturity Matrix</i>	BIM <i>Maturity Matrix</i>	BIM <i>Maturity Matrix</i>	VDC <i>Scorecard</i>	VDC <i>Scorecard</i>

Quadro 28 – Principais informações das empresas avaliadas

Fonte: Autora (2019).

Ainda, foi pedido para que os entrevistados classifikassem, com base na opinião de cada um, qual a competência BIM da organização de acordo com o modelo de Succar (2010). Os resultados podem ser observados na Figura 21.

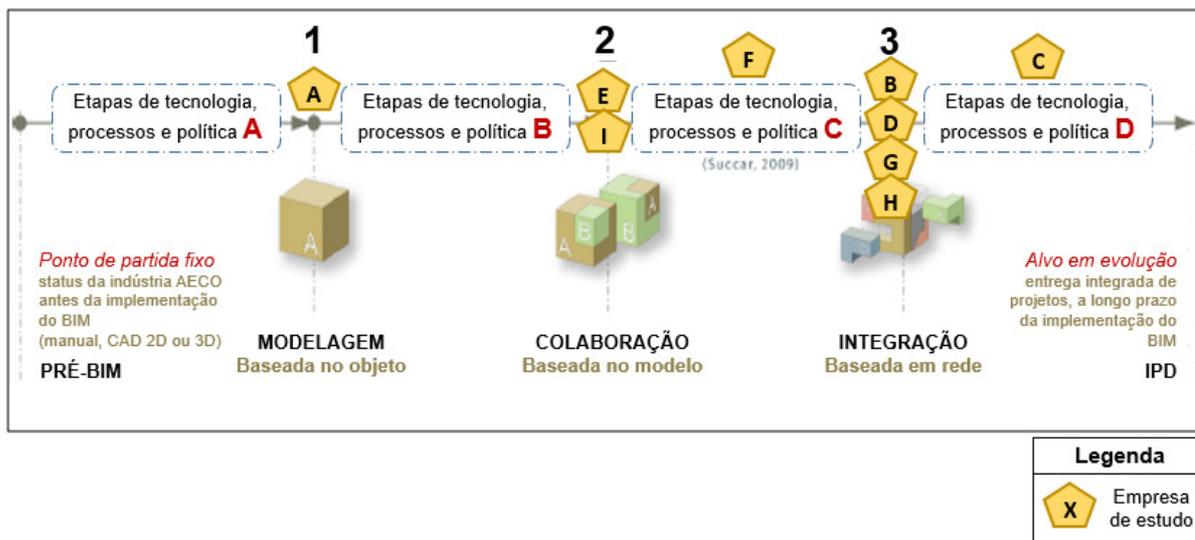


Figura 21 – Classificação da competência BIM das empresas pela escala de Succar (2010), com base na opinião dos entrevistados
 Fonte: Autora (2019).

A empresa A, apesar de trabalhar com o BIM a nove anos, se colocou no “Estágio 1”, pois considera que as exigências do mercado ainda são baixas, além de que ainda faltam parceiros para trabalhar com a integração em BIM, mas afirmou estar preparada para trabalhar no “Estágio 3”. Da mesma forma, a empresa F se considera em transição entre os “Estágios 2 e 3” pelo mesmo motivo de que o mercado e as parcerias ainda não exigem competências mais avançadas.

As empresas E e I se posicionaram no “Estágio 2”, pois já trabalham com a interoperabilidade de modelos com pelo menos mais uma empresa parceira. Já a empresa C se posicionou entre os “Estágios 3” e o “IPD” por considerar que o modelo do organograma adotado pela empresa, que divide os colaboradores em equipes de projeto, cada qual responsável por uma disciplina de projeto, condiz com as características de tais estágios.

Por fim, as empresas B, D, G e H consideram que estão no “Estágio 3” por trabalharem em integração com vários parceiros BIM, além de que são, em quase sua maioria, as empresas que adotaram o BIM a mais tempo e já possuem experiência com a plataforma.

4.4.1 BIM *Assessment Profile*

Após as reuniões e entrevistas de avaliação com as empresas A, B e C, os resultados foram tratados e encontram-se demonstrados nas próximas seções, as quais apresentam um breve relato de cada empresa e os resultados obtidos pelas avaliações.

4.4.1.1 Resultados da empresa A

A empresa A é um escritório de projetos cuja área de atuação é o de sistemas prediais, realiza projetos hidráulicos, elétricos, gás e mecânicos. Foi fundada em 2004, e a adoção do BIM ocorreu em 2010. O número de funcionários gira em torno de 15 a 20, sendo classificada como empresa de pequeno porte segundo o SEBRAE (2013).

A adoção do BIM em 2010 foi motivada pela busca da inovação. Porém, hoje apesar de já somar nove anos da implementação, a organização ainda trabalha com o BIM sob demanda do cliente, pois afirma que o BIM torna a concepção do projeto mais lenta e onerosa, e o cliente deve estar disposto a pagar por este custo extra. Além disso, durante a fase de projeto, muitas empresas parceiras ainda trocam projetos em CAD 2D, fato que também inibe a produção de projetos completamente em BIM.

A aplicação do BIM *Assessment Profile* foi realizada com o próprio sócio-diretor da organização e durou no total 30 minutos. Na Figura 22 encontra-se o resultado da avaliação.

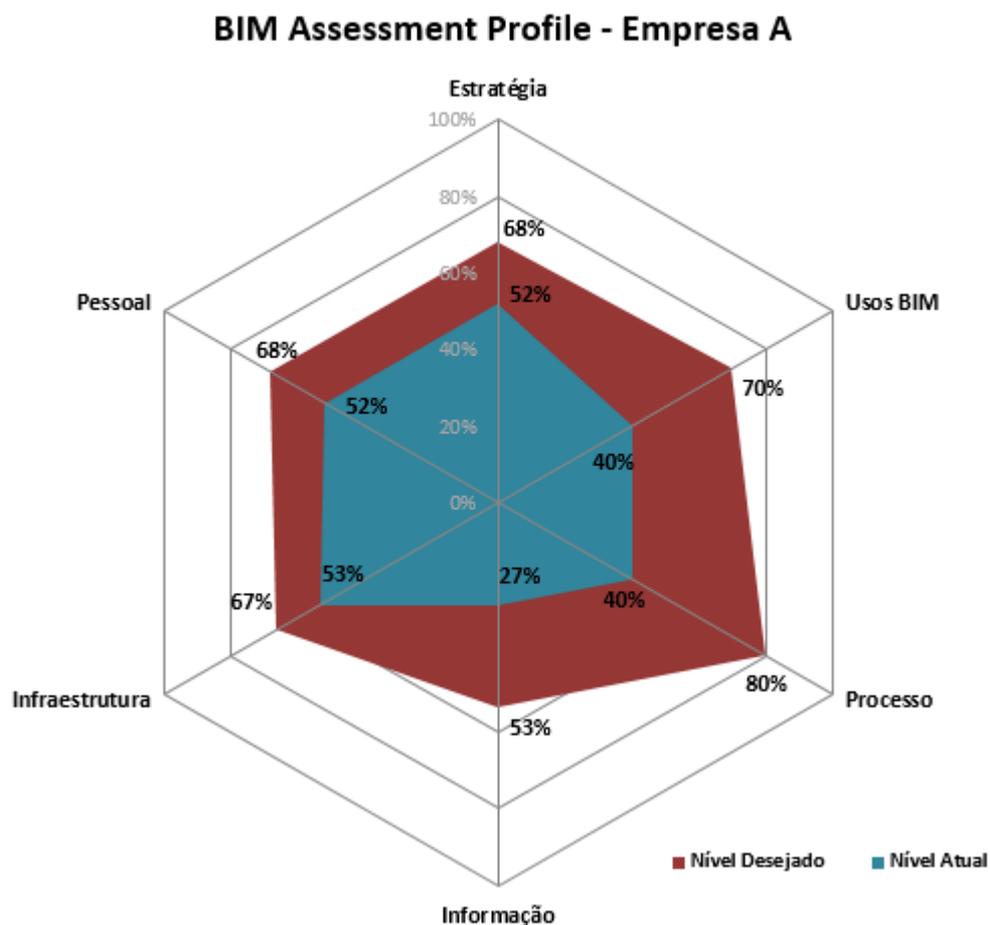


Figura 22 – Resultado da avaliação da empresa A pelo BIM Assessment Profile
 Fonte: Autora (2019), adaptado de CIC (2013).

A maturidade atual do BIM da empresa A é demonstrada na cor azul, e o nível desejado, em marrom. Ao se estudar a figura, verifica-se que as áreas mais evoluídas da organização estão relacionadas a infraestrutura, estratégia e ao pessoal, que atingiram níveis de maturidade bastante próximos. As questões mais desenvolvidas estão associadas a disponibilidade de *hardware*, a consciência da responsabilidade BIM disseminada entre os colaboradores e a existência de um líder BIM definido, respectivamente. Já a área menos madura é a de informação, que corresponde a atividades relacionadas à padronização e quantidade de entrega de informações. A área que se objetiva o maior aprimoramento é a de processo, onde se almeja desenvolver processos de projeto e organizacionais definidos e documentados.

O resultado geral de cada categoria encontra-se resumido na Tabela 1, onde se demonstram as pontuações, em valores e percentuais, do nível atual de cada métrica, do nível desejado e do total possível.

Tabela 1 – Total de pontos por área do BIM *Assessment Profile* – Empresa A

Elementos de Planejamento BIM	Nível Atual		Nível Desejado (para 6 meses)		Total Máximo Possível
	pontos	percentual	pontos	percentual	pontos
Estratégias	13	52%	17	68%	25
Usos BIM	4	40%	7	70%	10
Processo	4	40%	8	80%	10
Informação	4	27%	8	53%	15
Infraestrutura	8	53%	10	67%	15
Pessoal	13	52%	17	68%	25
Total de Pontos	46	-	67	-	100
Índice de Maturidade BIM	46%		67%		

Fonte: Autora (2019), baseado em CIC (2013).

O nível atual da organização A somou 46 pontos, e o nível desejado para daqui a seis meses é de 67 pontos. O total máximo de pontos que pode ser obtido, somando os resultados dos seis elementos de planejamento, é de 100 pontos. A partir destes resultados, criou-se o índice de maturidade BIM, de forma a comparar os resultados em termos percentuais com as demais organizações avaliadas.

Assim, a empresa A atingiu um índice de maturidade de 46%, e um nível desejado de 67% em seis meses. Este crescimento demandará esforços de maneira praticamente homogênea em todas as áreas, pois na média, pretende-se que na próxima avaliação cada área esteja no patamar de 70% de maturidade. Em especial, as principais medidas de melhoria devem estar relacionadas as áreas de processo e informação.

4.4.1.2 Resultados da empresa B

A empresa B é especializada em serviços de consultoria, coordenação e compatibilização de projetos BIM. Foi fundada em 2006 e adotou o BIM em 2011, após mudança da área de atuação. O número de funcionários gira em torno de 15 a 20, sendo classificada como empresa de pequeno porte segundo o SEBRAE (2013).

Apesar da disponibilidade dos diversos *softwares* BIM vendidos no mercado, a organização criou *softwares* próprios para atender demandas específicas do BIM e auxiliar no controle das fases de planejamento e andamento da obra.

A avaliação foi realizada com uma das gerentes da organização e durou em torno de 20 minutos. O resultado está demonstrado na Figura 23.

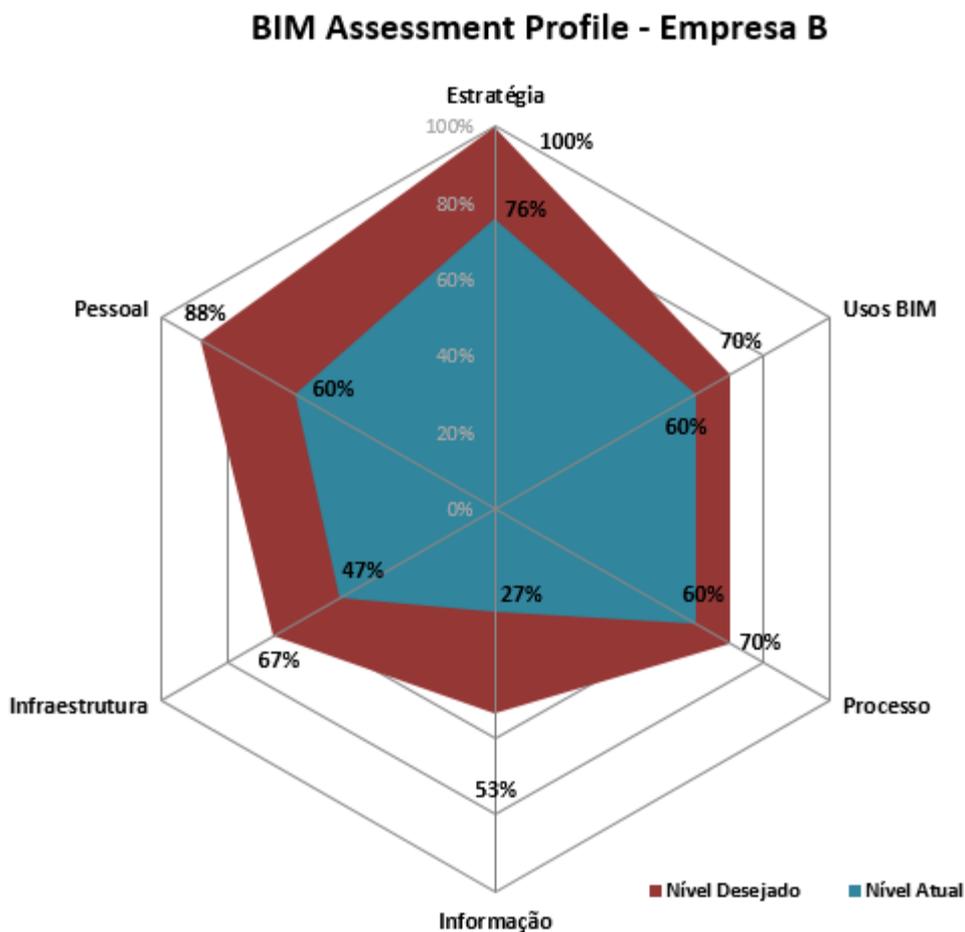


Figura 23 – Resultado da avaliação da empresa B pelo BIM *Assessment Profile*
 Fonte: Autora (2019), adaptado de CIC (2013).

Observando-se a Figura 23, identifica-se que a área mais evoluída da organização é a de estratégia, onde os objetivos BIM e os da organização encontram-se alinhados; e também é a área em que se objetiva o maior aprimoramento. As demais áreas, com exceção da área de informação que é a menos madura, estão em um nível de evolução homogêneo, mas há um destaque de esforços na área de pessoas, onde se pretende aprimorar a gestão do conhecimento e distribuir igualmente as responsabilidades BIM entre setores.

Na Tabela 2 encontra-se o resumo das pontuações obtidas para os níveis atual e desejado, além do índice de maturidade BIM.

Tabela 2 – Total de pontos por área do BIM *Assessment Profile* – Empresa B

Elementos de Planejamento BIM	Nível Atual		Nível Desejado (para 6 meses)		Total Máximo Possível
	pontos	percentual	pontos	percentual	pontos
Estratégias	19	76%	25	100%	25
Usos BIM	6	60%	7	70%	10
Processo	6	60%	7	70%	10
Informação	4	27%	8	53%	15
Infraestrutura	7	47%	10	67%	15
Pessoal	15	60%	22	88%	25
Total de Pontos	57	-	79	-	100
Índice de Maturidade BIM	57%		79%		

Fonte: Autora (2019), baseado em CIC (2013).

A partir dos resultados obtidos, a empresa B atingiu um índice de maturidade de 57%, e deseja que em seis meses o índice seja de 79%, o que exigirá esforços significativos nas áreas de pessoal e informação, além da área de estratégia, onde se objetiva alcançar o nível máximo de maturidade.

4.4.1.3 Resultados da empresa C

A empresa C foi fundada em 2015 com o objetivo de oferecer projetos de engenharia em BIM. Realiza projetos prediais e industriais em BIM 4D, que inclui a integração do cronograma ao modelo tridimensional, e 5D, que compreende a orçamentação, além de estar desenvolvendo estudos para aplicar o BIM 6D, que incorpora os projetos de sustentabilidade. A empresa encontra-se em fase de expansão da equipe, hoje com 45 colaboradores é classificada como empresa de pequeno porte, segundo o SEBRAE (2013).

Como diferencial, a empresa adaptou a “visão Toyota” para a própria realidade, onde cada setor funciona como uma linha de produção, cada qual com um gerente responsável por projeto e colaboradores envolvidos em cada disciplina de projeto de engenharia. Além disso, possui um setor de Pesquisa & Desenvolvimento (P&D) com o objetivo de estudar a aplicabilidade das diversas ferramentas de suporte ao BIM.

O BIM *Assessment Profile* foi realizado com o gerente de P&D e durou 20 minutos. O resultado está demonstrado na Figura 24.

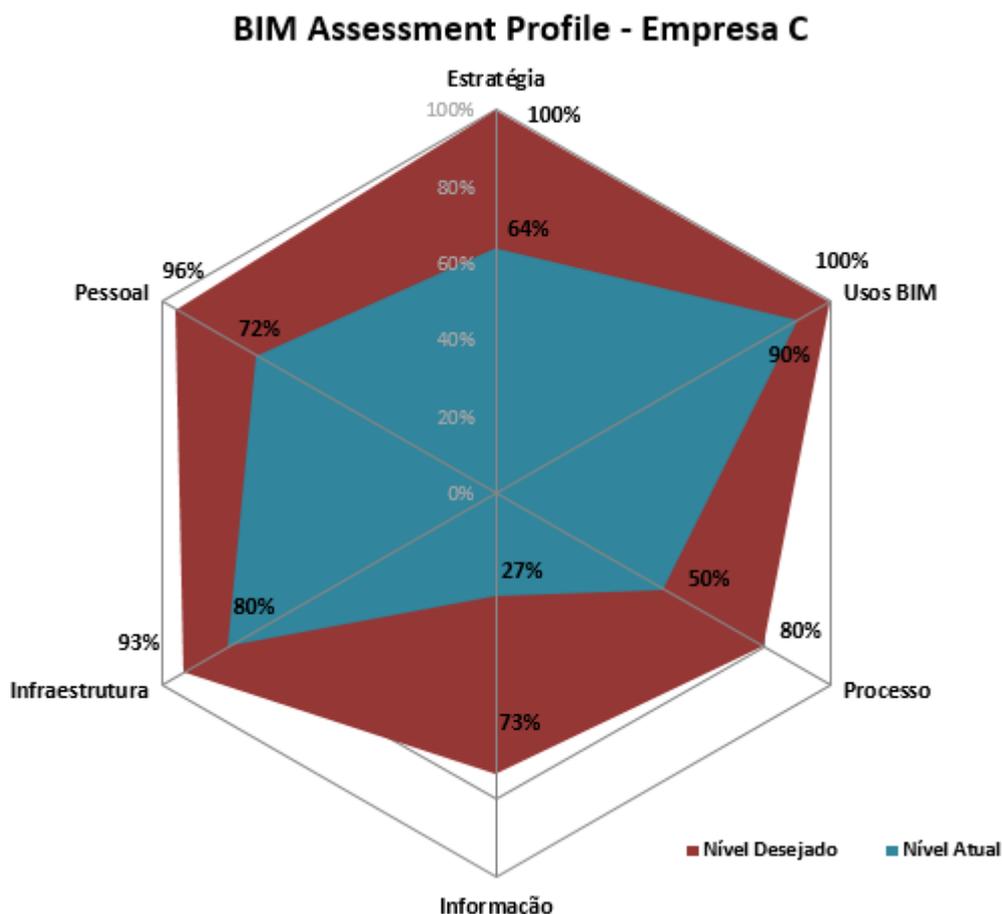


Figura 24 – Resultado da avaliação da empresa C pelo BIM Assessment Profile
 Fonte: Autora (2019), adaptado de CIC (2013).

Ao se examinar o resultado, percebe-se que as áreas mais evoluídas da organização estão relacionadas ao uso do BIM e à infraestrutura, que dizem respeito ao grau de implementação do BIM em projetos e ao nível da atualização e investimento em equipamentos técnicos respectivamente. Já a área menos desenvolvida é a de informação, que diz respeito à padronização e quantidade de entrega de informações. A área de estratégia, apesar de ser a mais evoluída, é também a área em que se objetiva o maior aprimoramento, onde os objetivos BIM são alinhados aos objetivos e metas organizacionais.

As pontuações obtidas para o nível atual e o nível desejado encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3 – Total de pontos por áreas do BIM Assessment Profile – Empresa C

Elementos de Planejamento BIM	Nível Atual		Nível Desejado (para 6 meses)		Total Máximo Possível
	pontos	percentual	pontos	percentual	pontos
Estratégias	16	64%	25	100%	25
Usos BIM	9	90%	10	100%	10
Processo	5	50%	8	80%	10
Informação	4	27%	11	73%	15
Infraestrutura	12	80%	14	93%	15
Pessoal	18	72%	24	96%	25
Total de Pontos	64	-	92	-	100
Índice de Maturidade BIM	64%		92%		

Fonte: Autora (2019), baseado em CIC (2013).

Os resultados da organização C demonstram um índice de maturidade de 64%, e a meta é de que em seis meses o índice atinja 92%, de forma a alcançar o nível máximo (otimizado) nas áreas de estratégias e usos BIM. A área de informação exigirá esforços para o aprimoramento, pois pretende-se elevar o nível de 27% para 73% até a próxima avaliação.

4.4.1.4 Comparação dos resultados obtidos na aplicação do BIM Assessment Profile

Os índices de maturidade BIM resultantes das aplicações do BIM Assessment Profile nas empresas A, B e C foram comparados no Quadro 29.

Empresa	A	B	C
Índice de Maturidade BIM	46%	57%	64%

Quadro 29 – Resumo dos resultados das empresas avaliadas pelo BIM Assessment Profile

Fonte: Autora (2019).

Analisando o Quadro 29, observa-se que a empresa que possui a menor maturidade é a empresa A, e a que possui a maior maturidade é a empresa C. O resultado deixa claro que mesmo que uma organização utilize o BIM a mais tempo, como é o caso da empresa A que trabalha com o BIM há nove anos, a atualização dos processos de implementação deve ser contínua, para não se estagnar em um nível de desenvolvimento. Já a empresa C que atua no mercado a quatro anos, sendo a mais novata dentre as três, possui uma política de constante pesquisa e desenvolvimento, em busca de novas tecnologias e aprimoramentos.

Em relação aos resultados obtidos nas áreas dos elementos de planejamento, observa-se que as três empresas obtiveram o mesmo percentual de desenvolvimento na área de Informação, 27%, o que representa uma baixa maturidade. As questões relacionadas a esta área tratam de modelos padronizados de estrutura de elementos, Nível de Desenvolvimento (ND) e dados da instalação, porém as normas brasileiras de BIM que tratam destas padronizações ainda estão em fase de desenvolvimento. Isto pode explicar a baixa maturidade da área para todas as organizações, que foram unânimes ao afirmar em entrevista que estão aguardando o lançamento das normas para dar continuidade aos processos de padronização.

4.4.2 BIM Maturity Matrix

As próximas seções apresentam os resultados obtidos nas avaliações das empresas E, F e G pelo modelo de maturidade BIM *Maturity Matrix*.

4.4.2.1 Resultados da empresa E

O BIM *Maturity Matrix* foi aplicado na empresa E, do ramo de arquitetura e urbanismo, durante uma reunião com a equipe de estudos BIM, formada por colaboradores da própria empresa. O evento é coordenado por um líder BIM, e ocorre semanalmente, visando discutir estratégias e criar metodologias para a produção de objetos e modelos BIM. A implementação vem sendo trabalhada desde 2016.

A aplicação da metodologia levou uma hora e trinta minutos, e após tratamento dos dados, os resultados foram compilados em quadros, os quais encontram-se nas próximas figuras. As respostas registradas para a área de Tecnologia encontram-se na Figura 25.

TECNOLOGIA						Legenda
Áreas-chave de maturidade	a INICIAL (máx pts 0)	b DEFINIDO (máx pts 10)	c GERENCIADO (máx pts 20)	d INTEGRADO (máx pts 30)	e OTIMIZADO (máx pts 40)	
Software			15			Atingido
Hardware			15			Parcial
Rede				25		Não Atingido
TOTAL DE PONTOS				55		

Figura 25 – Área de tecnologia do BIM *Maturity Matrix* – Empresa E
Fonte: Autora (2019), adaptado de Succar (2010).

Os resultados da área de Tecnologia para as questões de *Software* e *Hardware* encontram-se no nível “c”, pois a organização ainda está em processo de escolha do melhor *software* e em fase de atualização de novos *hardwares*. Já a questão de Rede se encontra mais avançada, nível “d”, pois a empresa utiliza um sistema de compartilhamento em nuvem próprio para arquivos BIM.

Os resultados obtidos na área de Processos encontram-se na Figura 26.

PROCESSOS						Legenda	
Áreas-chave de maturidade	a	b	c	d	e		
	INICIAL (máx pts 0)	DEFINIDO (máx pts 10)	GERENCIADO (máx pts 20)	INTEGRADO (máx pts 30)	OTIMIZADO (máx pts 40)	Atingido	Parcial
Recursos		5					
Atividades & Fluxo de Trabalho			15				
Produtos & Serviços			15				
Liderança & Gerenciamento				20			
TOTAL DE PONTOS				55			

Figura 26 – Área de processos do BIM *Maturity Matrix* – Empresa E
Fonte: Autora (2019), adaptado de Succar (2010).

A organização E classifica a questão de Recursos no nível “b” pelo fato de que ainda não faz a gestão de conhecimento das experiências BIM. Já as questões de Atividades e Produtos se encontram em um nível “c”; e Liderança em “c” e “d”, pois a empresa encontra-se atualmente aperfeiçoando as estruturas processuais da organização e do BIM.

Os resultados obtidos na área de Políticas encontram-se na Figura 27.

POLÍTICAS						Legenda	
Áreas-chave de maturidade	a	b	c	d	e		
	INICIAL (máx pts 0)	DEFINIDO (máx pts 10)	GERENCIADO (máx pts 20)	INTEGRADO (máx pts 30)	OTIMIZADO (máx pts 40)	Atingido	Parcial
Preparatória			15				
Regulatória		5					
Contratual		5					
TOTAL DE PONTOS				25			

Figura 27 – Área de políticas do BIM *Maturity Matrix* – Empresa E
Fonte: Autora (2019), adaptado de Succar (2010).

Com exceção da questão de Preparação, que se encontra em um nível “c”, as demais questões estão em “b”, pois manuais e contratos adequados ao BIM ainda estão em desenvolvimento.

O “Estágio 2” de capacidades BIM da organização é demonstrado na Figura 28, e encontra-se em um nível “b” de maturidade. Tal resultado é explicado pelo fato de que a empresa acredita que a colaboração BIM ainda é reativa.

ESTÁGIOS						Legenda	
Áreas-chave de maturidade	a INICIAL (máx pts 0)	b DEFINIDO (máx pts 10)	c GERENCIADO (máx pts 20)	d INTEGRADO (máx pts 30)	e OTIMIZADO (máx pts 40)		
Estágio 2		5					
TOTAL DE PONTOS				5			

Figura 28 – Estágio de capacidades do BIM *Maturity Matrix* – Empresa E
Fonte: Autora (2019), adaptado de Succar (2010).

Quanto a Escala Organizacional, demonstrada na Figura 29, escolheu-se avaliar a empresa a nível “meso”, pois a empresa trabalha com diferentes equipes de projeto. Assim como nos estágios de capacidades, o resultado obtido é classificado no nível “definido” de maturidade, pois as responsabilidades BIM ainda estão sendo estabelecidas e distribuídas dentro da organização.

ESCALAS ORGANIZACIONAIS						Legenda	
Áreas-chave de maturidade	a INICIAL (máx pts 0)	b DEFINIDO (máx pts 10)	c GERENCIADO (máx pts 20)	d INTEGRADO (máx pts 30)	e OTIMIZADO (máx pts 40)		
Meso		5					
TOTAL DE PONTOS				5			

Figura 29 – Escalas organizacionais do BIM *Maturity Matrix* – Empresa E
Fonte: Autora (2019), adaptado de Succar (2010).

Os resultados foram compilados em um gráfico demonstrado na Figura 30, para melhor visualização dos níveis de maturidade obtidos.

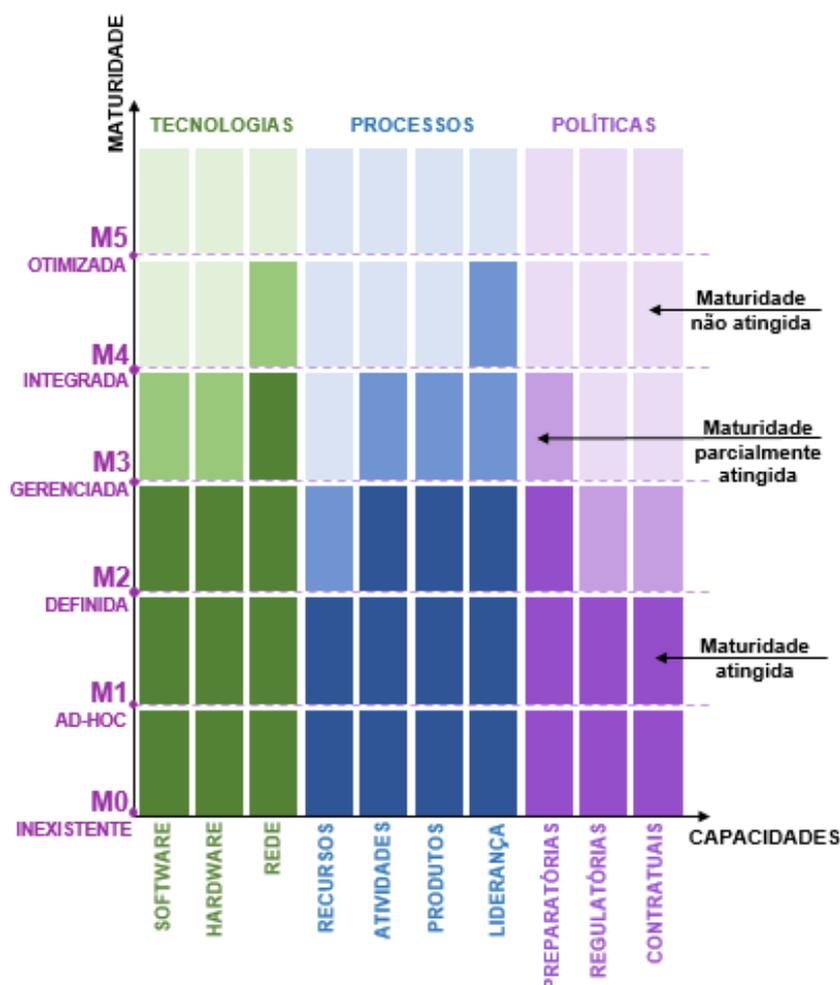


Figura 30 – Resultado da avaliação da empresa E pelo BIM *Maturity Matrix*
 Fonte: Autora (2019), adaptado de Succar e Kassem (2016).

Ao se analisar a Figura 30, percebe-se que a área de Tecnologias é a mais madura, a de Processos está em fase de aprimoramentos e a de Políticas é a menos madura. Para equilibrar a maturidade entre as três áreas, sugere-se que se dê maior atenção aos itens relacionados a Recursos, Regulatórias e Contratuais.

Por fim, após soma total dos pontos, calculou-se o índice de maturidade, que alcançou 24,16%, conforme demonstrado na Tabela 4. Segundo a classificação do índice de maturidade já apresentada no Quadro 9, na revisão bibliográfica, a empresa é categorizada em uma maturidade nível B – Definido, de média-baixa maturidade.

Tabela 4 – Total de pontos e índice de maturidade BIM – Empresa E

Total Geral de Pontos	145	
Grau de Maturidade BIM	12,08	Classificação
Índice de Maturidade BIM	24,16%	(20 – 39%) Nível B - Definido

Fonte: Autora (2019).

Este índice de maturidade, segundo as definições de Succar (2009b), indica que a maioria dos processos e políticas organizacionais está bem documentada, as inovações de processo são reconhecidas e as oportunidades de negócios decorrentes do BIM são identificadas, mas ainda não exploradas. Ainda, apesar de a competência aumentar, a produtividade da equipe ainda é imprevisível.

4.4.2.2 Resultados da empresa F

A empresa F é a mais novata dentre as organizações analisadas. Fundada em 2016, já foi criada com a mentalidade da plataforma BIM. Trabalha com a execução de projetos de arquitetura e instalações. A escolha de trabalhar com o BIM visou a qualidade dos projetos e a minimização de erros.

A aplicação do método avaliativo BIM *Maturity Matrix* ocorreu em uma reunião com a participação dos três sócios da empresa, o que garantiu confiabilidade às respostas. A duração, no entanto, foi de duas horas, levando mais tempo do que a aplicação dos demais métodos, pois houve bastante discussão em torno dos questionamentos.

Os resultados obtidos na área de Tecnologia encontram-se na Figura 31.

TECNOLOGIA						Legenda	
Áreas-chave de maturidade	a INICIAL (máx pts 0)	b DEFINIDO (máx pts 10)	c GERENCIADO (máx pts 20)	d INTEGRADO (máx pts 30)	e OTIMIZADO (máx pts 40)		
Software			15				
Hardware					35		
Rede					35		
TOTAL DE PONTOS				85			

Figura 31 – Área de tecnologia do BIM *Maturity Matrix* – Empresa F
Fonte: Autora (2019), adaptado de Succar (2010).

A questão relacionada ao *Software* obteve menor grau de maturidade, pois não há um gerenciamento para documentar o fluxo de dados em uma interoperabilidade. Já tanto as tecnologias de *Hardware* e Rede foram avaliados como nível “e”, otimizado, por utilizarem equipamentos atualizados e montados especialmente para otimizar a eficiência dos *softwares* BIM, além de os arquivos serem compartilhados através de uma plataforma em nuvem destinada especialmente para o uso do BIM.

Os resultados obtidos na área de Processos encontram-se na Figura 32.

PROCESSOS						Legenda	
Áreas-chave de maturidade	a INICIAL (máx pts 0)	b DEFINIDO (máx pts 10)	c GERENCIADO (máx pts 20)	d INTEGRADO (máx pts 30)	e OTIMIZADO (máx pts 40)		
Recursos				25			
Atividades & Fluxo de Trabalho					40		
Produtos & Serviços		5					
Liderança & Gerenciamento					40		
TOTAL DE PONTOS				110			

Figura 32 – Área de processos do BIM *Maturity Matrix* – Empresa F
Fonte: Autora (2019), adaptado de Succar (2010).

Observa-se que as questões possuem níveis de maturidade heterogêneos, onde os resultados das Atividades & Fluxos de trabalho e Liderança & Gerenciamento possuem nível de maturidade otimizado, Recursos está em fase de transição entre os níveis gerenciado e integrado, e Produtos & Serviços em nível “b”, definido.

Isto ocorre pelo fato de que a organização ainda é novata, e alguns processos como adoção de uma estrutura de elementos BIM, e documentação e gerenciamento do conhecimento ainda estão em processo de desenvolvimento. Porém, como a organização nasceu com uma mentalidade BIM, e a equipe é formada unicamente pelos três sócios, as questões sobre conhecimentos, habilidades, papéis, e estratégias BIM estão de fato alinhadas e otimizadas.

Os resultados obtidos na área de Políticas encontram-se na Figura 33.

POLÍTICAS						Legenda	
Áreas-chave de maturidade	a INICIAL (máx pts 0)	b DEFINIDO (máx pts 10)	c GERENCIADO (máx pts 20)	d INTEGRADO (máx pts 30)	e OTIMIZADO (máx pts 40)		
Preparatória			15				
Regulatória			15				
Contratual		10					
TOTAL DE PONTOS				40			

Figura 33 – Área de políticas do BIM *Maturity Matrix* – Empresa F
Fonte: Autora (2019), adaptado de Succar (2010).

As respostas relacionadas às questões Preparatória e Regulatória estão classificadas em um nível gerenciado, pois quanto à disponibilidade de treinamentos,

a organização ainda não possui equipes além dos três sócios, e quanto às normas e padronizações, não adota sistemas de códigos e padrões definidos normativamente.

Já a questão Contratual foi a única que pulou de um estágio “atingido” para o “não atingido” sem passar pelo nível “parcial”, pois apesar de a empresa reconhecer requisitos do BIM e definir responsabilidades, não há um mecanismo de gerenciamento de propriedade intelectual documentado em contrato.

Na Figura 34 encontra-se o resultado para o nível de capacidade BIM da organização. O “Estágio 2” atingiu um nível de maturidade “b”, definido, pois não se trabalha com o conceito de partilha de riscos e recompensas entre participantes de projetos.

ESTÁGIOS						Legenda
Áreas-chave de maturidade	a INICIAL (máx pts 0)	b DEFINIDO (máx pts 10)	c GERENCIADO (máx pts 20)	d INTEGRADO (máx pts 30)	e OTIMIZADO (máx pts 40)	
Estágio 2		5				Atingido
TOTAL DE PONTOS				5		Parcial
						Não Atingido

Figura 34 – Estágios de capacidade do BIM *Maturity Matrix* – Empresa F
Fonte: Autora (2019), adaptado de Succar (2010).

Quanto a Escala Organizacional, demonstrada na Figura 35, a empresa foi avaliada em nível “micro”, pois trabalha com uma única equipe de projeto.

ESCALAS ORGANIZACIONAIS						Legenda
Áreas-chave de maturidade	a INICIAL (máx pts 0)	b DEFINIDO (máx pts 10)	c GERENCIADO (máx pts 20)	d INTEGRADO (máx pts 30)	e OTIMIZADO (máx pts 40)	
Micro					40	Atingido
TOTAL DE PONTOS				40		Parcial
						Não Atingido

Figura 35 – Escalas organizacionais do BIM *Maturity Matrix* – Empresa F
Fonte: Autora (2019), adaptado de Succar (2010).

A classificação atingiu o nível máximo de maturidade, otimizado, descrito como “a liderança no processo BIM se alterna continuamente para permitir novas tecnologias, processos e resultados”. No caso de a empresa ser formada exclusivamente pelos três sócios, cada um deles se responsabiliza pela constante atualização e melhoria dos processos BIM.

Os resultados obtidos nas três áreas foram compilados em um gráfico exibido na Figura 36.

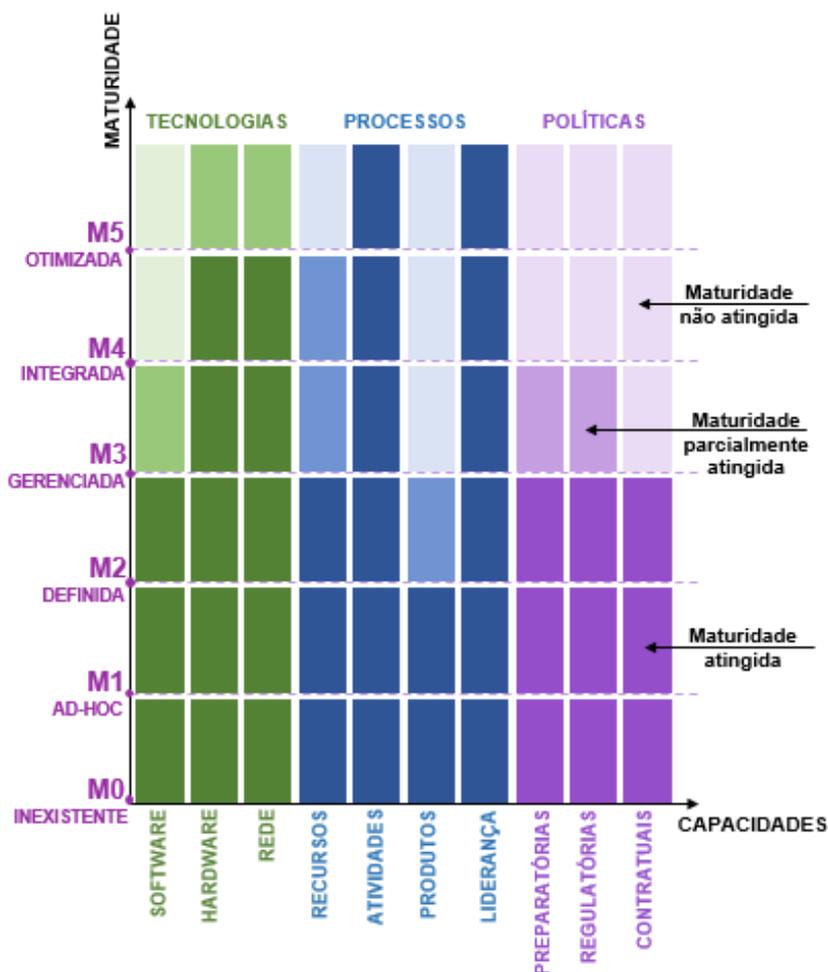


Figura 36 – Resultado da avaliação da empresa F pelo BIM *Maturity Matrix*
 Fonte: Autora (2019), adaptado de Succar e Kassem (2016).

Ao se analisar a Figura 36, os resultados indicam que as questões Atividades e Liderança, da área de Processos, são as mais maduras, e na sequência, as questões de *Hardware* e *Rede*. A área de Política é a menos desenvolvida, e a área de Processos possui resultados heterogêneos. Sugere-se, assim, que sejam definidas estratégias e metas para o aprimoramento destas áreas.

A partir da soma total dos pontos obtidos em cada área, a organização atingiu um índice de maturidade de 46,66%, como se observa na Tabela 5. Para este índice, a organização se encaixa em um nível de média maturidade, nível C – Gerenciado.

Tabela 5 – Total de pontos e índice de maturidade BIM – Empresa F

Total Geral de Pontos	280	
Grau de Maturidade BIM	23,33	Classificação
Índice de Maturidade BIM	46,66%	(40 – 59%) Nível C - Gerenciado

Fonte: Autora (2019).

Segundo Succar (2009b), este índice indica que as oportunidades de negócios decorrentes do BIM são reconhecidas e usadas nos esforços de *marketing*. É nesta fase em que são adotadas especificações de produtos e serviços, além de definir níveis de informação.

4.4.2.3 Resultados da Empresa G

A empresa G é o escritório, dentre os analisados, que adotou o BIM a mais tempo, 11 anos. Em 2008 ainda não existiam treinamentos de *softwares* e nem objetos e modelos BIM, de forma que o desenvolvimento dependeu apenas da própria empresa. Em 2013 os últimos projetos em CAD 2D finalizaram, e desde então, todos os projetos são realizados em BIM, independente do cliente solicitar ou não a tecnologia.

Após a entrevista com a sócia da empresa, os resultados foram compilados e encontram-se exibidos nas próximas figuras. Os resultados da área de Tecnologia são apresentados na Figura 37.

TECNOLOGIA						Legenda	
Áreas-chave de maturidade	a INICIAL (máx pts 0)	b DEFINIDO (máx pts 10)	c GERENCIADO (máx pts 20)	d INTEGRADO (máx pts 30)	e OTIMIZADO (máx pts 40)		
Software					40		Atingido
Hardware					40		Atingido
Rede					35		Parcial
TOTAL DE PONTOS				115			Não Atingido

Figura 37 – Área de tecnologia do BIM *Maturity Matrix* – Empresa G
Fonte: Autora (2019), adaptado de Succar (2010).

A organização procura a constante atualização e otimização dos *softwares* utilizados e dos equipamentos de *hardware* e tecnologias para o setor da AEC. Porém, considerou-se uma maturidade parcial na questão de Rede porque a empresa já trabalhou com compartilhamento via rede, mas por mudanças do protocolo de *internet* a licença deixou de funcionar há dois anos, e a empresa não solucionou a questão.

Na Figura 38, demonstram-se os resultados obtidos na área de Processos.

PROCESSOS						Legenda	
Áreas-chave de maturidade	a INICIAL (máx pts 0)	b DEFINIDO (máx pts 10)	c GERENCIADO (máx pts 20)	d INTEGRADO (máx pts 30)	e OTIMIZADO (máx pts 40)		
Recursos				25			
Atividades & Fluxo de Trabalho					35		
Produtos & Serviços					40		
Liderança & Gerenciamento					40		
TOTAL DE PONTOS				140			

Figura 38 – Área de processos do BIM *Maturity Matrix* – Empresa G
Fonte: Autora (2019), adaptado de Succar (2010).

As questões relacionadas a Produtos & Serviços, e Liderança & Gerenciamento foram avaliadas no nível máximo de maturidade, já que a empresa está sempre em busca de se atualizar perante especificações e diferenciação no produto oferecido, além de manter uma visão interna BIM alinhada aos objetivos estratégicos. Já as questões de Recursos, e Atividades & Fluxo de trabalho não atingiram, ainda, a maturidade ótima pelo fato de que as duas questões envolvem equipes e recursos humanos, e devido à crise dos últimos anos, a organização precisou restringir os investimentos nesta área e diminuir a quantidade de colaboradores.

Os resultados obtidos na área de Políticas encontram-se na Figura 39.

POLÍTICAS						Legenda	
Áreas-chave de maturidade	a INICIAL (máx pts 0)	b DEFINIDO (máx pts 10)	c GERENCIADO (máx pts 20)	d INTEGRADO (máx pts 30)	e OTIMIZADO (máx pts 40)		
Preparatória					35		
Regulatória				25			
Contratual					35		
TOTAL DE PONTOS				95			

Figura 39 – Área de políticas do BIM *Maturity Matrix* – Empresa G
Fonte: Autora (2019), adaptado de Succar (2010).

Quanto as questões sobre Políticas, as atividades relacionadas a questão Preparatória, sobre treinamentos e programas educacionais, não seguem uma linha contínua, além de que não há um investimento em capital humano atualmente. Já a questão Regulatória, apesar de as normas brasileiras de BIM ainda estarem em processo de desenvolvimento, a organização já está em processo de atualização dos

arquivos e modelos BIM, para se encaixar nos moldes de padronização dos sistemas de licitações.

A questão Contratual, porém, apresentou uma falha de resposta por causa da sequência dos itens de maturidade. A questão de nível “c” questiona a existência de “um mecanismo para gerenciar a propriedade intelectual compartilhada do BIM” e a existência de “um sistema de resolução de conflitos BIM”. Os próximos níveis de maturidade, integrado e otimizado, tratam a questão contratual de forma mais generalizada, sobre a confiança mútua das partes e das constantes atualizações dos contratos. Por isso, como a organização não possui este sistema de resolução de conflitos, optou-se por preencher a questão no nível “parcial”, e as demais, no nível “atingido”.

Na sequência, demonstra-se na Figura 40 a escala de competência BIM da organização, que se encontra em um estágio de maturidade “d”, integrado, pois ainda há parceiros que não trabalham com o BIM, e por isso não se pode considerar a integração de um ambiente multidisciplinar.

ESTÁGIOS						Legenda
Áreas-chave de maturidade	a INICIAL (máx pts 0)	b DEFINIDO (máx pts 10)	c GERENCIADO (máx pts 20)	d INTEGRADO (máx pts 30)	e OTIMIZADO (máx pts 40)	
Estágio 2				30		Não Atingido
TOTAL DE PONTOS				30		

Figura 40 – Estágios de capacidade do BIM *Maturity Matrix* – Empresa G
Fonte: Autora (2019), adaptado de Succar (2010).

Quanto a escala organizacional, demonstrada na Figura 41, apesar de a empresa ser dividida em equipes de projeto, o quadro de funcionários encontra-se atualmente reduzido, de maneira que as questões do nível “micro” se encaixaram melhor na realidade do escritório.

ESCALAS ORGANIZACIONAIS						Legenda
Áreas-chave de maturidade	a INICIAL (máx pts 0)	b DEFINIDO (máx pts 10)	c GERENCIADO (máx pts 20)	d INTEGRADO (máx pts 30)	e OTIMIZADO (máx pts 40)	
Micro				30		Não Atingido
TOTAL DE PONTOS				30		

Figura 41 – Escalas organizacionais do BIM *Maturity Matrix* – Empresa G
Fonte: Autora (2019), adaptado de Succar (2010).

O nível da Escala Organizacional se enquadrou no nível “d”, integrado, pois como a organização é considerada de pequeno porte, não há uma alternância de liderança que estimule novas tecnologias, processos e resultados.

Os resultados das áreas de maturidade foram compilados em um gráfico que pode ser visualizado na Figura 42.

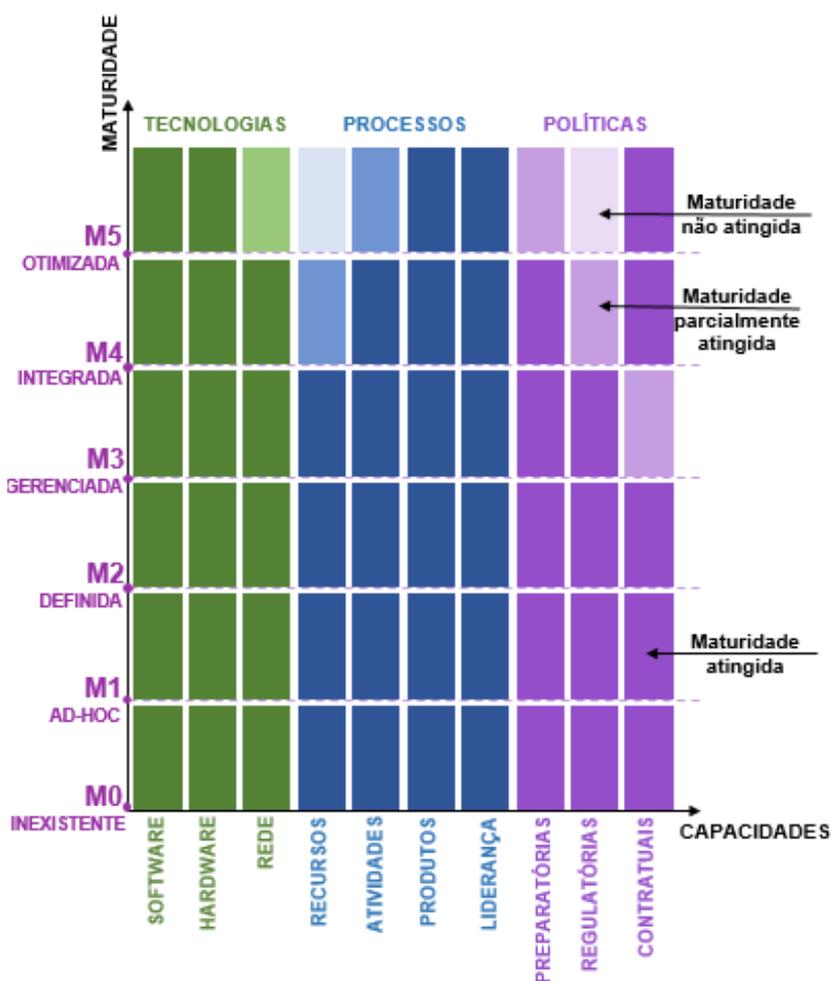


Figura 42 – Resultado da avaliação da empresa G pelo BIM *Maturity Matrix*
Fonte: Autora (2019), adaptado de Succar e Kassem (2016).

Analisando-se a Figura 42, percebe-se que a área mais madura é a de Tecnologia, na sequência de Processos e por último de Políticas. Para equilibrar o nível de maturidade BIM da organização, recomenda-se que os próximos passos de aprimoramento englobem as atividades relacionadas aos Recursos e Regulatórias.

Por fim, após o somatório total dos pontos obtidos, calculou-se o índice de maturidade BIM, que atingiu 68,33%, como demonstrado na Tabela 6. Este índice enquadra a empresa em uma média-alta maturidade, nível D – Integrado.

Tabela 6 – Total de pontos e índice de maturidade BIM – Empresa G

Total Geral de Pontos	410	
Grau de Maturidade BIM	34,17	Classificação
Índice de Maturidade BIM	68,33%	(60 – 79%) Nível D - Integrado

Fonte: Autora (2019).

Para Succar (2009b) este índice indica que a implementação do BIM, seus requisitos e inovação de processos e produtos são integrados aos canais organizacionais, estratégicos, gerenciais e comunicativos. Além disso, as oportunidades de negócios decorrentes do BIM fazem parte da vantagem competitiva da organização e são usadas para atrair e manter clientes.

4.4.2.4 Comparação dos resultados obtidos na aplicação do BIM *Maturity Matrix*

Os índices de maturidade obtidos nas avaliações do BIM *Maturity Matrix* para as empresas E, F e G foram comparados no Quadro 30.

Empresa	E	F	G
Índice de Maturidade BIM	24,16%	46,66%	68,33%

Quadro 30 – Resumo dos resultados das empresas avaliadas pelo BIM *Maturity Matrix*

Fonte: Autora (2019).

Analisando o Quadro 30, constata-se que a organização menos madura é a E e a mais madura é a G. Diferente da análise das empresas avaliadas pelo BIM *Assessment Profile*, neste caso a empresa que utiliza o BIM a mais tempo é a que possui maior maturidade, e a que está em processo de adoção, é a que possui menor maturidade. Este resultado é explicado pelo fato de que a empresa G está em constante processo de desenvolvimento BIM. Em entrevista, a sócia desta organização afirmou que o período de crise econômica vivenciada nos últimos anos foi um fator que estimulou a busca pelo desenvolvimento do BIM, com a finalidade de otimizar os processos da organização, que se viu obrigada a trabalhar com equipes reduzidas.

A empresa F, a mais novata dentre as três, se classificou com uma maturidade média, mesmo sendo criada com uma mentalidade BIM. Na realidade, esta organização ainda está em fase de amadurecimento organizacional, o que afeta os resultados de maturidade BIM. A empresa E, por fim, afirmou estar seguindo um plano

de implantação BIM traçado por um consultor e seguido pela equipe de comitê BIM. Neste caso, é primordial que a organização avalie seu desempenho a cada seis meses pelo método BIM *Maturity Matrix*, para acompanhar as melhorias atingidas e traçar novas metas.

4.4.3 VDC Scorecard

As próximas seções apresentam os resultados da maturidade BIM dos Projetos 1, 2, 3 e 4 avaliados pelo modelo VDC *Scorecard*.

4.4.3.1 Resultados do projeto 1

A empresa B, que também foi avaliada pelo BIM *Assessment Profile*, se dispôs a avaliar a maturidade do Projeto 1 pelo método VDC *Scorecard*, no qual atuou como consultora BIM. Os dados foram coletados em apenas uma reunião com uma das diretoras da organização, e durou aproximadamente uma hora. Neste caso, não foi necessário completar as respostas do questionário com as demais organizações envolvidas no projeto, pois a empresa B foi a responsável pela modelagem, coordenação e compatibilização dos projeto. Os dados básicos do Projeto 1 encontram-se disponíveis no Quadro 31.

Projeto 1	
Empresa Entrevistada	B
Tipo de instalação	Residencial
Tipo de projeto	Nova construção
Fase atual	Construção
Tipo de Contrato	Preço Global
Método de Entrega do Projeto	Projeto Concorrência Construção

Quadro 31 – Informações básicas sobre o Projeto 1

Fonte: Autora (2019).

O Projeto 1 é um edifício residencial de três torres conectadas por um embasamento. Está em fase de construção, nas fases de acabamentos internos e externos.

Após a aplicação do questionário, os dados foram transcritos para a plataforma SBI *bimSCORE* para o cálculo dos resultados, que se encontram demonstrados em um gráfico na Figura 43.

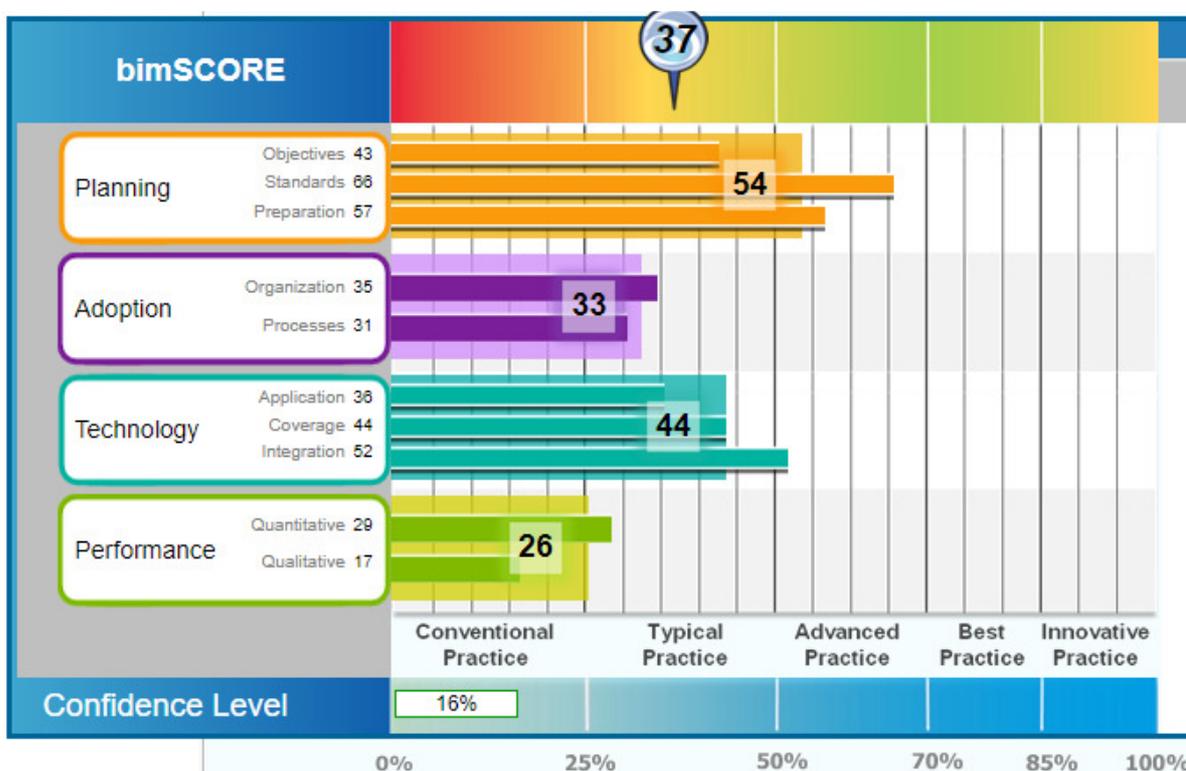


Figura 43 – Resultado da avaliação de maturidade BIM do Projeto 1 pelo VDC Scorecard
Fonte: SBI *bimSCORE* (2019).

Analisando-se a Figura 43, observa-se que o nível de maturidade do Projeto 1 ficou enquadrado como “Prática Típica”, com 37% de maturidade, e representa o nível dois dentre cinco escalas de maturidade.

Quanto aos resultados das áreas de interesse, Planejamento alcançou a maior maturidade, 54%, atingindo a “Prática Avançada”, de forma que a Padronização de Documentações é a prática mais madura. Em seguida a área de Tecnologia, 44%, na qual as atividades de Integração são as mais representativas. Na sequência a área de Adoção, 33%, e por fim Desempenho, 26%, ambas ainda dentro da “Prática Típica”.

De todas as subáreas, os dados relacionados ao desempenho qualitativo, que mede os objetivos BIM, foram os de mais baixa maturidade. Isto pode ser explicado pelo fato de que a empresa listou quatro objetivos qualitativos para o projeto, sendo redução de prazo, redução de custo, extração de quantitativos e compatibilização de projetos. Porém, foi considerado que o objetivo de redução de custos “não atendeu às

expectativas” e os demais objetivos foram encaixados na opção “satisfaz um pouco as expectativas”.

4.4.3.2 Resultados do projeto 2

O Projeto 2 foi avaliado em três empresas diferentes, C, D e E, de forma que a empresa D, incorporadora, contratou as empresas C para entrega de projetos complementares, e E para a concepção do projeto de arquitetura. Para este projeto foi necessário visitar as três empresas envolvidas para conseguir preencher todas as respostas da avaliação, e as três reuniões ocorreram separadamente. Cada reunião contou com a participação de envolvidos no Projeto 2, e as aplicações duraram em torno de uma hora e meia tanto na empresa C como na E, e uma hora na empresa D.

Este foi o primeiro projeto pensado em BIM pela incorporadora D, e a primeira experiência de modelagem pelo escritório de arquitetura E. O escritório C, já com mais experiência, liderou as reuniões BIM. Os dados básicos do Projeto 2 encontram-se disponíveis no Quadro 32.

Projeto 2	
Empresa Entrevistada	C, D e E
Tipo de instalação	Residencial
Tipo de projeto	Nova construção
Fase atual	Construção
Tipo de Contrato	Preço Global
Método de Entrega do Projeto	IPD

Quadro 32 – Informações básicas sobre o Projeto 2

Fonte: Autora (2019).

O Projeto 2 é um edifício residencial de uma torre, e encontra-se em fase de construção. No momento da avaliação, estava em fase de colocação de alvenarias e revestimentos brutos internos e externos.

Após entrevistas e aplicação do método avaliativo nas empresas C, D e E, o resultado foi compilado na plataforma virtual SBI *bimSCORE*, e o resultado foi plotado em um gráfico que pode ser observado na Figura 44.

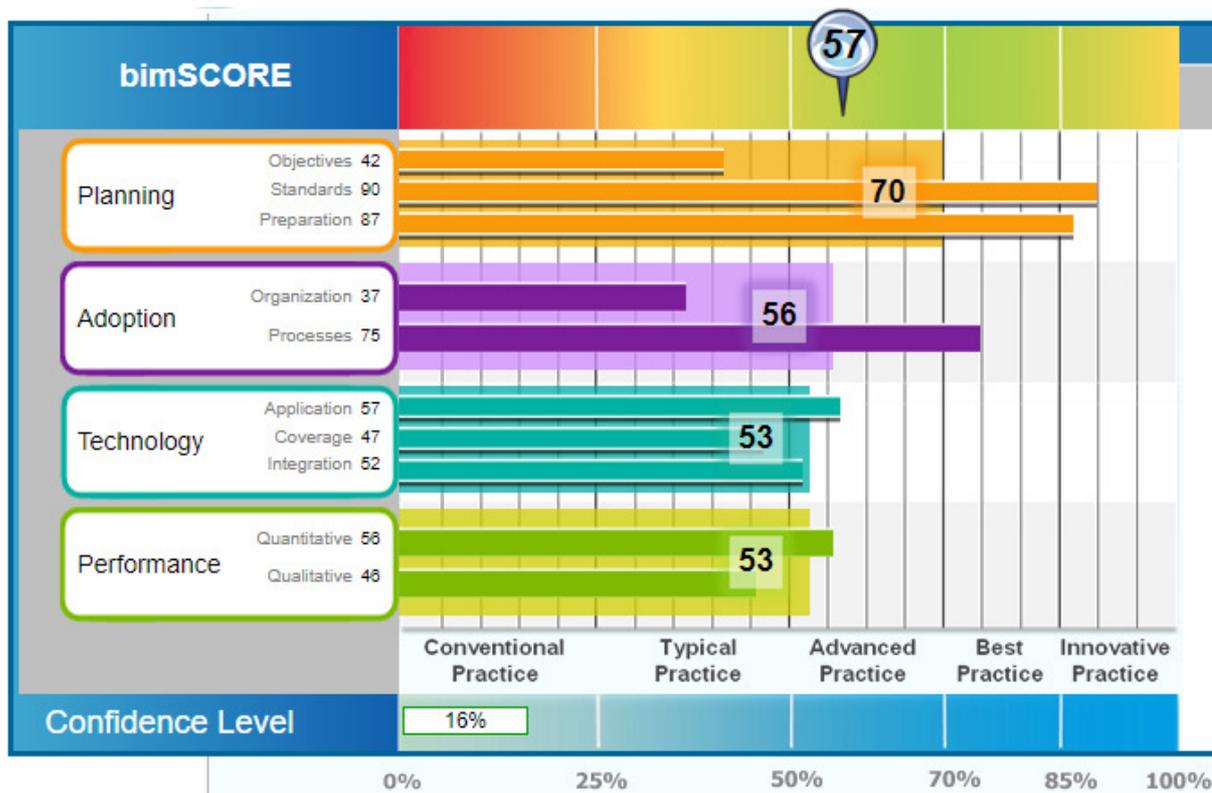


Figura 44 – Resultado da avaliação de maturidade BIM do Projeto 2 pelo VDC Scorecard
 Fonte: SBI *bimSCORE* (2019).

O nível geral de maturidade do Projeto 2 alcançou 57%, e se enquadrou como “Prática Avançada”.

Ao se analisar a Figura 44, conclui-se que os resultados obtidos nas áreas de interesse indicam que o Planejamento alcançou a maior maturidade, 70%, cujas práticas de Padronização de Documentações e Preparação são as mais maduras, atingindo a “Prática Inovadora”, o maior nível de maturidade. Em seguida a área de Adoção, 56%, na qual as atividades relacionadas a Processos são as mais representativas. As áreas de Tecnologia e Desempenho atingiram o mesmo nível de maturidade, 53%. De todas as subáreas, os Processos Organizacionais foram os de mais baixa maturidade, o que pode ser explicado pelo fato de este ser o primeiro projeto em BIM formado pela parceria das empresas.

4.4.3.3 Resultados do projeto 3

O Projeto 3, assim como o 2, também foi avaliado nas empresas C, D e E, e da mesma forma, a incorporadora D contratou as empresas C e E. Este projeto foi o segundo em BIM realizado em parceria entre estas três empresas, e segundo a incorporadora, os objetivos BIM já puderam ser melhor delineados. As reuniões de

avaliação ocorreram em conjunto com as entrevistas do Projeto 2. Os dados básicos do Projeto 3 encontram-se disponíveis no Quadro 33.

Projeto 3	
Empresa Entrevistada	C, D e E
Tipo de instalação	Residencial
Tipo de projeto	Nova construção
Fase atual	Desenvolvimento de Projeto
Tipo de Contrato	Preço Global
Método de Entrega do Projeto	Projeto Construção

Quadro 33 – Informações básicas sobre o Projeto 3
Fonte: Autora (2019).

O Projeto 3 é um empreendimento residencial de três torres, e quando a avaliação foi aplicada, ainda encontrava-se na fase de desenvolvimento de projeto.

O resultado da avaliação pode ser observado na Figura 45.

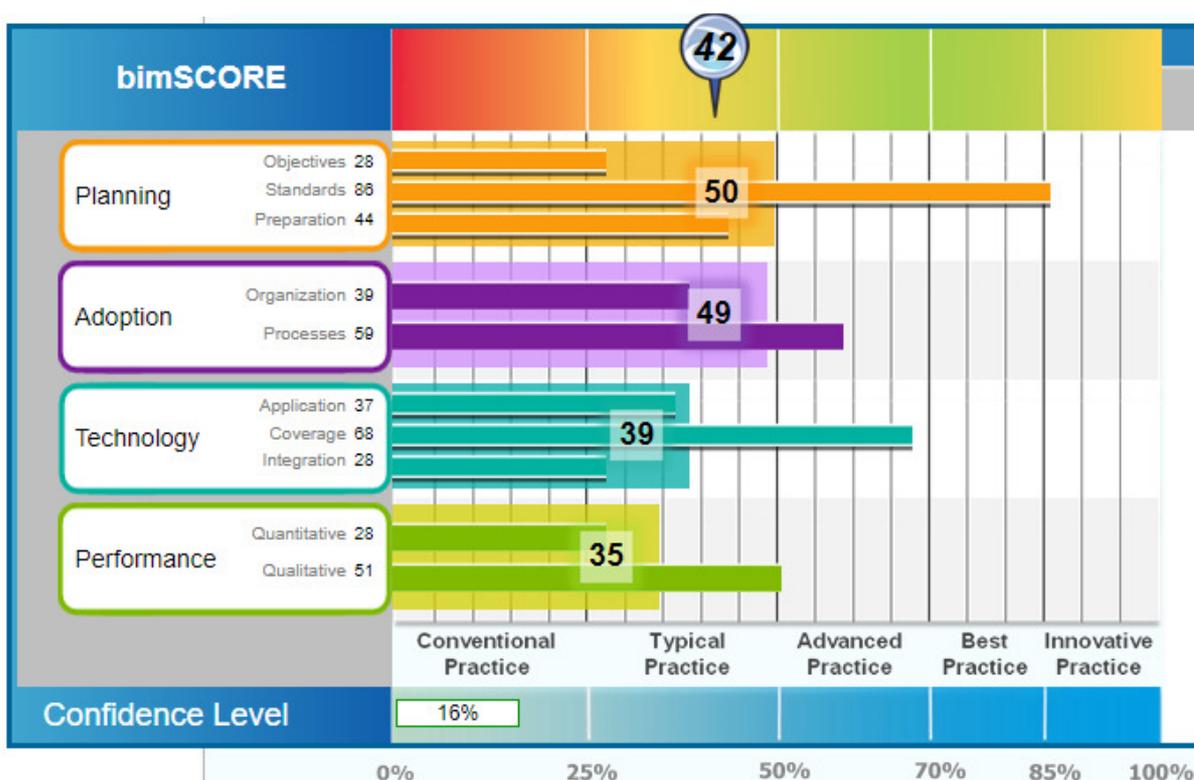


Figura 45 – Resultado da avaliação de maturidade BIM do Projeto 3 pelo VDC Scorecard
Fonte: SBI *bimSCORE* (2019).

Observa-se que o nível de maturidade do Projeto 3 alcançou 42%, e representa a “Prática Típica”.

Quanto às áreas de interesse, Planejamento alcançou a maior maturidade, 50%, de forma que a Padronização de Documentações é a prática mais madura, atingindo o nível de “Prática Inovadora” com 86%, praticamente 20% a mais que a segunda prática mais madura, Cobertura Tecnológica, com 68%. Em seguida, a área de Adoção, com 49%, na qual as atividades relacionadas a Processos são as mais representativas. As áreas de Tecnologia e Desempenho atingiram respectivamente 39% e 35% de maturidade. A prática menos madura é a de desempenho quantitativo, e está relacionada a quantidade de benefícios BIM que podem ser mensurados quantitativamente.

4.4.3.4 Resultados do projeto 4

O Projeto 4 foi avaliado nas empresas parceiras H e I. O escritório H trabalha com projetos de instalações, além de realizar o trabalho de coordenação e compatibilização BIM. A empresa I é construtora e incorporadora, cujos projetos de engenharia são, em sua maior parte, realizados, compatibilizados e coordenados pela empresa parceira H. Os dados básicos do Projeto 4 encontram-se disponíveis no Quadro 34.

Projeto 4	
Empresa Entrevistada	H e I
Tipo de instalação	Residencial
Tipo de projeto	Nova construção
Fase atual	Construção
Tipo de Contrato	Preço Global
Método de Entrega do Projeto	Projeto Construção

Quadro 34 – Informações básicas sobre o Projeto 4

Fonte: Autora (2019).

O Projeto 4 é um edifício residencial, e encontra-se na fase de construção, nos estágios de concretagem estrutural e colocação de alvenaria.

A avaliação do projeto foi realizada em uma mesma reunião com um responsável de cada empresa, o que gerou confiabilidade nas respostas por haver troca de opinião entre as partes. A duração da avaliação foi de uma hora.

Os resultados obtidos podem ser observados na Figura 46.

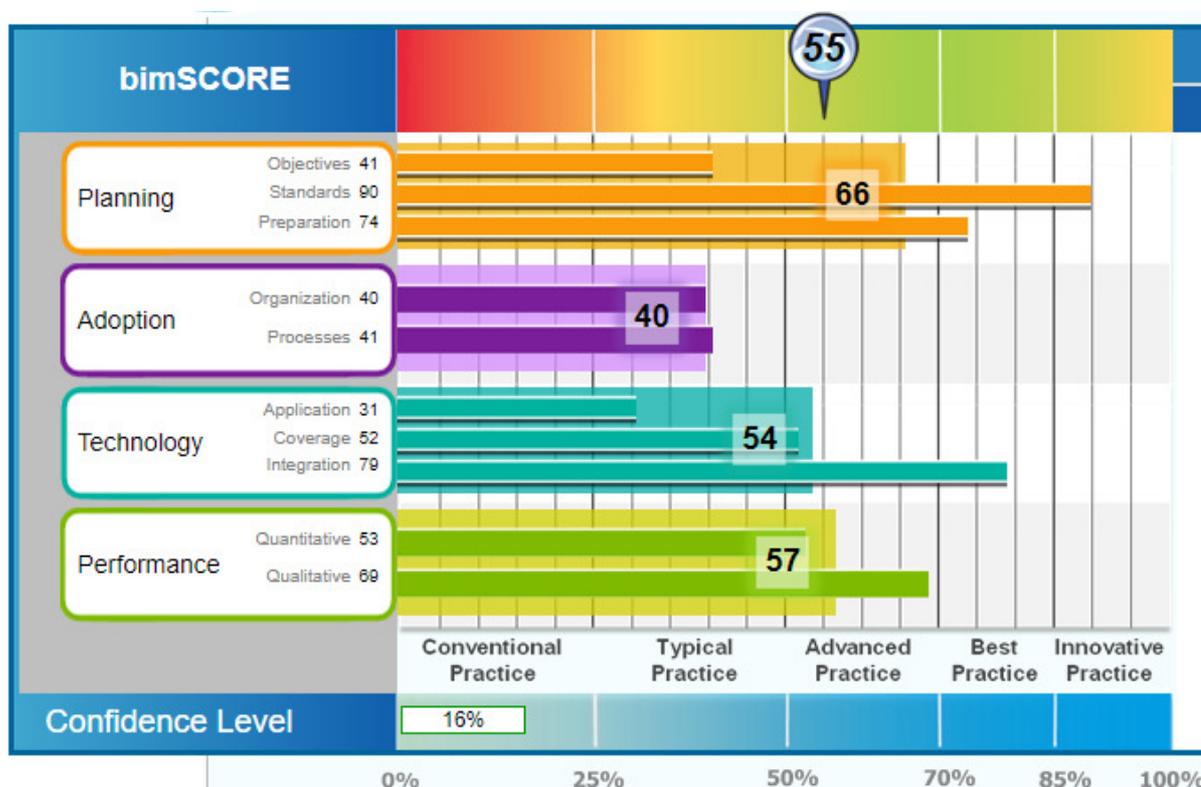


Figura 46 – Resultado da avaliação de maturidade BIM do Projeto 4 pelo VDC Scorecard
Fonte: SBI *bimSCORE* (2019).

Ao se examinar a Figura 46, verifica-se que o Projeto 4 atingiu 55% de maturidade, enquadrando-se na “Prática Avançada”.

Quanto as áreas de interesse, constata-se que a área de Planejamento é a mais madura, com uma média de 66%, cuja prática mais avançada é a de Padronização, que alcançou 90%. Tecnologia e Desempenho obtiveram níveis próximos, 54% e 57% respectivamente. Adoção, no entanto, é a área menos madura, e está relacionada à questões como o envolvimento dos *stakeholders* no BIM e procedimentos de reunião BIM.

4.4.3.5 Comparação dos resultados obtidos na aplicação do VDC Scorecard

Os resultados das maturidades BIM dos Projetos 1, 2, 3 e 4, avaliados pelo VDC Scorecard, estão comparados no Quadro 35.

Projeto	1	2	3	4
BIM Score	37%	57%	42%	55%

Quadro 35 – Resumo dos resultados das empresas avaliadas pelo método VDC Scorecard
Fonte: Autora (2019).

Ao se analisar a comparação dos resultados, observa-se que o Projeto 2 é o de maior maturidade, e o Projeto 1 o de menor maturidade.

Os Projetos 2 e 3 foram executados pelas mesmas empresas, C, D e E, sendo que o Projeto 2 foi o primeiro projeto realizado completamente em BIM por estas três empresas juntas, e o Projeto 3 foi executado na sequência. As empresas afirmaram que através dos aprendizados, houve um maior planejamento da execução do BIM para o Projeto 3. Apesar disso, a maturidade ficou abaixo do primeiro projeto da parceria. Isto pode ser explicado, no entanto, pelo fato de que quando os projetos foram avaliados, o 2 já estava em fase de execução de obra, e o 3 ainda estava em fase de elaboração de projeto. Deste modo, questões como o envolvimento das empreiteiras com os projetos BIM e a definição dos usos do BIM não puderam ser completamente respondidas, afetando o resultado final. Recomenda-se que, no caso do Projeto 3, a avaliação seja realizada novamente quando a fase de construção se iniciar, assim será possível comparar o desempenho do BIM entre os dois projetos.

O Projeto 4 também apresentou um alto nível de maturidade, e isto pode ser explicado pela experiência e maturidade da parceria entre as empresas H e I, que já realizaram mais de 13 empreendimentos juntas, todos com o uso do BIM.

Por fim, o Projeto 1, que atingiu a menor maturidade, foi avaliado na empresa B, consultora BIM. Apesar de a empresa B ter oito anos de experiência, o fato que pode explicar este resultado é o de que as empresas projetistas e a própria construtora e incorporadora do projeto ainda não possuem uma mentalidade BIM, o que puxou a maturidade para baixo. A utilização do BIM dependeu exclusivamente da empresa B, que modelou os projetos, compatibilizou e coordenou as reuniões.

A comparação destas análises e resultados demonstra que os projetos executados por diferentes organizações que utilizam o BIM produzem um melhor desempenho do que os projetos em que o BIM é concentrado em uma única organização.

4.5 ANÁLISE DA APLICABILIDADE DOS MÉTODOS NAS EMPRESAS DE ESTUDO

A aplicação dos métodos nas empresas permitiu formar considerações gerais sobre o desenvolvimento de cada aplicação.

4.5.1 BIM *Assessment Profile*

A partir das entrevistas e aplicações do BIM *Assessment Profile* nas empresas A, B e C, observou-se que o método possui uma aplicação rápida e prática. Nenhuma das avaliações ultrapassou 30 minutos, e como os entrevistados possuíam noções avançadas sobre BIM, não houve problemas na interpretação das questões.

No geral, observou-se que a cadência dos níveis de maturidade se mostraram coerentes, evoluindo à medida que se aumenta o nível de maturidade. Na maioria das questões, o máximo nível de maturidade – otimizado – engloba alternativas que viabilizam a constante atualização e revisão de processos, documentos ou tecnologias. Isto enfatiza a questão de que o nível máximo da maturidade é apenas simbólico, e que os processos devem estar em constante desenvolvimento.

No caso das aplicações em empresas mais maduras, porém, como não existem níveis de grau de maturidade, observou-se que é mais fácil atingir este nível máximo, como foi o caso da empresa C, que atingiu 64% de maturidade. Isto pode afetar a constante avaliação do BIM por esta mesma ferramenta, já que os resultados começam a tender sempre para o nível máximo, desencorajando a organização a avaliar seu processos, e até mascarando as áreas que devem ser aprimoradas, já que todas aparentam estar plenamente desenvolvidas.

Apesar disso, se apresentou como uma ferramenta eficaz para organizações que estão em fases iniciais de implementação do BIM, ou aquelas que não sabem quais os próximos passos para se desenvolver, pois a partir dos resultados demonstrados no gráfico radar, a visualização das áreas para aprimoramento é facilitada. Além disso, a utilização da ferramenta com o auxílio do BIM *Planning Guide for Facility Owners* funciona como um guia para as fases de implementação e desenvolvimentos iniciais.

4.5.2 BIM *Maturity Matrix*

A partir das avaliações nas empresas E, F e G verificou-se que no geral as questões seguem uma linearidade crescente dos níveis de maturidade, o que é característico de modelos baseados no método CMM, já destacado no referencial teórico. A empresa E afirmou que as alternativas de resposta da avaliação eram adequadas com o processo de implementação do BIM no escritório, onde cada passo que estavam planejando desenvolver se mostraram condizentes com os níveis de maturidade da avaliação.

Tanto as perguntas quanto as alternativas de respostas indicam passos de uma implementação BIM, o que auxilia na definição de metas para o desenvolvimento da tecnologia nas organizações.

No entanto, percebeu-se que algumas das questões do método avaliativo BIM *Maturity Matrix* não se enquadram na realidade de organizações de pequeno porte, como foi o caso das três empresas avaliadas. Questões que tratam da constância de programas de treinamentos, alternância da liderança, e controle das práticas de recursos humanos não se mostraram condizentes com a realidade destas organizações.

Quanto a sequência dos níveis de maturidade, notou-se que em algumas questões ocorreram alguns “saltos” de um nível para o outro, como foi o caso da questão relacionada a contratos, que gerou um erro de avaliação na empresa G. Além disso, algumas questões como a de Liderança & Gerenciamento trouxeram diversos conceitos e métricas em uma mesma alternativa de resposta, como “visão BIM”, “BIM como inovação” e “oportunidades de negócio decorrentes do BIM”. Isso ocasionou uma falha de resposta na avaliação da empresa E, onde dois níveis de maturidade foram marcados com a opção “parcial”, indo contra a recomendação do autor da ferramenta.

4.5.3 VDC *Scorecard*

A avaliações realizadas pelo VDC *Scorecard* duraram no máximo uma hora e meia de aplicação. As perguntas e respostas eram objetivas, diretas e curtas. Os respondentes, no entanto, precisavam ler as questões mais de uma vez para compreender o que era solicitado, pois não são disponibilizadas explicações ou

exemplos de respostas. A equipe de suporte disponibilizada pela empresa *bimScore* se mostrou presente e solícita, respondendo a todas as dúvidas por parte da autora desta pesquisa.

No geral, houve certa dificuldade em coletar dados básicos das organizações, como “tipo de contrato” e “método de entrega do projeto”, cujas definições são pouco disseminadas na realidade brasileira. O método de entrega *Integrated Project Delivery* (IPD), por exemplo, que é um dos métodos mais utilizados em projetos BIM internacionalmente, no Brasil é utilizado primordialmente em contratos de obras de arte (ANDRZEJEWSKI et al., 2017), sendo um conceito pouco difundido no ramo da construção civil, visto que a maioria dos respondentes não conheciam este termo.

Outro fator que se repetiu em praticamente todas as avaliações foi o de que os respondentes não detinham informações da metragem e do orçamento do projeto de prontidão, e tiveram que entrar em contato com outros setores da empresa para coletar a informação. Antes das reuniões, todas as empresas foram alertadas para que selecionassem um projeto realizado em BIM e que tivessem as informações a mão, para facilitar o andamento das avaliações. Isto demonstra uma cultura de falta de centralização das informações.

No caso das avaliações que ocorreram em reuniões separadas, Projetos 2 e 3, houve situações onde as respostas para as questões se desconstruíram. Neste caso, recorreu-se a equipe de assistência oferecida pelo *bimScore*, e a recomendação foi a de que a coleta das informações deveria ocorrer em reuniões onde todos os envolvidos estivessem presentes.

Apesar das dificuldades, o andamento das aplicações foi satisfatório, e gerou resultados condizentes com a realidade das organizações avaliadas.

4.6 ANÁLISE DA PERCEPÇÃO DOS MÉTODOS PELAS EMPRESAS DE ESTUDO

Após a aplicação das avaliações em cada organização, foi realizada a pesquisa de opinião com os entrevistados com base na Escala *Likert*.

As respostas da primeira questão, sobre a necessidade de avaliar a maturidade do BIM, estão compiladas na Figura 47, onde se apresenta a escala *Likert* de 1 a 5, e as respostas das nove empresas nas células destacadas.

Qual a necessidade de avaliar a maturidade BIM?					
Empresa / Escala Likert	1 Muito Pouca	2 Pouca	3 Irrelevante	4 Necessária	5 Muito Necessária
A					
B					
C					
D					
E					
F					
G					
H					
I					

Figura 47 – Pesquisa de opinião quanto a necessidade de avaliar a maturidade do BIM
Fonte: Autora (2019).

Analisando a Figura 47, verifica-se que das nove empresas entrevistadas, seis classificaram como Necessária (Escala 4) a necessidade de se avaliar a maturidade BIM, e três classificaram como Muito Necessária (Escala 5). Apesar de apenas as empresas C e D praticarem a avaliação de maturidade BIM – ambas já haviam aplicado o *BIM Assessment Profile* em 2018 – e que apenas a empresa E já tinha ouvido falar sobre modelos avaliativos através de serviços de consultoria BIM, todas as organizações compreendem a importância de uma avaliação para definições de etapas para o desenvolvimento do BIM.

Já em relação ao grau de facilidade de se responder às avaliações, compilou-se os resultados das opiniões dos entrevistados na Figura 48, separadas pelo tipo de método avaliativo e cujas respostas também são representadas pelas células destacadas.

Qual a facilidade de responder a avaliação?					
Empresa Escala Likert	1 Muito Difícil	2 Difícil	3 Médio	4 Fácil	5 Muito Fácil
VDC SCORECARD					
B					
C					
D					
E					
H					
I					
BIM ASSESSMENT PROFILE					
A					
B					
C					
BIM MATURITY MATRIX					
E					
F					
G					

Figura 48 – Pesquisa de opinião quanto a facilidade em responder a avaliação
Fonte: Autora (2019).

Ao se examinar a Figura 48, observa-se que os três métodos obtiveram respostas de escalas 3 e 4, consideradas nível médio e fácil, respectivamente.

Das seis empresas as quais foram aplicadas o *VDC Scorecard*, as respostas se dividiram igualmente entre estas duas alternativas. No caso das empresas B e C houve uma certa dificuldade em responder algumas informações básicas do projeto, como o orçamento e o tipo de contrato estabelecido. A avaliação na empresa D ocorreu com apenas um respondente, o que gerou certa insegurança ao se analisar e responder as questões. Já as empresas H e I responderam a avaliação do projeto juntas, o que trouxe maior discussão e entendimento às perguntas, e a empresa E contou com a participação de duas arquitetas na avaliação, o que também trouxe maior segurança às respostas.

O *BIM Assessment Profile* contou com dois votos de escala 4 (fácil) e um voto de escala 3 (médio). Apesar de ser um método visualmente simples, na opinião do diretor entrevistado da empresa C, cada questão traz reflexões e conceitos importantes e que merecem ser analisados com cautela. O diretor acredita, ainda, que

o grau de facilidade em se responder a avaliação está vinculado ao grau de conhecimento que o respondente tem sobre o BIM, por apresentar questões e termos técnicos, como “ND” (Nível de Desenvolvimento) e “nível de quebra do elemento”. Neste sentido, a orientação do guia “*BIM Planning Guide for Facility Owners*” é a de que a avaliação seja conduzida pelo comitê BIM da organização, formado por pessoas que possuam o conhecimento de informações relacionadas a implementação do BIM na empresa.

Por fim o BIM *Maturity Matrix* obteve dois votos na escala 3 (médio), e um voto na escala 4 (fácil). A maior dificuldade na aplicação deste método é a de que as respostas de cada nível de maturidade são bastante longas e, por muitas vezes, abrangem muitos tópicos em uma mesma questão. Um exemplo já citado em seções anteriores é o caso da questão de Liderança & Gerenciamento, que traz pelo menos três conceitos em uma única alternativa, o que gerou, nas três aplicações, certa confusão em demarcar as respostas.

A última pergunta, que investiga se as questões dos métodos são condizentes com a realidade das empresas, encontra-se na Figura 49, cujas respostas estão representadas nas células destacadas, e separadas pelo tipo de método avaliativo.

Os questionamentos são condizentes com a realidade da empresa?					
Empresa / Escala Likert	1 Muito Pouco Condizente	2 Pouco Condizente	3 Médio	4 Condizente	5 Muito Condizente
VDC SCORECARD					
B					
C					
D					
E					
H					
I					
BIM ASSESSMENT PROFILE					
A					
B					
C					
BIM MATURITY MATRIX					
E					
F					
G					

Figura 49 – Pesquisa de opinião quanto aos questionamentos serem condizentes com a realidade das empresas respondentes
Fonte: Autora (2019).

Analisando-se a Figura 49, observa-se que os questionamentos dos métodos BIM *Assessment Profile* e BIM *Maturity Matrix* foram considerados pelos entrevistados como níveis médio (3) e condizente (4) com as organizações.

Já o VDC *Scorecard* chegou a obter uma resposta nível 2 (pouco condizente), uma nível 3 (médio), e quatro consideradas nível 4 (condizente). As seis respostas, seja em menor ou maior grau, são justificadas pela ocorrência de alguns termos e técnicas realizadas nos Estados Unidos que não são condizentes com a realidade brasileira, ou pelo menos com a realidade destas seis organizações. Questões como “tipo de contrato” e “método de entrega do projeto” só foram respondidas com certeza de resposta pela empresa H. Termos como “*Request for Information*” (RFI), que representa um documento que formaliza o pedido de uma informação, não eram conhecidos pelos respondentes. Os Níveis de Desenvolvimento (ND), cuja sequência de informações segue o modelo da *American Institute of Architects* (AIA) é diferente da sequência disponibilizada por guias brasileiros como o CBIC (2016).

No caso do *BIM Assessment Profile*, um voto foi para a escala 3 (médio) e dois votos para a escala 4 (condizente). A empresa A não concordou com algumas alternativas relacionadas ao nível de maturidade 5 (otimizado), principalmente quanto às perguntas de infraestrutura, onde o nível otimizado propõe uma atualização contínua de *hardware*, *software* e espaço físico da organização. No geral, não houve problemas interpretativos, e as questões relacionadas com padronizações não indicam políticas e modelos específicos, o que torna a avaliação flexível e adaptável.

Por fim, o *BIM Maturity Matrix* recebeu duas avaliações de nível 3 (médio), e uma avaliação de nível 4 (condizente), por se considerar que alguns procedimentos não são realizados na realidade destas três organizações, como a definição de contratos BIM, a partilha de gerenciamento de riscos e recompensas entre organizações.

4.7 ANÁLISE DAS QUALIDADES DOS MODELOS AVALIATIVOS

Após os resultados obtidos nas comparações das métricas, nas análises dos princípios dos modelos, e na aplicação prática dos métodos em organizações, foi possível analisar as qualidades dos métodos de maturidade com base nos estudos de Moody e Shanks (1994) e Wu et al. (2017).

As escalas de qualidade de cada uma das ferramentas de medição de maturidade podem ser observadas no Quadro 36.

Qualidade	<i>BIM Assessment Profile</i>	<i>BIM Maturity Matrix</i>	<i>VDC Scorecard</i>
Simplicidade	5	4	2
Abrangência	4	4	5
Flexibilidade	5	3	2
Compreensibilidade	4	4	3
Implementabilidade	5	4	2

Quadro 36 – Escalas de qualidade dos métodos de medição de maturidade

Fonte: Autora (2019).

A explicação para as notas das qualidades dos métodos são explicadas pelos seguintes motivos:

a) Simplicidade: O *BIM Assessment Profile* é um modelo curto, fácil de aplicar e com duração de avaliação de no máximo 30 minutos. Pode ser utilizado por qualquer pessoa dentro da organização que tenha conhecimentos da implementação do BIM. O *BIM Maturity Matrix* também apresenta uma estrutura simples, porém apresenta maior complexidade de avaliação, pois permite categorizar os níveis de maturidade em condições de *status* “atingido”, “parcialmente atingido” e “não atingido”. Além disso, é mais longo e a aplicação é a que leva mais tempo para ser concluída dentre os três métodos, em torno de duas horas. Já o *VDC Scorecard* é uma estrutura que se mostra mais complexa por apresentar características descritivas e prescritivas, como já demonstrado, além de não apresentar explicações sobre as questões e depender de uma plataforma virtual para gerar o resultado.

b) Abrangência: De acordo com a análise das métricas, O *BIM Maturity Matrix* é o modelo que apresenta uma distribuição de métricas mais homogêneas dentre as três áreas analisadas (tecnologias, processos e pessoas). Já o *VDC Scorecard* é o que apresenta maior quantidade de métricas, além de aprofundar as questões de processos em conceitos técnicos. O *BIM Assessment Profile* abrange todas as três áreas de interesse organizacional, apresenta maior variedade de métricas que o *BIM Maturity Matrix*, porém de forma mais subjetiva.

c) Flexibilidade: O *BIM Assessment Profile* foi criado originalmente para empresas incorporadoras, mas pode ser adaptado para quaisquer organizações da AEC. O *BIM Maturity Matrix* foi projetado para atender tanto organizações quanto equipes de projeto, o que torna o modelo flexível. Porém, de acordo com as aplicações práticas nas organizações, não se apresentou um modelo tão adequado para empresas de pequeno porte. A mesma inferência pode ser feita para o *VDC Scorecard*, que avalia apenas equipes de projetos, e a aplicação se torna mais otimizada em projetos de grande porte. Além disso, o modelo avaliativo é pouco flexível quanto as alternativas de respostas.

d) Compreensibilidade: Tanto o *BIM Assessment Profile* quanto o *BIM Maturity Matrix* são acompanhados de documentos explicativos de aplicação, o que favorece a compreensão pelo usuário. Também foram levadas em consideração as opiniões dos entrevistados em relação a facilidade de aplicação destes métodos. Já o *VDC*

Scorecard, apesar de apresentar artigos que esclareçam noções da ferramenta, não necessita de guias explicativos de aplicação, por ser guiado e auxiliado por um consultor especializado.

e) Implementabilidade: O *BIM Assessment Profile* não requer custos financeiros, e pode ser instituído por uma equipe de colaboradores da própria empresa. Da mesma forma, o *BIM Maturity Matrix* também não exige custos financeiros, porém exige mais tempo de aplicação. O *VDC Scorecard*, no entanto, carece de um investimento financeiro de consultoria para conduzir a aplicação, o que pode tornar menos viável a sua implementação.

As qualidades com as respectivas notas foram plotadas em gráficos estilo radar para cada um dos modelos de mensuração. O resultado do *BIM Assessment Profile* pode ser observado na Figura 50.

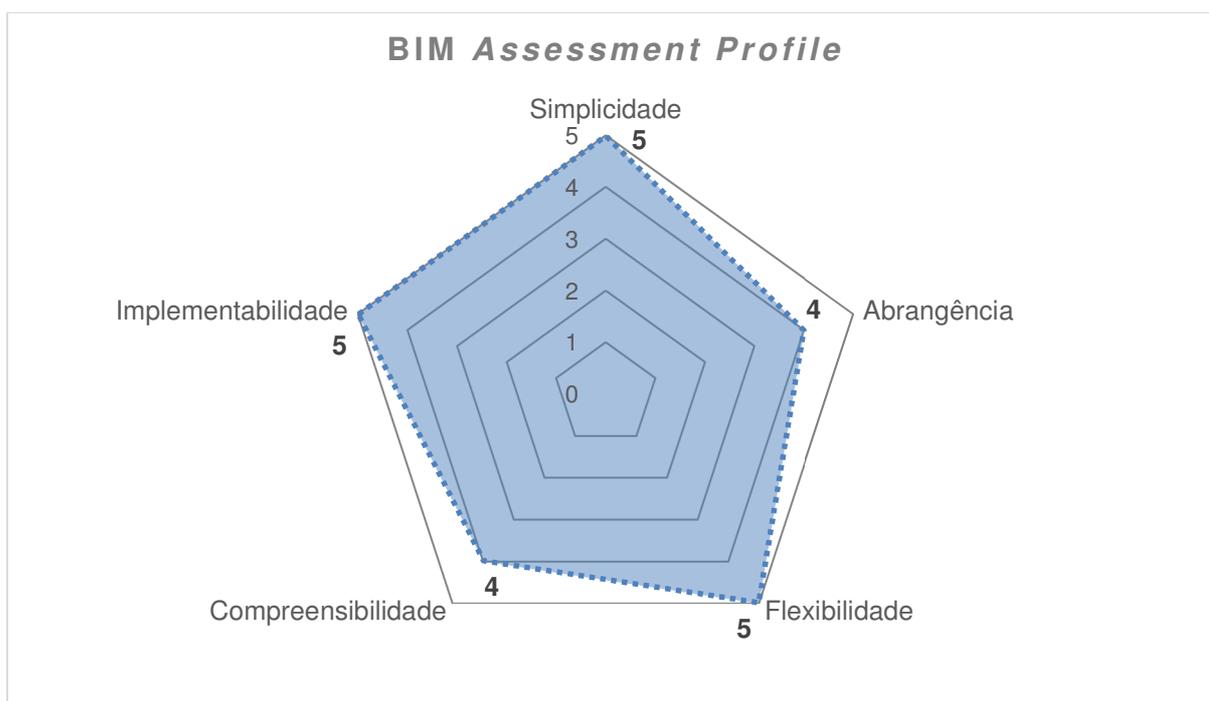


Figura 50 – Qualidades do modelo de maturidade *BIM Assessment Profile*
 Fonte: Autora (2019), baseado em Wu (2017).

Analisando-se a Figura 50, observa-se que, no geral, o *BIM Assessment Profile* engloba de maneira satisfatória os requisitos de qualidade. Segundo Moody e Shanks (1994) há uma relação positiva entre estas qualidades, onde a simplicidade aumenta a compreensão, a flexibilidade e a implementabilidade. Estes critérios possibilitam que mais organizações adotem este modelo de maturidade.

O resultado do BIM *Maturity Matrix* pode ser observado na Figura 51.

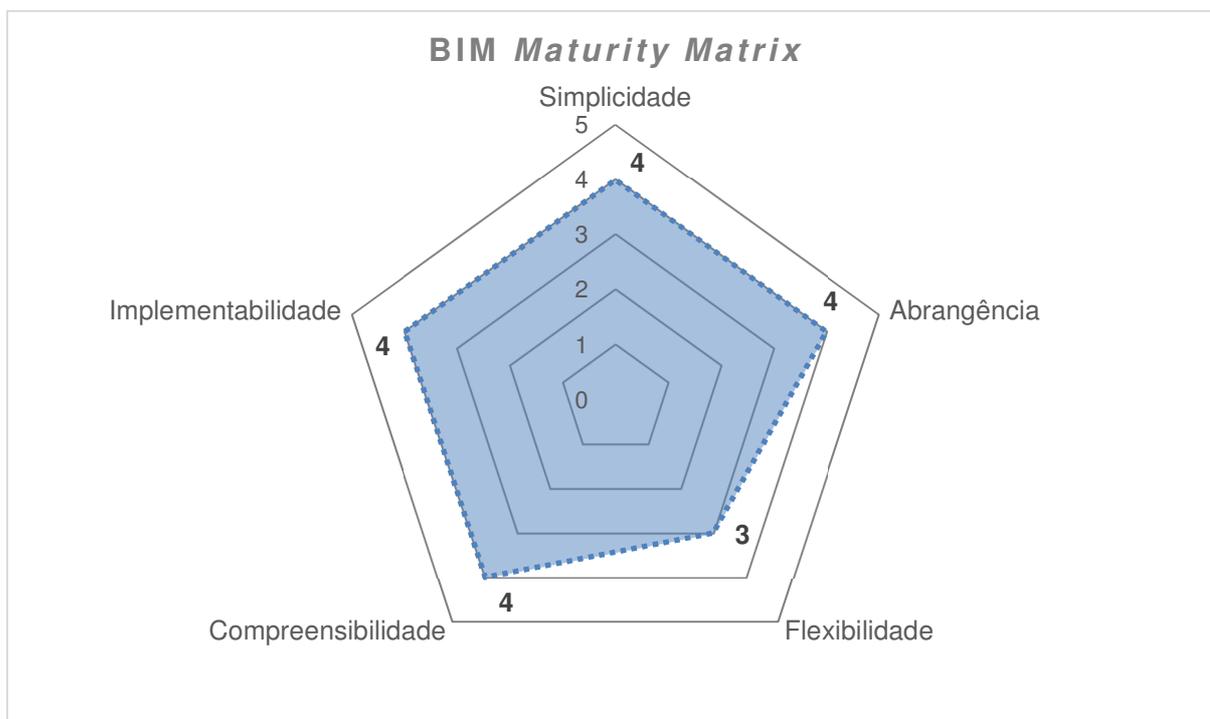


Figura 51 – Qualidades do modelo de maturidade BIM *Maturity Matrix*
Fonte: Autora (2019), baseado em Wu (2017).

Ao se estudar a Figura 51, verifica-se que o item de menor valor é o de flexibilidade. O fato de se utilizar as condições de *status* “atingido”, “parcialmente atingido” e “não atingido” aumentou a complexidade do método, o que inferiu diretamente na questão de flexibilidade. Além disso, o grau de abrangência de algumas questões, pode limitar a utilização da ferramenta em pequenas empresas, por estas não praticarem atividades como “trocas de liderança” ou até mesmo formalização de contratos. Por este motivo, a qualidade de implementabilidade foi afetada, pois restringe a aplicação para médias e grandes empresas.

O resultado do VDC *Scorecard* pode ser observado na Figura 52.

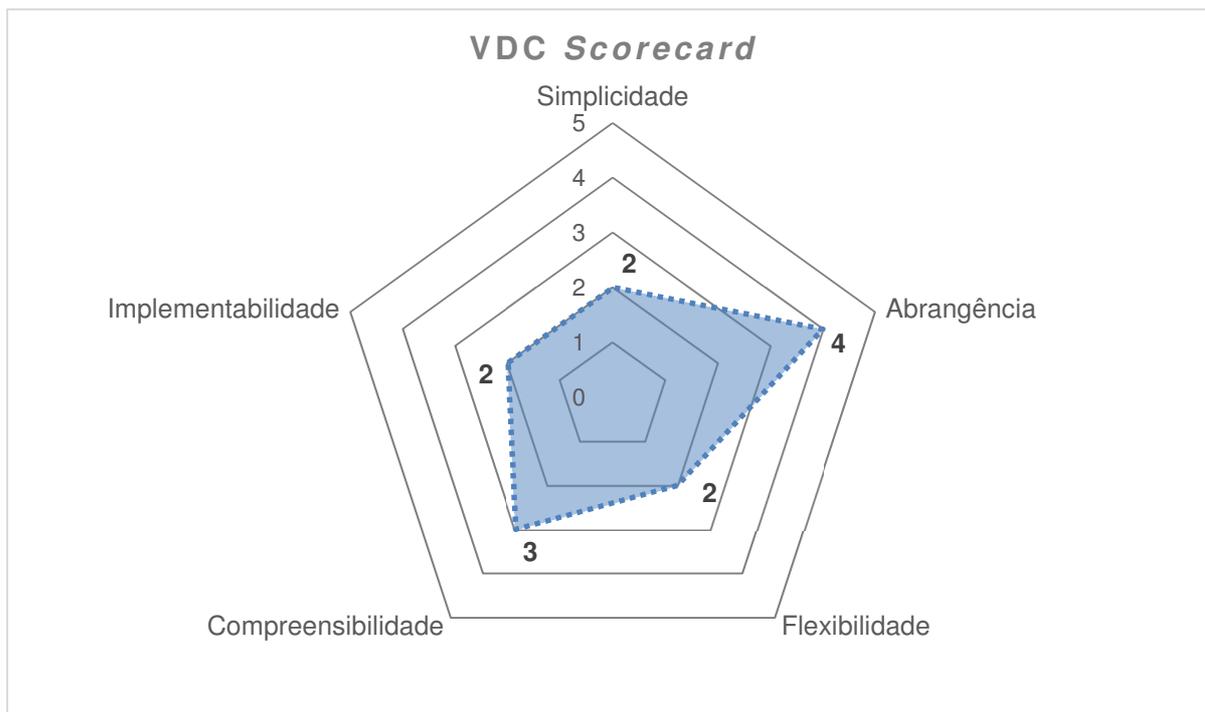


Figura 52 – Qualidades do modelo de maturidade VDC Scorecard
Fonte: Autora (2019), baseado em Wu (2017).

A ferramenta *VDC Scorecard*, a partir da análise da Figura 52, apresenta baixos valores de qualidade. Neste caso, a alta complexidade diminui a compreensão e aumenta a rigidez do modelo, o que ocasiona em uma baixa implementabilidade. Neste caso, diante de todas as características deste método, as quais são grande abrangência das métricas, avaliação de caráter prescritivo, investimento financeiro e disponibilidade de plataforma virtual, é imprescindível que a avaliação realmente ocorra com o auxílio de um consultor. Assim, o grau de aplicação deste método torna-se limitado a grandes empresas que necessitem de consultoria especializada e de resultados assertivos.

4.8 SUGESTÃO DE UM MÉTODO DE MEDIÇÃO DE MATURIDADE BIM ADAPTADO AO CONTEXTO BRASILEIRO

De acordo com todas as análises realizadas para cada um dos métodos, podem se sugerir recomendações de uso para cada modelo de acordo com a realidade das organizações brasileiras do setor da AEC.

O *BIM Assessment Profile*, por apresentar características básicas, simples, flexíveis, e de alta implementabilidade é recomendado para avaliar a maturidade BIM de organizações que estão em processos iniciais de adoção do BIM, por apresentar com clareza os passos de implementação desta tecnologia. Também, pode ser

utilizado pelas organizações que já trabalham com o BIM a mais tempo, mas não evoluíram o processo de implementação e desejam conhecer os próximos passos. É indicado para empresas de pequeno porte, pois as questões tratam da organização como um todo, e não a estratifica em equipes de projeto ou rodízios de liderança. Além disso não despende de custos financeiros, e o tempo investido para a avaliação é relativamente baixo.

O BIM *Maturity Matrix* também apresenta características básicas, porém, apresenta um nível maior de complexidade. Por isso, o próprio autor da ferramenta (SUCCAR, 2010) recomenda que a organização que pretende utilizar a ferramenta já possua um nível inicial do BIM, já tendo ultrapassado a etapa pré-BIM, etapa onde ainda estão sendo desenvolvidas práticas de escolha de *software*, *hardware*, treinamentos iniciais e mudança cultural. Por ter a flexibilidade de avaliar a organização ou equipes de projeto, recomenda-se que seja aplicado em empresas de médio ou grande porte, pois apresenta questões sobre áreas de recursos humanos, jurídicas, quando se trata de contratos, e rotatividade de lideranças. Para utilizar a ferramenta de granularidade nível 1 (GL 1), não há investimentos financeiros, mas pode demandar maior tempo de aplicação em relação aos demais métodos.

Por fim, o VDC *Scorecard* se apresenta como a ferramenta mais complexa, e abrange características básicas, descritivas e prescritivas, por oferecer suporte para auxiliar a avaliação. Possui características complexas e pouco flexíveis. É recomendado para empresas de grande porte, por avaliar o nível de maturidade BIM de projetos.

Ainda, para um melhor aproveitamento da ferramenta, a utilização ideal do método é para empresas que possuam mais de um setor de disciplinas de projetos, pois há diversas questões que envolvem o desempenho dos projetistas, além das construtoras, empreiteiras e incorporadoras. No caso de se avaliar projetos com equipes separadas, há dificuldade na coleta das informações, e pode haver desencontro destas informações. Segundo o SEBRAE (2016), 91% das empresas de construção civil brasileiras possuem menos de 29 funcionários, caracterizando empresas de pequeno porte, e 54% são formadas por menos de quatro pessoas, as micro empresas, o que restringe a aplicação do método no país. Além disso, exige

investimento financeiro, e de tempo. O retorno porém, é completo, e o resultado pode ser explorado como fonte de consultoria para os próximos projetos.

Assim, como resultado final, os três métodos podem ser aplicados na realidade brasileira, caindo por terra a hipótese de pesquisa, que supôs que nenhum método seria aplicável.

Considerando que no cenário brasileiro em torno de 70% das organizações que implantaram o BIM o fizeram a menos de dois anos (MCGRAW-HILL *Construction*, 2014) e que 54% das organizações de AEC brasileiras são compostas por menos de quatro colaboradores (SEBRAE, 2016), o *BIM Assessment Profile*, com base nas análises das métricas, dos princípios, das aplicações práticas, das opiniões e das qualidades, é a ferramenta mais indicada para a maior parte das organizações brasileiras.

Além disso, o método é capaz de medir as características exigidas pelo Decreto nº 9.377, BIM BR, que na Fase 1, que entrará em vigor em Janeiro de 2021, irá solicitar as entregas de “Detecção de Interferências” (*clash detections*), “Extração de Quantitativos” e “Documentação Gráfica”, e pode ser adotado pelo Governo Federal como instrumento de avaliação das organizações licitantes.

5 CONCLUSÕES

Neste capítulo encontram-se as principais conclusões obtidas resultantes da elaboração do presente estudo, as limitações encontradas, e as recomendações para trabalhos futuros.

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa em questão permitiu verificar que avaliar a maturidade do BIM é de fato importante para identificar os pontos fortes e os pontos a serem melhorados em uma implementação BIM. Além disso, a utilização de um método sistemático de avaliação proporciona mais eficácia as decisões de adoção de tecnologia, além de validar os benefícios desta adoção, tornando os profissionais suscetíveis a investimentos e avanços de tecnologia duradouros.

Neste estudo, três modelos de maturidade BIM foram aplicados em organizações do setor da AEC de Curitiba-PR, *BIM Assessment Profile*, *BIM Maturity Matrix* e *VDC Scorecard*. Além das aplicações práticas, os métodos foram submetidos a análises dos conjuntos de métricas, dos princípios básicos, descritivos e prescritivos, das qualidades de cada um, além de serem avaliados pelas organizações que participaram das pesquisas de mensuração de maturidade.

Assim, quanto aos conjuntos de métricas, concluiu-se que os três modelos abordam os temas de tecnologias, processos e pessoas, considerados os pilares de uma implantação BIM. Processos foi a área que abrangeu a maior quantidade de métricas nos três métodos em estudo, pois este tema inclui tanto processos organizacionais quanto processos relacionados ao BIM, avaliando desde missão, visão e valores da empresa, até processos contratuais específicos do BIM. O *VDC Scorecard* somou a maior quantidade de métricas nesta área, e isto é explicado pelo fato de que o método avalia equipes de projeto, de forma que engloba também métricas de processos de projeto além das já mencionadas.

O *BIM Assessment Profile* foi o método que obteve a maior quantidade de métricas relacionadas a pessoas, e o *BIM Maturity Matrix* o que obteve maior equilíbrio na distribuição das métricas.

Quanto aos princípios básicos dos modelos, concluiu-se que o VDC *Scorecard* apresentou uma estrutura condizente com características básicas, descritivas e prescritivas, sendo o mais complexo dentre os três métodos. A contratação da ferramenta exige investimento financeiro, mas disponibiliza uma equipe de suporte e assessoria para auxílio do preenchimento das avaliações e interpretação dos resultados. Assim, o resultado é adequado frente a tais características. O BIM *Assessment Profile* e o BIM *Maturity Matrix* se enquadraram apenas nas características básicas. Este resultado condiz com a proposta de cada um, dado que o BIM *Assessment Profile* é considerado um guia para auxiliar na implementação do BIM, e o BIM *Maturity Matrix* (GL 1) é uma ferramenta de análise superficial, e funciona como uma avaliação de “descoberta”.

Após análises, os três métodos foram distribuídos e aplicados em nove empresas do setor da AEC em Curitiba-PR. O BIM *Assessment Profile* foi avaliado nas empresas A, B e C, o BIM *Maturity Matrix* nas empresas E, F e G e o VDC *Scorecard* avaliou quatro projetos das empresas B, C, D, H e I.

Quanto aos resultados das aplicações, concluiu-se que o tempo de adoção do BIM não é essencial para se obter um elevado grau de maturidade. A empresa C, por exemplo, que já iniciou com atuação em BIM em 2015 obteve um índice maior do que a empresa A que adotou a tecnologia em 2010. Já a empresa G, que trabalha com o BIM a mais tempo dentre as avaliadas, desde 2008, foi a que apresentou um dos melhores resultados de avaliação de maturidade. As empresas C e G, apesar de apresentarem um *portfólio* de serviços diferentes, tem em comum a mentalidade de entregar todos os projetos em BIM, mesmo quando não solicitado pelo cliente, diferente da empresa A, que só o faz sob demanda. Portanto, a conclusão das análises destas três empresas é a de que os resultados de maturidade são influenciados pela cultura empresarial, efetividade da liderança e processos adaptados ao BIM.

Concluiu-se também que avançar na maturidade BIM pode ocorrer mais naturalmente para as empresas que já nascem com esta mentalidade, pois os pilares de tecnologias, processos e pessoas já estão adaptados a novas culturas. Esta afirmação pode ser evidenciada a partir dos casos das empresas C, F e H, que já iniciaram as atividades com a mentalidade BIM e apresentaram resultados de

maturidade BIM mais elevados do que empresas que o adotaram posteriormente, como foi o caso das empresas A, B e E. A utilização de ferramentas de medição de maturidade, bem como a adoção de indicadores e metas podem auxiliar tais empresas a avançar no processo de implementação do BIM.

A partir das análises de aplicabilidade, foram identificadas as qualidades relacionadas a simplicidade, abrangência, flexibilidade, compreensibilidade e implementabilidade dos modelos avaliados. Concluiu-se que o *BIM Assessment Profile* é o modelo mais simples, flexível, compreensível e implementável em organizações dentre os três modelos. O *VDC Scorecard* é o mais abrangente, porém é mais complexo e rígido, o que dificulta a compreensibilidade e a implementabilidade nas empresas. O *BIM Maturity Matrix* apresentou resultados similares ao *BIM Assessment Profile*, porém é menos flexível.

Com base no conjunto de características analisadas, concluiu-se que os três modelos podem ser aplicados em organizações de AEC brasileiras, de forma que cada um apresenta particularidades aplicáveis a diferentes tipos e formatos de empresas. Sugere-se que o *BIM Assessment Profile* seja aplicado em organizações que estejam na fase inicial de adoção do BIM, ou que estejam com processos estagnados de implementação. Já o *BIM Maturity Matrix* pode ser adotado por empresas de médio a grande porte, e já devem ter passado do período inicial de adoção. Já o *VDC Scorecard* é indicado para empresas de médio a grande porte que desejam avaliar a maturidade de projetos. Para melhores resultados, sugere-se que a empresa tenha um compartilhamento de informações do projeto acessível a todos os envolvidos, devido a quantidade de dados exigidos ao se responder a avaliação.

De acordo com os fatos de que as organizações brasileiras encontram-se nas fases iniciais de adoção do BIM, e de que grande parte destas organizações são empresas de pequeno porte, sugere-se que o *BIM Assessment Profile* seja, neste momento, a ferramenta de medição de maturidade BIM oficial do Governo Federal, pois se enquadra também nas características da estratégia BIM BR instituída para promover a adoção de tecnologias no setor da construção civil.

5.2 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

A presente pesquisa limitou-se à região de Curitiba-PR, onde foram avaliadas organizações do setor da AEC que já utilizam o BIM.

Além disso, dos 16 métodos de medição de maturidade existentes, três foram selecionados para que suas estruturas avaliativas fossem analisadas e aplicadas nas organizações de Curitiba-PR.

5.3 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Devido a relevância do tema tratado pelo presente estudo para o setor da Construção Civil, recomendam-se as seguintes sugestões para futuros trabalhos.

Sugere-se que os demais métodos de avaliação de maturidade BIM existentes sejam aplicados no contexto brasileiro, de forma a comparar os resultados com o presente estudo. Além disso, poderia se observar a aplicação dos métodos sob outros pontos de vista, como a avaliação da maturidade BIM para auxiliar em contratações ou licitações.

Outro ponto a ser considerado corresponde à ampliação do universo pesquisado. Os resultados relacionados à aplicação do questionário limitaram-se ao município de Curitiba-PR. A expansão deste universo para outros municípios e estados poderia ofertar retornos mais palpáveis para a pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ABDI. **Processo de projeto BIM**: Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC / Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. V. 1; Brasília, DF: ABDI, 2017.
- ANDREIS, Giovana B.; LIMA, Luciana O. **Avaliação Da Perda De Informações no Processo de Transferência de Dados Entre Softwares BIM**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil), Departamento Acadêmico de Construção Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.
- ANDRZEJEWSKI, Ricardo H.; MISAEL, Sergio A. J.; BRANDÃO, José R. M.; ESCOBAR, Marco A. V.; ALMEIDA, André R. **Contratação de serviços de engenharia e de construção de barragens hidrelétricas**. Rio de Janeiro: Comitê Brasileiro de Barragens, 2017.
- ARUP. **Building Information Modelling (BIM)**. Disponível em: <https://www.arup.com/expertise/services/buildings/building-information-modelling>. Acesso em: out. 2018.
- AZHAR, Salman. Building Information Modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. **Leadership and Management in Engineering**, p 241-252, jul. 2011.
- AZZOUZ, Ammar; SHEPHERD, Paul; COPPING, Alex. The Emergence of building information modelling assessment methods (BIM-AMS). Department of Architecture and Civil Engineering University of Bath, Bath, BA27AY, UK, 2016a.
- AZZOUZ, Ammar; COPPING, Alex; SHEPHERD, Paul; DUNCAN, Andrew. Using the Arup BIM maturity measure to demonstrate BIM implementation in practice. **Proceedings of the 32nd Annual ARCOM Conference**, Manchester, UK, Association of Researchers in Construction Management, v. 1, p. 25-34, set. 2016b.
- BADRINATH, Amarnath C.; CHANG, Yun-Tsui; HSIEH, Shang-Hsien. An overview of global research trends in BIM from analysis of BIM publications. **16th international conference on computing in civil and building engineering**, ICCCBE 6-8 jul. 2016, Osaka, Japan, jul. 2016.
- BAKIS, Nick; KAGIOGLOU, Mike; AOUAD, Ghassan. Evaluating the business benefits of information systems. **3rd International SCRI Symposium**, Salford Centre for Research and Innovation, University of Salford, Salford, 2006.
- BARLISH, Kristen; SULLIVAN, Kenneth. How to measure the benefits of BIM — A case study approach. **Automation in Construction**, v. 24, p. 149–159, 2012.
- BASILI, Victor R.; CALDIERA, Gianluigi; ROMBACH, H. Dieter. Goal Question Metric (GQM) Approach. **Encyclopedia of software engineering**, p. 528-532, 1994.
- BIM BR, CONSTRUÇÃO INTELIGENTE. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços, 2018

BIMSCORE. **BimSCORE Online**. Disponível em:

<https://www.sbi.international/index.php/learnmore/value01>. Acesso em: out. 2018.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). Projeto Piloto. Disponível em: <https://www.dnit.gov.br/planejamento-e-pesquisa/bim-no-dnit/projeto-piloto>. Acesso em: nov. 2018, 2018a.

BRASIL. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços, estratégia nacional de disseminação do BIM - Estratégia BIM BR. Disponível em:

<http://www.mdic.gov.br/index.php/competitividade-industrial/ce-bim>. Acesso em: set. 2018, 2018b.

BRITTO, Saulo; SCHEER, Sérgio; KAM, Calvin; FISCHER, Martin. O uso do VDC Scorecard na validação de métodos para análise de desempenho da gestão do processo de projeto no cenário brasileiro. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 71-86, jul./dez. 2015.

BRYDE, David; BROQUETAS, Martí; VOLM, Jürgen M. The project benefits of Building Information Modelling (BIM). **Internationa Journal of Project Management**, v.31, n. 7, out. 2013.

CASSILHA, Simone A. **Ferramentas e Tecnologias: Análise de Empresas Projetistas da Construção Civil**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

CBIC. **Fundamentos BIM - Parte 1**: Implementação do BIM para construtoras e incorporadoras/ Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Brasília: CBIC, 2016.

COMPUTER INTEGRATED CONSTRUCTION RESEARCH PROGRAM (CIC). BIM Planning Guide for Facility Owners. Version 2.0, June, The Pennsylvania State University, University Park, PA, USA, 2013.

DORFMAN, M.; THAYER, R.H. The capability maturity model for software. **Software Engineering**, p. 427- 438, 1997.

DU, Jing; LIU, Rui; ISSA, Raja R.A. BIM Cloud Score: Benchmarking BIM Performance. **Journal of Construction Engineering and Management**, v.140, n.11, nov. 2014.

EADIE, Robert; BROWNE, Mike; ODEYINKA, Henry; MCKEOWN, Clare; MCNIFF, Sean. BIM implementation throughout the UK construction project lifecycle: An analysis. **Automation in Construction**, v.36, p. 145-151, dez. 2013.

EASTMAN, Chuck; TEICHOLZ, Paul; SACKS, Rafael; LISTON, Kathleen. **Manual de BIM**: Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. Porto Alegre: Bookman, 2014.

FALAGAS, Matthew E.; PITSOUNI, Eleni I.; MALIETZIS, George A.; PAPPAS, Georgios. Comparison of PubMed, Scopus, Web of Science, and Google Scholar: strengths and weaknesses. **The FASEB Journal**, v. 22, n. 2, p. 338-342, 2008.

FEITOSA, Artur. Implantação ou Implementação BIM?. BIM Experts, abr. 2019. Disponível em: <https://www.bimexperts.com.br/post/implantacao-ou-implementacao-bim>. Acesso em: jul. 2019.

GAO, Ju. **A Characterization Framework to Document and Compare BIM Implementations on Construction Projects**. 2011. Thesis (Doctor of Philosophy), Department of civil & environmental engineering and the committee on graduate studies of Stanford University, 2011.

GHAFFARIANHOSEINI, Ali; TOOKEY, John; GHAFFARIANHOSEINI, Amirhosein; NAISMITH, Nicola; AZHAR, Salman; EFIMOVA, Olya; RAAHEMIFAR, Kaamran. Building Information Modelling (BIM) uptake: Clear benefits, understanding its implementation, risks and challenges. **Automation in Construction**, v. 75, p. 1046-1053, ago. 2017.

GIEL, Brittany; ISSA, Raja R.A. Synthesis of Existing BIM Maturity Toolsets to Evaluate Building Owners. **ASCE International Workshop on Computing in Civil Engineering**, jun. 23-25, 2013.

GIEL, Brittany; ISSA, Raja R.A. Framework for Evaluating the BIM Competencies of Building Owners. **International Conference on Computing in Civil and Building Engineering**, Orlando, Florida, United States, jun. 23-25, 2014.

GIEL, Brittany; ISSA, Raja R.A. Framework for Evaluating the BIM Competencies of Facility Owners. **Journal of Management in Engineering**, v. 32, n. 1, jan. 2016.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GRILO, António; JARDIM-GONÇALVES, Ricardo. Value proposition on interoperability of BIM and collaborative working environments. **Automation in Construction**, v.19, n. 5, ago. 2010.

GU, Ning; LONDON, Kerry. Understanding and facilitating BIM adoption in the AEC industry. **Automation in Construction**, v.19, n.8, p. 988-999, dez. 2010.

HIETANEN, Jiri; LEHTINEN, Sakari. The Useful Minimum. **Working Paper**, Tampere University of Technology, Virtual Building Laboratory, 2006.

INDIANA UNIVERSITY. BIM Design & Construction Requirements – Indiana University. AGC BIM Forum – Philadelphia. Out. 2009.

JUNG, Youngsoo; JOO, Mihee. Building information modelling (BIM) framework for practical implementation. **Automation in construction**, v. 20, n. 2, p. 126-133, mar. 2011.

KAM, Calvin; SENARATNA, Devini; MCKINNEY, Brian; XIAO, Yao; SONG, Min H. The VDC Scorecard: Formulation and Validation. **CIFE Working Paper #WP135**. Stanford University, 2013.

KAM, Calvin. Managing BIM Projects, Organizations, and Policies: Turning Aspirations into Quantitative Measures of Success. In: KENSEK, Karen M.; NOBLE, Douglas. **Building Information Modeling: BIM in Current and Future Practice**. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2014. cap. 20, p. 269 – 280.

KAM, Calvin; SONG, Min H.; SENARATNA, Devini. VDC Scorecard: Formulation, Application, and Validation. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 143, n. 3, mar. 2017.

KASSEM, Mohamad; AMORIM, Sergio R. L. BIM Building Information Modeling no Brasil e na União Europeia. Apoio aos Diálogos Setoriais EU-Brasil, Fase III. Brasília, 2015.

KASSEM, Mohamad; SUCCAR, Bilal. Macro BIM adoption: Comparative market analysis. **Automation in construction**, v. 81, p. 286-299, set. 2017.

KHOSHGOFTAR, Mohammad; OSMAN, Omar. Comparison of Maturity Models. **Proceedings of Computer Science and Information Technology**, 2009.

KLIMKO, Gabor. Knowledge management and maturity models: Building common understanding. **Proc. of the 2nd European Conference on Knowledge Management**, 2001.

KUNZ, John; FISCHER, Martin. Virtual Design and Construction: Themes, Case Studies and Implementation Suggestions. **CIFE Working Paper #097**. Stanford University, v. 14, jan. 2012

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina A. **Fundamentos da Metodologia Científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LIANG, Cong; LU, Weisheng; ROWLINSON, Steve; ZHANG, Xiaoling. Development of a Multifunctional BIM Maturity Model. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 142, n. 11, 2016.

LIU, Rui; DU, Jing; ISSA, Raja R. A.; GIEL, Brittany. BIM Cloud Score: Building Information Model and Modeling Performance Benchmarking. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 143, n.4, 2017.

LOCKAMY III, Archie; MCCORMACK, Kevin. The development of a supply chain management process maturity model using the concepts of business process orientation. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 9, n. 4, p. 272-278, 2004.

MACHADO, Fernanda A.; RUSCHEI, Regina C.; SCHEER, Sergio. Análise da produção científica brasileira sobre a Modelagem da Informação da Construção. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 4, p. 359-384, out./dez. 2017.

MAHAMADU, Abdul-Majeed. **Development of a decision support framework to aid selection of construction supply chain organisations for BIM-enabled projects**. 2017. Thesis (Doctor of Philosophy), Faculty of Environment and Technology, University of the West of England, Bristol, 2017.

MCCUEN, Tamera L.; SUERMANN; Patrick C.; KROGULECKI, Matthew J. Evaluating Award-Winning BIM Projects Using the National Building Information Model Standard Capability Maturity Model. **Journal of Management in Engineering**, v. 28, n. 2, abr. 2012.

MCGRAW-HILL Construction. The Business value of BIM for construction in Major Global Markets. Nova York: Smart Market Report, 2014.

MOODY, Daniel L.; SHANKS, Graeme G. What makes a good data model? Evaluating the quality of entity relationship models. **International Conference on Conceptual Modeling**. p. 94-111, 1994.

NBS. **International BIM Report**, 2016.

NIBS (National Institute of Building Sciences). National building information modeling standard, v.3. Chapter 5.2 – Minimum BIM, Washington, DC, 2015.

OLIVEIRA, Patrícia P. C.; ANDRADE, Laura C. M.; GUIMARAES, Mariana E.; SILVA, Patrícia G.; SANTOS, Leonardo R. S. Aeroporto digital – garantir infraestrutura e serviços de qualidade utilizando processos BIM. Disponível em: https://www.academia.edu/35702441/AEROPORTO_DIGITAL_GARANTIR_INFRAESTRUTURA_E_SERVI%C3%87OS_DE_QUALIDADE_UTILIZANDO_PROCESSOS_BIM. Acesso em: nov. 2018.

OZORHON, Beliz; KARAHAN, Ugur. Critical Success Factors of Building Information Modeling Implementation. **Journal of Management in Engineering**, v.3, n. 33, May 2017.

PAULK, Mark C.; CURTIS, Bill; CHRISSIS, Mary B.; WEBER, Charles V. Capability Maturity Model for Software, Version 1.1. Software Engineering Institute. Carnegie Mellon University, 1993.

PAULK, Mark C. A History of the Capability Maturity Model for Software. The Software Quality Profile, v.12. n.1, 2009.

PÖPPELBUß, Jens; RÖGLINGER, Maximilian. What makes a useful maturity model? A framework of general design principles for maturity models and its demonstration in business process management. **European Conference on Information Systems (ECIS) 2011 Proceedings**. v. 28, 2011.

PORTUGUÊS. Implantação e Implementação. Disponível em: <https://www.portugues.com.br/gramatica/implantacao-implementacao.html>. Acesso em: jul. 2019.

RUSCHEL, Regina C.; ANDRADE, Max L. V. X.; MORAIS, M. O Ensino de BIM no Brasil: Onde Estamos?. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 13, n. 2, p. 151-165, abr./jun. 2013.

SANTOS, William R. **Estudos de Caso de Implementação da Modelagem da Informação da Construção em Microescritórios de Arquitetura**. 2016. Dissertação (Mestrado em Habitação: Planejamento e Tecnologia) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), 2016.

SBI International. **bimSCORE**. Disponível em: <https://www.sbi.international/>. Acesso em: jan. 2019.

SCOPUS. Elsevier. Disponível em: <http://www.elsevier.com/online-tools/scopus>. Acesso em: 08 nov. 2018.

SEBASTIAN, Rizal; VAN BERLO, Léon. Tool for Benchmarking BIM Performance of Design, Engineering and Construction Firms in the Netherlands. **Architectural Engineering and Design Management**, v. 6 n. 4, p. 254-263, 2010.

SEBRAE. **Anuário do trabalho na micro e pequena empresa**. 6. Ed. São Paulo: Dieese, 2013.

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

SUCCAR, Bilal. **Episode 13: The BIM maturity index**. dez. 2009b. Disponível em: <https://www.bimthinkspace.com/2009/12/episode-13-the-bim-maturity-index.html>. Acesso em: nov. 2018.

SUCCAR, Bilal. Building Information Modelling Maturity Matrix. Handbook of Research on Building Information Modeling and Construction Informatics: Concepts and Technologies. **IGI**, p.65-103, 2010.

SUCCAR, Bilal; KASSEM, Mohamad. Building Information Modelling: Point of Adoption. **CIB World Congress**, Tampere Finland, 30 mai./ 3 jun., 2016.

SUCCAR, Bilal; SHER, Willy; WILLIAMS, Anthony. Measuring BIM Performance: Five Metrics. **Architectural Engineering and Design Management**, v. 8, n. 2, p. 120-142, 2012.

TAGUE-SUTCLIFFE, Jean. An introduction to informetrics. **Information Processing & Management**, v. 28, n. 1, p. 1-3, 1992.

VAN BERLO, Leon; DIJKMANS, Tim. Het BIM niveau in Nederland: analyse van BIM QuickScan data 2010-2012 (in Deutch). **Technical Sciences**, 2012.

VDC SCORECARD. **Survey Input Forms**. Stanford. Disponível em: <https://vdcscorecard.stanford.edu/survey-input-forms>. Acesso em: out. 2018.

VOLK, Rebekka; STENGEL, Julian; SCHULTMANN, Frank. Building Information Modeling (BIM) for existing buildings — Literature review and future needs. **Automation in construction**, v. 38, p. 109-127, mar. 2014.

WU, Chengke; XU, Bo; MAO, Chao; LI, Xiao. Overview of BIM Maturity Measurement Tools. **Journal of Information Technology in Construction (ITcon)**, v. 22, p. 34-62, 2017.

WU, Wei; MAYO, Glenda; MCCUEN, Tamera L.; ISSA, Raja R. A.; SMITH, Dana K. Building Information Modeling Body of Knowledge. I: Background, Framework, and Initial Development. **Journal of Construction Engineering and Management**, v.144, n.8, 2018.

ZHAO, Xianbo; WU, Peng; WANG, Xiangyu. Risk paths in BIM adoption: Empirical study of China. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 25 n. 9, p.1170-1187, 2018.

APÊNDICE A – FORMULÁRIO DE ENTREVISTA

FORMULÁRIO DE ENTREVISTA **DADOS PROFISSIONAIS DA EMPRESA**

Empresa: _____
 Responsável (is): _____
 Cargo do Respondente: _____
 Endereço: _____
 E-mail: _____ Telefone: _____
 Ano de Fundação: _____
 Área de Atuação: _____
 Tipos de Projeto: _____
 Núm. de funcionários: _____

ADOÇÃO DO BIM

Tempo de adoção do BIM: _____

Como foi a adoção do BIM? Por quê se adotou a tecnologia?

Qual *software* BIM se utiliza? Como foi feita a escolha?

O CAD é utilizado em conjunto com o BIM?

Contrata-se terceiros? Estes utilizam BIM?

Há interoperabilidade BIM entre envolvidos? Quais? Relata-se perda de dados?

Tipo de arquivo utilizado?

Capacidade de *Hardware*:

Memória RAM:	<input type="checkbox"/> 8GB	<input type="checkbox"/> 16GB	<input type="checkbox"/> Outra
Placa de vídeo:	<input type="checkbox"/> 1GB	<input type="checkbox"/> 2GB	<input type="checkbox"/> Outra

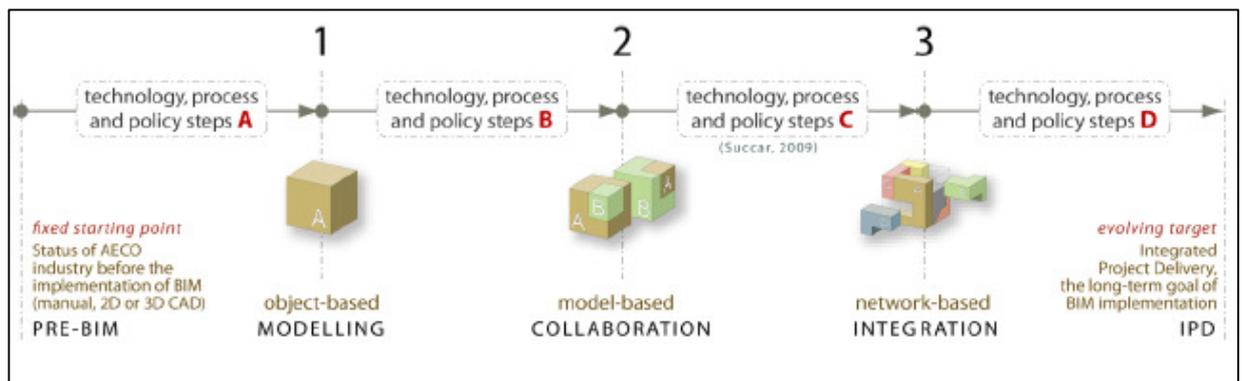
Como ocorre a atualização automática do modelo?

Googe drive	<input type="checkbox"/>
Dropbox	<input type="checkbox"/>
Onedrive	<input type="checkbox"/>
Revit Workset	<input type="checkbox"/>
Outro	<input type="checkbox"/>

Etapas em que se aplica o BIM:

Concepção	<input type="checkbox"/>
Ante-projeto	<input type="checkbox"/>
Executivo	<input type="checkbox"/>
Levantamento quant.	<input type="checkbox"/>
Documentação	<input type="checkbox"/>
Revisões	<input type="checkbox"/>

Escala de Succar: Em qual nível você classificaria a maturidade do BIM na empresa?



Desenhe um organograma básico da empresa:

ANEXO A – MÉTODO DE AVALIAÇÃO BIM MATURITY MATRIX

Áreas-chave de maturidade Granul. N. 1		a INICIAL (pts. 0)	b DEFINIDO (máx. pts. 10)	c GERENCIADO (máx. pts. 20)	d INTEGRADO (máx. pts. 30)	e OTIMIZADO (máx. pts. 40)
TECNOLOGIA	Software: aplicações, entregáveis e dados	O uso de softwares não é monitorado e regulamentado. Os modelos 3D são utilizados principalmente para gerar representações precisas em 2D. O uso de dados, armazenamento e trocas não são definidas dentro das organizações ou das equipes de projeto. As trocas sofrem de uma grande falta de interoperabilidade.	O uso e a introdução de software é unificada dentro da organização ou das equipes de projeto. Os modelos 3D são produzidos para gerar entregáveis em 2D bem como em 3D. O uso de dados, armazenamento e trocas são bem definidos dentro da organização e das equipes de projeto. A interoperabilidade é definida e priorizada.	A seleção e o uso de softwares é gerenciada e controlada de acordo com o tipo de entregáveis definidos. Os modelos BIM são bases para as vistas 3D, representações 2D, quantificações, especificações e estudos analíticos. O uso de dados, armazenamento e as trocas são monitorados e controlados. O fluxo de dados é documentado e bem gerenciado. A interoperabilidade é obrigatória e monitorada de perto.	A seleção e a implantação de softwares seguem os objetivos estratégicos da empresa e não somente os requisitos operacionais. O processo de modelagem e seus entregáveis são bem sincronizados através dos projetos e firmemente integrados com os processos do negócio. O uso de dados interoperáveis, o armazenamento e as trocas são regulamentados e executados como parte global da organização ou como estratégia de uma equipe de projetos.	A seleção e o uso de ferramentas de software são continuamente revistos para aumentar a produtividade e alinhar com os objetivos estratégicos. Os entregáveis do processo de modelagem BIM são otimizados e revisados ciclicamente para se beneficiarem de novas funcionalidades dos softwares e suas extensões disponíveis. Todos os assuntos relacionados ao armazenamento, uso e troca de dados interoperáveis são documentados, controlados, refletidos e proativamente reforçados.
	Hardware: equipamento, entregáveis, localização mobilidade	Os equipamentos para uso do BIM são inadequados; as especificações técnicas existentes são muito baixas para a organização. A troca ou atualização dos equipamentos são tratados como itens de custo e realizados apenas quando são inevitáveis.	As especificações dos equipamentos – apropriadas para a entrega de produtos e serviços em BIM - são definidas, orçadas e normalizadas em toda a organização. As atualizações e substituições de hardware são itens de custo bem definidos.	Existe uma estratégia estabelecida para documentar, gerenciar e manter o equipamento para uso do BIM. O investimento em hardware é bem orientado para melhorar a mobilidade do pessoal (quando necessário) e aumentar a produtividade do BIM.	As implantações de equipamentos são tratadas como viabilizadoras do BIM. O investimento em equipamentos é integrado firmemente com os planos financeiros, as estratégias de negócios e com os objetivos de desempenho.	Os equipamentos existentes e as soluções inovadoras são continuamente testadas, atualizadas e implantadas. O hardware torna-se parte da vantagem competitiva da organização ou da equipe do projeto.
	Rede: soluções, entregáveis e segurança e controle de acesso	As soluções de rede são inexistentes ou provisórias. Indivíduos, organizações (único local / dispersos) e equipes de projeto usam qualquer que seja a ferramenta para se encontrar, comunicar e compartilhar dados. As partes interessadas não têm a infraestrutura de rede necessária para coletar, armazenar e compartilhar conhecimento.	As soluções para compartilhamento de informações e controle de acesso são identificadas dentro e entre organizações. No projeto, as partes identificam as suas necessidades de compartilhamento de dados/informações. As organizações e as equipes de são conectadas por meio de conexões de banda relativamente baixas.	As soluções de rede para a coleta, armazenamento e compartilhamento do conhecimento dentro e entre as organizações são geridas através de plataformas comuns. As ferramentas de gerenciamento de conteúdo e de ativos são implantadas para regular os dados através de conexões de banda larga.	As soluções de rede permitem múltiplas facetas do processo BIM para ser integrado através do compartilhamento em tempo real de dados, informações e conhecimento. As soluções incluem redes/portais de projeto específicos que permitem o intercâmbio de dados intensivos (troca interoperável) entre as partes interessadas	As soluções de rede são continuamente avaliadas e substituídas pelas últimas inovações testadas. As redes facilitam a aquisição de conhecimento, armazenamento e compartilhamento entre todas as partes interessadas. A otimização dos canais de dados, processos e comunicações integradas é rígida.

Áreas-chave de maturidade Granul. N. 1	a INICIAL (pts. 0)	b DEFINIDO (máx. pts. 10)	c GERENCIADO (máx. pts. 20)	d INTEGRADO (máx. pts. 30)	e OTIMIZADO (máx. pts. 40)
PROCESSOS	Recursos: Infraestrutura Física e de Conhecimento	O ambiente de trabalho não é reconhecido como fator de satisfação pessoal ou pode não ser favorável à produtividade. O conhecimento não é reconhecido como um ativo; O conhecimento em BIM é compartilhado informalmente entre pessoal (através de dicas, técnicas e lições aprendidas)	As ferramentas de trabalho, o ambiente e o local de trabalho são identificadas como fatores que afetam a motivação e a produtividade. O conhecimento é reconhecido como um ativo compartilhado, recolhido, documentado e assim transferido de tácito para explícito.	O ambiente de trabalho é controlado, modificado e seus critérios são gerenciados para aumentar a produtividade, a satisfação e a motivação do pessoal. O conhecimento é documentado e adequadamente armazenado.	Os fatores ambientais internos e externos são integrados em estratégias de desempenho. O conhecimento é integrado em sistemas organizacionais é acessível e facilmente recuperável
	Atividades & Fluxo de trabalho: Conhecimento, habilidades, experiência, papéis e dinâmicas relevantes	Ausência de processos definidos; as funções são ambíguas, as estruturas/dinâmicas das equipes são inconsistentes. O desempenho é imprevisível e a produtividade depende do heroísmo individual. Uma mentalidade de 'dar voltas' ocorre na organização.	As funções BIM são informalmente definidas. Cada projeto BIM é planejado independentemente. A competência BIM é identificada e; o heroísmo se dilui conforme aumenta a competência, mas a produtividade é ainda imprevisível	Aumenta a cooperação interna dentro da organização e são disponibilizadas ferramentas de comunicação para projetos transversais. O fluxo de informação é estabilizado; as funções BIM são visíveis e os objetivos são atingidos de forma mais consistente.	As funções e os objetivos de competência fazem parte dos valores da organização. As equipes tradicionais são trocadas por equipes orientadas ao BIM na medida que os novos processos se tornam parte da cultura. A produtividade é consistente e previsível.
	Produtos & Serviços: Especificação, diferenciação e P&D	As entregas de modelos 3D (um produto BIM) sofrem de muitos altos ou muito baixos e níveis inconsistentes de detalhe e desenvolvimento.	Existem diretrizes para a quebra dos modelos e nível de detalhes.	Adoção de produtos e serviços de forma similar ao Modelo de progressão de especificações (AIA 2012) ou similares.	Os produtos e serviços são especificados e diferenciados de acordo com o Modelo de progressão de especificações.
	Liderança & Gerenciamento: Organizacional, estratégico, gerencial e atributos de comunicação; inovação e renovação	Líderes sêniores e gerentes tem visões variadas a respeito do BIM. A implementação do BIM é conduzida sem uma estratégia e através de "tentativa e erro". O BIM é tratado como uma tecnologia; a inovação não é reconhecida como um valor independente e as oportunidades de negócios decorrentes do BIM não são reconhecidas.	Líderes sêniores e gerentes adotam uma visão comum sobre BIM. A implementação BIM sofre por falta de detalhes. O BIM é tratado como uma mudança de processos baseada em tecnologia. Inovações de produtos e processos são reconhecidas; oportunidades de negócios decorrentes do BIM são identificadas, mas não exploradas.	A visão para a implementação do BIM é comunicada e entendida pela maioria dos colaboradores. A implementação do BIM é casada com planos de ações detalhados e com um regime de monitoramento. O BIM é reconhecido como uma série de mudanças tecnológicas, de processos e políticas, que precisam ser gerenciadas sem prejudicar a inovação. Oportunidades de negócios decorrentes do BIM são reconhecidas e usadas nos esforços de marketing	A visão é compartilhada através de toda a equipe da organização e pelos parceiros externos de projetos. A implementação do BIM, seus requisitos e inovação de processo / produto são integrados aos canais organizacionais, estratégicos, gerenciais e comunicativos. As oportunidades de negócios decorrentes do BIM fazem parte da vantagem competitiva da equipe, organização ou equipe do projeto e são usadas para atrair e manter clientes.

Áreas-chave de maturidade Granul. N. 1		a INICIAL (pts. 0)	b DEFINIDO (máx. pts. 10)	c GERENCIADO (máx. pts. 20)	d INTEGRADO (máx. pts. 30)	e OTIMIZADO (máx. pts. 40)
POLÍTICAS	Preparatória: pesquisa, programas de treinamento educacional	Muito pouco ou nenhum treinamento disponível ao pessoal do BIM. Os meios para a educação e formação não são adequados para alcançar os resultados buscados.	Os requisitos de treinamento são definidos e fornecidos quando necessários. Os treinamentos são variados, permitindo flexibilidade na entrega do conteúdo.	Os requisitos de treinamento são gerenciados para aderirem aos amplos objetivos de competência e desempenho pré-definidos. Os treinamentos são adaptados para atingirem os objetivos de aprendizagem de uma maneira rentável.	O treinamento é integrado nas estratégias organizacionais e metas de desempenho. O treinamento é tipicamente baseado nas funções e seus respectivos objetivos de competência. Os meios de treinamento são incorporados ao conhecimento e aos canais de comunicação.	O treinamento é continuamente avaliado e melhorado. A disponibilidade de treinamento e seus métodos de entrega são adaptados para permitir o aprendizado contínuo e multimodal.
	Regulatória: códigos, regulamentações, padrões, classificações, linhas-guia e valores de referência (benchmarks)	Não existem diretrizes para o BIM; documentação de protocolos ou padrões de modelagem. Há uma ausência de documentação e padrões de modelagem. O controle de qualidade não existe ou é informal; nem para modelos 3D nem para a documentação. Não há nenhum valor de referência de desempenho dos processos, produtos ou serviços.	As diretrizes básicas do BIM estão disponíveis (ex.: manual de treinamento e padrões de modelagem e documentação estão bem definidos de acordo com os padrões aceitos no mercado. As metas de qualidade e as avaliações de desempenho estão definidas.	Diretrizes detalhadas do BIM estão disponíveis (treinamento, padrões, fluxo de trabalho). A modelagem, representação, quantificação, especificações e propriedades analíticas dos modelos 3D são gerenciadas através de planos de qualidade e padrões de modelagem detalhados. O desempenho em relação aos valores de referência é rigidamente monitorado e controlado.	As diretrizes do BIM são integradas nas políticas e estratégias de negócios. Os padrões em BIM e critérios de desempenho são incorporados em sistemas de melhoria de gestão da qualidade.	As diretrizes do BIM são contínuas e proativamente refinadas para refletir as lições aprendidas e as práticas recomendadas do setor. A melhoria da qualidade e a adesão aos regulamentos e códigos são continuamente alinhados e refinados. Os valores de referência são revistos repetidamente para garantir a melhor qualidade possível em processos, produtos e serviços.
	Contratual: responsabilidades, recompensas e alocação de riscos	Os contratos seguem os modelos convencionais pré-BIM. Os riscos relacionados com base em modelos de colaboração não são reconhecidos ou são ignorados.	Os requisitos do BIM são reconhecidos. "Declarações definindo a responsabilidade de cada interessado em relação à gestão de informação" estão agora disponíveis.	Há um mecanismo para gerenciar a propriedade intelectual compartilhada do BIM, confidencialidade, responsabilidade e existe um sistema de resolução de conflitos do BIM.	A organização está alinhada através de confiança e dependência mútua, indo além das barreiras contratuais.	As responsabilidades, os riscos e as recompensas são continuamente revistos e realinhados. Os modelos contratuais são modificados para conseguirem as melhores práticas e o maior valor à todas as partes interessadas.
ESTÁGIO 1	Modelagem baseada em objetos: simples disciplina utilizada em uma fase do ciclo de vida	Implementação de uma ferramenta de modelagem baseada em objetos. Nenhuma alteração de processo ou política identificada para acompanhar essa implementação.	Os projetos-piloto são concluídos. São identificados os requisitos de processo e política do BIM. São preparados planos detalhados e sua estratégia de implementação.	Os processos e políticas em BIM são estimulados, padronizados e controlados.	As tecnologias, processos e políticas do BIM são integrados na estratégia organizacional e nos objetivos do negócio.	As tecnologias, processos e políticas do BIM são revistas continuamente para se beneficiarem da inovação e adquirir alvos de alto desempenho.

Áreas-chave de maturidade Granul. N. 1		a INICIAL (pts. 0)	b DEFINIDO (máx. pts. 10)	c GERENCIADO (máx. pts. 20)	d INTEGRADO (máx. pts. 30)	e OTIMIZADO (máx. pts. 40)
ESTÁGIO 2	Colaboração baseada na modelagem: multidisciplinar, intercâmbio acelerado de modelos	A colaboração em BIM acontece para um fim específico; as capacidades de colaboração internas à empresa são incompatíveis com os parceiros de projeto. Pode haver falta de confiança e respeito entre os participantes do projeto.	A colaboração em BIM está bem definida, mas ainda é reativa. Existem sinais identificáveis de confiança e respeito entre os participantes do projeto.	A colaboração é proativa e multidisciplinar; os protocolos são bem documentados e gerenciados. Há confiança mútua, respeito e partilha de riscos e recompensas entre os participantes do projeto.	A colaboração de vários segmentos inclui agentes a jusante do processo. Caracteriza-se pelo envolvimento dos principais participantes durante as primeiras fases do ciclo de vida dos projetos.	A equipe multidisciplinar inclui todos os agentes-chave em um ambiente caracterizado pela boa vontade, confiança e respeito.
ESTÁGIO 3	Integração baseada em rede: intercâmbio simultâneo e interdisciplinar de modelos nD através das fases do ciclo de vida da edificação	Os modelos integrados são gerados por um conjunto limitado de agentes interessados do projeto - possivelmente por trás dos firewalls corporativos. A integração ocorre com pouco ou nenhum processo pré-definido, normas ou protocolos de intercâmbio. Não há nenhuma resolução formal dos papéis e responsabilidades dos agentes envolvidos.	Modelos integrados são gerados por um grande subconjunto dos agentes envolvidos no projeto. A integração segue guias de processo predefinidas, padrões e protocolos de intercâmbio. As responsabilidades são distribuídas e o riscos são atenuados através de mecanismos contratuais	Os modelos integrados (ou partes) são gerados e gerenciados pela maioria dos agentes envolvidos no projeto. As responsabilidades são claras dentro de alianças temporárias do projeto ou parcerias de longo prazo. Os riscos e as recompensas são ativamente gerenciados e distribuídos.	Os modelos integrados são gerados e gerenciados por todos os agentes envolvidos no projeto. A integração baseada em rede é a norma e o foco não é mais sobre como integrar modelos e fluxos de trabalho, mas proativamente detectando e resolvendo a tecnologia, os processos e os desalinhamentos das políticas.	A integração dos modelos e dos fluxos de trabalho é continuamente revista e otimizada. As novas eficiências, alinhamentos, e os resultados são ativamente perseguidos por uma equipe de projeto interdisciplinar firmemente unida. Os modelos integrados contribuem para muitos agentes envolvidos ao longo da cadeia produtiva.
MICRO	Organizações: Dinâmicas e entregáveis em BIM	A liderança no processo BIM não existe e a implementação depende de "campeões" da tecnologia.	A liderança no processo BIM é formalizada; os diferentes papéis são definidos dentro da implementação.	As funções pré-definidas no processo BIM se complementam na gestão do processo de implementação.	As funções no processo BIM são integradas em estruturas de liderança da organização.	A liderança no processo BIM se alterna continuamente para permitir novas tecnologias, processos e resultados
MESO	Equipes de projeto (múltiplas organizações): dinâmicas inter organizacionais e entregáveis em BIM	Cada projeto é executado de forma independente. Não existe acordo entre as partes interessadas para colaborar além do seu projeto atual em comum.	As partes interessadas pensam além de um único projeto. Os protocolos de colaboração entre os participantes do projeto são definidos e documentados.	A colaboração entre várias organizações ao longo de vários projetos é gerenciada através de alianças temporárias entre as partes interessadas.	Os projetos colaborativos são realizados por organizações interdisciplinares ou equipes de projeto multidisciplinar; uma aliança de muitos agentes-chave	Os projetos colaborativos são realizados pela auto otimização das equipes de projeto interdisciplinar e inclui a maioria das partes interessadas.

ANEXO B – PRINCÍPIOS GERAIS DE *DESIGN* PARA MODELOS DE MATURIDADE

Grupo	Princípios de Design	
BÁSICO	a)	Informações Básicas
		i. Domínio da aplicação e pré-requisitos para aplicabilidade
		ii. Finalidade de uso
		iii. Grupo alvo
		iv. Classe de entidades sob investigação
		v. Diferenciação de modelos de maturidade relacionados
		vi. Processo de projeto e extensão da validação empírica
	b)	Definição de constructos centrais relacionados à maturidade e maturação
		i. Maturidade e dimensões de maturidade
		ii. Níveis de maturidade e caminhos de maturação
		iii. Níveis disponíveis de granularidade de maturação
		iv. Apoiar os fundamentos teóricos em relação à evolução e mudança
	c)	Definição de constructos centrais relacionadas ao domínio da aplicação
d)	Documentação orientada ao grupo alvo	
DESCRITIVO	a)	Critérios intersubjetivamente verificáveis para cada nível de maturidade e nível de granularidade
	b)	Metodologia de avaliação orientada para grupos-alvo
		i. Modelo de procedimento
		ii. Assessoria na avaliação de critérios
		iii. Assessoria na adaptação e configuração de critérios
	iv. Conhecimento especializado de aplicação anterior	
PRESCRITIVO	a)	Medidas de melhoria para cada nível de maturidade e nível de granularidade
	b)	Cálculo de decisão para selecionar medidas de melhoria
		i. Explicação dos objetivos relevantes
		ii. Explicação de fatores relevantes de influência
		iii. Distinção entre um relatório externo e uma perspectiva de melhoria interna
	c)	Metodologia de decisão orientada para grupos-alvo
		i. Modelo de procedimento
		ii. Assessoria na avaliação de variáveis
		iii. Assessoria na concretização e adaptação das medidas de melhoria
		iv. Assessoria na adaptação e configuração do cálculo de decisão
	v. Conhecimento especializado de aplicação anterior	