

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**Escola de Arquitetura e Urbanismo**  
**Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído e Patrimônio**  
**Sustentável**

Gabriel Victoria Tassara

**ANÁLISE E COMPARAÇÃO DA MATURIDADE BIM EM UM PROJETO**  
**INDUSTRIAL**

Belo Horizonte  
2025

Gabriel Victoria Tassara

**ANÁLISE E COMPARAÇÃO DA MATURIDADE BIM EM UM PROJETO  
INDUSTRIAL**

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável.

Área de concentração: gestão de projetos.

Orientador: Prof. Dra. Renata Maria Abrantes Baracho Porto (UFMG)

Belo Horizonte  
2025

## FICHA CATALOGRÁFICA

T211a Tassara, Gabriel Victoria .  
Análise e comparação da maturidade BIM em um projeto industrial [recurso eletrônico] / Gabriel Victoria Tassara. - 2025.

1 recurso online (243 p. : il.).

Orientadora: Renata Maria Abrantes Baracho Porto.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura.

1. Modelagem – Teses. 2. Projetos industriais – Teses. 3. Modelagem de informação da construção – Teses. 4. Gestão de Projetos – Teses. I. Porto, Renata Maria Abrantes Baracho. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Arquitetura. III. Título.

CDD 692.5



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ESCOLA DE ARQUITETURA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
AMBIENTE CONSTRUÍDO E PATRIMÔNIO SUSTENTÁVEL

## ATA DE DEFESA DE TESE

**ATA DA DEFESA DE TESE DO ALUNO Gabriel Victória Tassara**, nº de matrícula **2020725511**, DO CURSO DE DOUTORADO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AMBIENTE CONSTRUÍDO E PATRIMÔNIO SUSTENTÁVEL DA ESCOLA DE ARQUITETURA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS. Aos quinze dias do mês de dezembro do ano de dois mil e vinte e cinco, às quatorze horas, na sala da Congregação, na Escola de Arquitetura situada na Rua Paraíba, 697 - Savassi, Belo Horizonte, reuniu-se a Comissão Examinadora de Tese para julgar o trabalho "ANÁLISE E COMPARAÇÃO DA MATURIDADE BIM EM UM PROJETO INDUSTRIAL", requisito para a obtenção do grau de Doutor na área interdisciplinar de concentração em "Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável". Abrindo a sessão, a orientadora professora doutora Renata Maria Abrantes Baracho Porto, após expor as Normas Regulamentares do Trabalho Final, pediu para o aluno iniciar a apresentação do trabalho. Seguiu-se arguição pelos examinadores, com a respectiva defesa do candidato. Logo após a comissão reuniu-se, sem a presença do candidato e do público, para julgamento e expedição do seguinte resultado:

- Aprovação
- Aprovação com solicitação das revisões feitas pela banca
- Reprovação

O resultado final foi comunicado publicamente ao candidato pela Presidente da Comissão.

Nada mais havendo a tratar, a Presidente encerrou a reunião e lavrou a presente ata, que será assinada pelas participantes da Comissão Examinadora.

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Renata Maria Abrantes Baracho Porto** - Orientadora

Escola de Arquitetura/UFMG

**Prof. Dr. Paulo Roberto Pereira Andery**

Escola de Engenharia/UFMG

**Prof. Dr. Marcelo Franco Porto**

Escola de Arquitetura/UFMG

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Taciana de Lemos Dias**

UFES

**Prof. Dr. Conrado de Souza Rodrigues**

CEFET/MG

**Prof. Dr. Mozart Joaquim Magalhaes Vidigal**

Escola de Arquitetura/UFMG

**Belo Horizonte, 15 de dezembro de 2025.**

Homologado pelo Colegiado do Programa dos cursos de Pós-Graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável:

**Prof. Dr. Marco Antônio de Penido Rezende** - "Ad Referendum"

Coordenador do PPG-ACPS

Assinatura dos membros da banca examinadora:



Documento assinado eletronicamente por **Marco Antonio Penido de Rezende, Professor do Magistério Superior**, em 16/12/2025, às 13:00, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Paulo Roberto Pereira Andery, Professor(a)**, em 16/12/2025, às 14:12, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Mozart Joaquim Magalhães Vidigal, Professor Magistério Superior-Substituto**, em 17/12/2025, às 12:49, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Conrado de Souza Rodrigues, Usuário Externo**, em 17/12/2025, às 15:51, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Marcelo Franco Porto, Professor do Magistério Superior**, em 18/12/2025, às 11:33, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Renata Maria Abrantes Baracho Porto, Professora do Magistério Superior**, em 18/12/2025, às 11:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Taciana de Lemos Dias, Usuário Externo**, em 18/12/2025, às 19:25, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site

[https://sei.ufmg.br/sei/controlador\\_externo.php?](https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0)

[acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador

4807341 e o código CRC 7EEC924C.

---

## RESUMO

O tema desenvolvido nesta tese é inerente ao campo de estudos dedicados ao *Building Information Modeling* (BIM), com ênfase em métodos de avaliação de maturidade e sua aplicação em projetos. O BIM, intrinsecamente relacionado à gestão de projetos, promove transformações estruturais na dinâmica de colaboração, integração e fluxo de informações entre os diversos agentes da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO). A revisão de pesquisas existentes evidenciou tanto a expansão do uso do BIM quanto a presença de lacunas significativas em sua implementação. Muitos profissionais demonstram compreensão parcial do conceito, repercutindo em aplicações incompletas ou desalinhadas com as melhores práticas do mercado. Nesse cenário, torna-se evidente a necessidade de aprimorar instrumentos capazes de diagnosticar o grau de maturidade BIM de projetos, como forma de orientar sua adoção mais assertiva, estratégica e benéfica. O objetivo central desta tese consiste em propor o aperfeiçoamento de métodos utilizados para aferição da maturidade BIM. Esse objetivo foi alcançado por meio da análise e aplicação desses métodos a um estudo de caso real: um empreendimento industrial de grande porte, cuja complexidade forneceu subsídios robustos para avaliar a eficácia dos modelos existentes. A abordagem metodológica adotada foi o Design Science Research (DSR), que é adequada por seu foco na resolução de problemas práticos e na criação de artefatos que ampliam a qualidade dos processos. Os resultados obtidos abrangem a verificação da maturidade do BIM, a comparação entre diferentes métodos de avaliação e a análise crítica do grau de maturidade alcançado pelo empreendimento. A partir dessas constatações, foram propostos aperfeiçoamentos aos métodos existentes, com destaque para a inclusão de uma etapa estruturada de gestão de melhorias, sustentada por ciclos contínuos de avaliação. Assim, as contribuições desta tese se manifestam no avanço da aplicabilidade do BIM no setor AECO, ao promover decisões fundamentadas e processos mais consistentes de aferir a maturidade.

Palavras-chave: BIM; projetos industriais; gestão de projetos; maturidade BIM; modelagem.

## **ABSTRACT**

The present work is situated within the field of Building Information Modeling (BIM), with a particular emphasis on maturity assessment methods and their application in project environments. BIM, inherently connected to project management, drives structural transformations in collaboration dynamics, information integration, and communication flows among stakeholders in the Architecture, Engineering, Construction, and Operation (AECO) sector. A review of existing studies reveals not only the growing adoption of BIM but also persistent gaps in its effective implementation. Many professionals still demonstrate partial conceptual understanding, resulting in incomplete applications or misalignment with established best practices. In this context, the need to enhance tools capable of diagnosing the BIM maturity level of projects becomes evident, as such instruments can support more strategic, accurate, and beneficial adoption. The central objective of this thesis is to propose improvements to existing BIM maturity assessment methods. This objective was achieved by analyzing and applying these methods in a real-world case study: a large-scale industrial project whose complexity provided robust conditions for evaluating the strengths and limitations of current models. The methodological approach employed was Design Science Research (DSR), selected for its problem-solving orientation and its capacity to generate artifacts that enhance process quality. The results encompass the verification of BIM maturity, comparative analysis of different assessment methods, and a critical evaluation of the maturity level achieved by the studied project. Based on these findings, enhancements to existing methods were proposed, notably the inclusion of a structured improvement-management stage supported by continuous evaluation cycles. Ultimately, this thesis contributes to advancing BIM applicability within the AECO sector by fostering more informed decision-making and strengthening the consistency of maturity assessment processes.

**Keywords:** BIM; industrial projects; project management; BIM maturity; modeling.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Campos de pesquisa.....	23
Figura 2: Sugestões de palavras chaves para o campo de definições e conceitos do BIM.....	25
Figura 3: Sugestões de palavras chaves para o campo de conceito de BIM na indústria .....	25
Figura 4: Sugestões de palavras chaves para o campo de contextualização .....	25
Figura 5: Pirâmide das dimensões nD BIM .....	28
Figura 6: Dimensões BIM .....	31
Figura 7: Grau de maturidade BIM subdividida em três estágios – visão linear .....	33
Figura 8: Associação do BIM a maturidade da implantação na empresa .....	36
Figura 9: Ilustração e nomes dos níveis de desenvolvimento .....	39
Figura 10: Conceito de modelo de compartilhamento no BIM.....	42
Figura 11: Tabelas da ABNT NBR 15965 .....	47
Figura 12: Exemplo de uma tabela da ABNT NBR 15965 .....	47
Figura 13: Percentual das empresas que utilizam o BIM .....	52
Figura 14: Três campos interligados da atividade BIM.....	62
Figura 15: Lista indicativa de conjuntos de competências BIM .....	67
Figura 16: Exemplo da tabela de pontuação de descoberta da maturidade BIM .....	76
Figura 17: Nível de maturidade proposto pelo VDC <i>Scorecard</i> .....	78
Figura 18: Estruturação do método VDC <i>Scorecard</i> .....	80
Figura 19: Fatores que aferem nível de confiança do método VDC <i>Scorecard</i> .....	81
Figura 20: Métricas e pontuações percentuais que compõe a avaliação do método VDC <i>Scorecard</i> .....	83
Figura 21: Níveis de maturidade BIM .....	98
Figura 22: Competências específicas BIM .....	100
Figura 23: Fluxograma de um processo siderúrgico .....	104
Figura 24: Esquema do processo de laminação .....	105
Figura 25: Engenharia sequencial e engenharia simultânea.....	108
Figura 26: Grau de influência e gastos nos projetos ao longo do tempo.....	110
Figura 27: Processo de validação dos portões.....	111
Figura 28: Processo de execução do FEL .....	112
Figura 29: Comparação das abordagens IPA e PMI .....	112

Figura 30: Visão geral da metodologia AWP .....	114
Figura 31: <i>Framework</i> das fases da pesquisa.....	122
Figura 32: Ilustração da projeção do novo galpão.....	124
Figura 33: Ilustração do novo ramo ferroviário .....	125
Figura 34: Ilustração dos novos acessos viários .....	125
Figura 35: Vista do modelo do galpão de bobinas CWA 03 .....	127
Figura 36: Vista do organograma do projeto do galpão de bobinas .....	129
Figura 37: Vista do modelo da engenharia civil no <i>Trimble Connect</i> .....	142
Figura 38: Vista do modelo do galpão com a seleção da coluna .....	143
Figura 39: Vista da coluna 6246A com as informações do rótulo.....	144
Figura 40: Vista do modelo de elétrica no <i>Autodesk Construction Cloud</i> .....	146
Figura 41: Vista do Modelo do CWA 03.....	147
Figura 42: Vista do modelo multidisciplinar .....	148
Figura 43: Vista dos parâmetros de modelagem no <i>Trimble Connect</i> .....	152
Figura 44: Vista principal das funcionalidades do <i>Trimble Connect</i> .....	154
Figura 45: Seleção da estaca 260.....	154
Figura 46: Página inicial da coordenação de modelos no <i>Construction Cloud</i> .....	157
Figura 47: Vista de um problema no <i>Construction Cloud</i> .....	158
Figura 48: Vista da pasta de reuniões com as atas da civil no <i>Construction Cloud</i> .....	159
Figura 49: Vista da ata 29 da reunião técnica de civil no <i>Construction Cloud</i> .....	160
Figura 50: Fluxo de trabalho da análise de maturidade .....	163
Figura 51: Fluxo de trabalho da avaliação com o VDC <i>Scorecard</i> .....	172
Figura 52: Etapas 03 e 04 do fluxo de trabalho do VDC <i>Scorecard</i> .....	173
Figura 53: Avaliação do nível de confiança do VDC <i>Scorecard</i> .....	174
Figura 54: Resultados da avaliação do nível de confiança do VDC <i>Scorecard</i> .....	197

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Atrativos para a utilização de um novo <i>software</i> .....	56
Quadro 2: Empecilhos para a utilização de um novo <i>software</i> .....	56
Quadro 3: Principais diretrizes do DSR.....	116
Quadro 4: Principais atividades desenvolvidas em cada fase do DSR .....	121

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Estudos de casos analisados por Morais <i>et al.</i> .....	54
Tabela 2: Estudos de casos analisados por Wang <i>et al.</i> .....	54
Tabela 3: Benefícios e desafios para implantação BIM .....	55
Tabela 4: Avaliação da maturidade BIM no nível de tecnologia.....	70
Tabela 5: Avaliação da maturidade BIM no nível de processos.....	71
Tabela 6: Avaliação da maturidade BIM no nível das políticas .....	72
Tabela 7: Avaliação da maturidade BIM por estágios de maturidade e escalas .....	73
Tabela 8: Bloco 01 - questionamentos - avaliação geral .....	89
Tabela 9: Bloco 02 - treinamento e capacitação do BIM .....	92
Tabela 10: Bloco 03 - conhecimento e avaliação de organização pessoal.....	94
Tabela 11: Matriz do grau de maturidade BIM (adaptado de SUCCAR).....	102
Tabela 12: Plataformas para modelagem BIM por disciplinas .....	141
Tabela 13: Lista de materiais da coluna 6246A no projeto 2D.....	145
Tabela 14: Plataformas para modelagem BIM por disciplinas de Maturidade BIM..	164
Tabela 15: Representação dos resultados da Matriz de Maturidade BIM .....	164
Tabela 16: Resultados da maturidade BIM na matriz do Succar .....	171
Tabela 17: Avaliação das métricas do VDC <i>Scorecard</i> .....	194
Tabela 18: Resultados das médias das métricas e total das dimensões.....	195
Tabela 19: Resultados da avaliação do VDC <i>Scorecard</i> .....	196
Tabela 20: Comparações das classificações dos resultados por método de avaliação .....	206
Tabela 21: Associação dos resultados das competências e métricas .....	208
Tabela 22: Resultados das comparações das metodologias de avaliação do BIM ..	216
Tabela 23: Proposição de Melhoria no Filtro Granular .....	218
Tabela 24: Proposição da finalidade da avaliação.....	218
Tabela 25: Etapa de Gestão de melhorias contínuas .....	220
Tabela 26: Proposição de adaptações nas métricas da área de planejamento do VDC .....	223
Tabela 27: Proposição de adaptações nas métricas da área de adoção do VDC...	224
Tabela 28: Proposição de adaptações nas métricas da área de tecnologia do VDC .....	225

Tabela 29: Proposição de adaptações nas métricas da área de desempenho do VDC	225
---	-----

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Número de entrevistados que utilizam o BIM .....	57
Gráfico 2: Percentual de entrevistados que utilizam o BIM por área de atuação .....	58

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2D	Duas dimensões
3D	Três dimensões
AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
AECO	Arquitetura, Engenharia, Construção e Operações
AIA	<i>American Institute of Architects</i>
ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ABM	Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AMV	Aparelho de Mudança Via
AWP	<i>Advanced Work Packaging</i>
BEP	Plano de Execução BIM (BIM Execution Plan)
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
BIMe	BIM Excellence (Iniciativa Internacional de Excelência BIM)
CAPEX	<i>Capital Expenditure</i>
CDE	Ambiente Comum de Dados ( <i>Common Data Environment</i> )
CFTV	Circuito Fechado de Televisão
CII	<i>Construction Industry Institute</i>
CWAs	<i>Construction Work Areas</i> (Áreas de Trabalho de Construção)
CWPs	<i>Construction Work Packages</i>
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
DSR	<i>Design Science Research</i>
EPC	<i>Engineering, Procurement and Construction</i>
ES	Engenharia Simultânea
EWPs	<i>Engineering Work Package</i>
FEL	Front-End Loading
FGV	Fundação Getulio Vargas
FTE	<i>Full Time Equivalent</i>
IFC	Industry Foundation Classes
IPA	<i>Independent Project Analysis</i>
IPD	Integrated Project Delivery
ISO	International Organization for Standardization
IWPs	<i>Installation Work Package</i>
LOD	Level of Development (Nível de Desenvolvimento)
LPDS	Lean Project Delivery System
MDIC	Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços
MEP	Mechanical, Electrical and Plumbing
NBS	National Building Specification (Reino Unido)
ND	n-Dimensional (multi-dimensionalidade BIM)
NBR	Norma Brasileira

NOD	<i>Not Optimized Design</i>
OCCS	OmniClass Construction Classification System
PCI	Proteção e Combate a Incêndio
PIB	Plano de Implementação BIM
PMI	<i>Project Management Institute</i>
PWPs	<i>Procurement Work Packaging</i>
RFI	<i>Requests for Information</i>
SPCI	Sistema de Prevenção e Combate a Incêndio
SPDA	Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas
T.I.	Tecnologia da Informação
UniClass	<i>Unified Classification System</i> (Reino Unido)
VDC	<i>Virtual Design and Construction</i>

## Sumário

1	Introdução .....	17
1.1	Justificativa e contextualização.....	19
1.2	Objetivos.....	20
2	Revisão da literatura .....	22
2.1	Definições e conceitos do BIM.....	26
2.1.1	Aplicabilidade fundamentada em “nD” BIM.....	27
2.1.2	Implantação do BIM na indústria AEC .....	31
2.1.3	Modelo dentro dos padrões BIM.....	37
2.1.4	Interoperabilidade do sistema BIM .....	41
2.1.5	BIM como ferramenta para orçamentos e planejamento .....	48
2.2	A contextualização e avaliação do BIM aplicados na indústria AEC .....	49
2.2.1	Implantação dos processos e tecnologias BIM.....	52
2.2.2	Pesquisa contextual da utilização do BIM.....	57
2.2.3	Metodologias de avaliações de maturidade BIM .....	60
2.3	Conceitos industriais de siderurgia e de planejamento.....	103
2.3.1	Principais conceitos da laminação de produtos planos .....	104
2.3.2	Conceitos de gestão de projetos aplicados na indústria AECO .....	105
3	Metodologia.....	116
4	Estudo de caso – aplicação do BIM em um empreendimento industrial .....	123
4.1	Introdução ao escopo do estudo de caso .....	123
4.1.1	Descrição inicial do CWA analisado.....	126
4.1.2	Projetos desenvolvidos para o galpão de armazenamento de bobinas .....	127
4.1.3	Organograma.....	129
4.2	Conceitos aplicados referentes à gestão de projetos .....	132
4.2.1	Estudos de viabilidade do projeto .....	132
4.2.2	Rotinas de planejamento e acompanhamento dos entregáveis .....	132

4.2.3 Fluxo de análise de documentos .....	134
4.2.4 Rotinas de projetos .....	135
4.3 Premissas e utilização dos conceitos do BIM .....	136
4.3.1 Modificação na cultura organizacional .....	136
4.3.2 Rotina de reuniões com o foco interdisciplinar .....	139
4.3.3 Modelagem e compartilhamento dos modelos e informações .....	139
4.3.3.1 Níveis de desenvolvimento do projeto .....	148
4.3.3.3 Ambiente Comum de Dados (CDE) .....	152
5 Avaliação da maturidade BIM no objeto de estudo .....	161
5.1 Método Matriz de Maturidade BIM – Succar .....	161
5.2 Avaliação do empreendimento através da Matriz de Maturidade BIM .....	165
5.3 Método VDC/BIM - VDC <i>Scorecard</i> .....	172
5.4 Avaliação do empreendimento através VDC <i>Scorecard</i> .....	174
5.5 Lições aprendidas e pontos de aperfeiçoamento .....	197
6 Análise comparativa dos resultados, métodos e proposição de melhorias .....	204
6.1 Comparações entre os resultados da Matriz de Maturidade BIM e do VDC <i>Scorecard</i> .....	204
6.1.1 Análise comparativa entre as métricas e competências dos métodos .....	207
6.2 Comparações entre a Matriz de Maturidade BIM e o VDC <i>Scorecard</i> .....	209
6.2.1 Avaliação da metodologia da Matriz de Maturidade BIM .....	210
6.2.2 Avaliação da metodologia do VDC <i>Scorecard</i> .....	213
6.2.3 Comparação dos critérios entre os métodos .....	216
6.3 Proposições de melhorias nos métodos .....	217
7 Considerações finais .....	227
Referências .....	231
Apêndice a – Resultados matriz de maturidade succar .....	237
Apêndice b – Resultados VDC <i>Scorecard</i> .....	242

## 1 INTRODUÇÃO

O tema desse estudo está inserido dentro na área de gestão de projetos, que é o *Building Information Modeling* (BIM). Segundo Eastman *et. al.* (2014), ele abrange mudanças culturais dos procedimentos de colaboração e integração entre os agentes envolvidos em empreendimentos da indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC). Conforme ressalta Antunes (2013), a adoção do BIM torna-se particularmente importante em empreendimentos da construção, como indutor de melhorias de qualidade e desempenho do espaço construído, gerando benefícios para a sociedade e para agentes da cadeia de desenvolvimento. Nesse sentido, o governo federal publicou um decreto em abril de 2020 que estabelece a utilização do BIM na execução direta ou indireta de obras e de serviços de engenharia realizada por entidades da administração pública federal. Essa implantação visa alcançar o desenvolvimento dos empreendimentos em BIM de forma gradual para atingir os benefícios e vantagens desse sistema.

O objetivo do presente trabalho é apresentar proposições de aperfeiçoamentos nas metodologias de avaliação do grau da maturidade BIM, relacionadas a um estudo diagnóstico, de um projeto industrial. A análise de um objeto de estudo de caso foi vinculada ao aprofundamento dos conhecimentos nos meios de verificação da maturidade BIM e as avaliações por duas metodologias consistentes academicamente e no mercado de AEC. Com base no estudo diagnóstico e no referencial teórico desenvolvido, avalia-se o fluxo de trabalho da modelagem e das práticas de gestão em BIM do projeto industrial, que integram as soluções desenvolvidas no empreendimento. Como objetivos secundários destacam-se a avaliação de oportunidades de melhorias, no projeto estudado, a exposição do estudo de caso como um exemplo prático da implantação do BIM, a avaliação do grau de maturidade do BIM no empreendimento, a comparação dos resultados das avaliações e das metodologias utilizadas.

Ao conceituar o BIM como um grande avanço de processos, de culturas e de tecnologias diversas oportunidades e desafios aparecem ao implantá-lo. O problema de pesquisa engloba os principais motivos de dificuldades de aplicações assertivas do BIM e a continuidade dessa implantação em projetos, empreendimentos e

organizações do AECO. A presente tese apresenta um projeto que contém dados e processos os quais se refletem no grau de maturidade BIM. A avaliação da implantação do BIM por duas metodologias consolidadas proporciona a descrição de métricas e competências executadas no objeto de estudo. As descrições dos dois resultados supracitados representam a possibilidade de respostas para aplicações do BIM, demonstrando o grau de assertividade.

Os sistemas de informações com as tecnologias BIM são recorrentes e demandam estudos e testes para alcançar a sua implantação com qualidade. *Morais et. al. (2015)* apresentam diversas dificuldades para alcançar os benefícios do BIM e esse trabalho visa evidenciá-las no âmbito da siderurgia. A escolha para pesquisar sobre esse seguimento foi embasada nos conhecimentos previamente adquiridos sobre a implantação do BIM, mediante ao desenvolvimento de estudos no tema, a participação do autor em serviços semelhantes e por ser integrante da equipe de colaboradores do objeto em estudo. Ao direcionar as vantagens desse sistema para a indústria é possível compartilhar os seus benefícios para o desenvolvimento de serviços com mais qualidade e eficiência aplicando os conceitos inerentes da implantação do BIM.

O método utilizado é o *Design Science Research (DSR)*. A presente pesquisa propõe uma forma de aprimoramento para as metodologias de avaliação do grau de maturidade BIM em empreendimentos e lições aprendidas para a implantação de projetos e processos voltados para a área industrial e para o mercado da AEC. O método DRS foi complementado com a análise de um estudo de casos fundamentado nos métodos mistos relatado por *Creswell (2007)*.

A presente pesquisa apresenta os aspectos mais relevantes da modelagem e integração em um objeto de estudo aplicado em BIM. Após a exposição dos diversos benefícios relatados nas bibliografias e nos estudos realizados na área, esse trabalho tem como contribuição a avaliação da implantação do BIM, direcionada para os métodos de aferir à maturidade em BIM. A tese se limita à exposição e à avaliação do objeto de estudo nas etapas de elaboração de engenharia conceitual, detalhada, na construção, na montagem até a entrega para a operação e manutenção. As demais fases e possibilidades de aplicações do BIM não serão abordadas nesse trabalho, sendo indicado para pesquisas futuras. Outro fator que limita a tese são as

metodologias de avaliações da maturidade BIM, a presente pesquisa avalia o objeto através dos critérios inerentes de duas metodologias.

O autor participou ativamente do desenvolvimento do projeto analisado, isso proporciona resultados precisos na sua exposição e nas avaliações. Os dados apresentados foram fundamentais para o detalhamento da análise comparativa entre os resultados e as metodologias. As informações subsidiaram resultados de maturidades BIM similares, que são descritos nos métodos como o nível de práticas avançadas e gerenciado. Ao avaliar o projeto foram destacadas possibilidades de práticas melhores e adaptações pontuais em cada metodologia.

### **1.1 Justificativa e contextualização**

A implantação do BIM em diversos empreendimentos da construção civil é alvo de estudo de pesquisadores e de universidades. Em trabalhos elaborados por Morais et. al. (2015) e Wang et. al. (2014) são exemplificados diversos casos de implantação do BIM internacionalmente e apontados os benefícios e as principais dificuldades ao utilizar esse sistema. Dentre os benefícios mapeados destacam-se a agilidade de extrair quantitativos e orçamentos, a visualização antecipada de soluções, a facilidade de rastrear informações e o aumento da colaboração. Os pesquisadores apontam diversas dificuldades que podem ser interpretadas como alvos de investigação dentro do tema, que são a necessidade de integração entre as etapas BIM, a mudança cultural dos profissionais, a melhoria dos cursos de formação, a qualificação dos modeladores, a ausência de itens nos modelos e orçamentos e a falta de cursos que vinculem a experiência profissional com as tecnologias.

De acordo com Eastman et. al. (2014) a modelagem da informação é uma das grandes mudanças que vão ocorrer no mercado AEC e, segundo Toledo (2017, p.65), grande parte do mercado nacional ainda não assimilou adequadamente os seus conceitos. Isso corrobora com a necessidade de pesquisas e de trabalhos que disseminam as informações e os processos que envolvam o BIM no mercado da construção nacional. No final de 2017, a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) e o Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC) lançaram uma coletânea com seis guias contendo estudos com as principais especialidades e etapas do BIM.

A finalidade desses guias é direcionar e auxiliar a implantação das tecnologias e recursos que envolvem esse sistema (ABDI e MDIC, 2017). O decreto N° 10.306/2020 estabelece a utilização e a implantação do BIM pelas entidades da administração pública federal. Esses incentivos têm impacto direto na necessidade de estudos e trabalhos para auxiliar a implantação desse sistema.

A tese propõe a avaliação de maturidade BIM com a exposição de diversos critérios e práticas de gestão de projetos. Existem poucos relatos e trabalhos correlacionados aos objetivos, com isso a tese trata de um tema atual e relevante no âmbito acadêmico e para aqueles que desejam implantar e otimizar os processos dessa tecnologia em seus serviços. No ramo industrial a assertividade é um fator preponderante para a tomada de decisões, com a utilização do BIM pode-se alcançar melhorias na implantação dos projetos, no planejamento, na gestão de alterações, no controle de custos, nas revisões de documentos, no fluxo de informações e no tempo de execução. O ramo da siderurgia necessita de soluções com implementações eficientes, com o mínimo possível de interferências operacionais, sem erros, com a compatibilização dos projetos ao escopo e aos anseios dos clientes. Sendo assim, a exposição desse estudo permite melhorias de implantações do BIM em setores industriais e no mercado da AECO.

## **1.2 Objetivos**

O presente item expõe o principal alvo da pesquisa que é denominado como objetivo geral. Para alcançá-lo são necessárias diversas etapas que geram resultados intermediários, que são os objetivos específicos.

### **Objetivo geral**

O objetivo geral do trabalho é desenvolver aperfeiçoamentos nas metodologias utilizadas para aferir o grau de maturidade da implantação do BIM no empreendimento estudado. Essas melhorias são propostas após a execução das etapas: de exposição do estudo de caso, da avaliação do grau de maturidade, da proposição de melhorias e da análise comparativa dos resultados.

### **Objetivos específicos**

- a) Apresentar informações do estudo de caso sobre práticas de gestão de projetos e de implantação do BIM;
- b) Expor os principais critérios contidos e aplicados nos métodos da avaliação do grau de maturidade do BIM;
- c) Executar a avaliação da maturidade de implantação do BIM através da metodologia descrita por Succar e por aquela referenciada na universidade de Stanford;
- d) Caracterizar as lições aprendidas e as oportunidades de melhoria da execução do BIM no objeto de estudo;
- e) Expor uma comparação entre os resultados da avaliação do grau de maturidade do BIM e outro comparativo entre as duas metodologias de avaliação;

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

O capítulo de revisão da literatura com a fundamentação teórica é um pilar fundamental na concepção dos objetos de pesquisa e principais conceitos que abrangem esses temas. Para que as informações sejam validadas e captadas de uma maneira otimizada foi desenvolvido um método de pesquisa e armazenamento das informações.

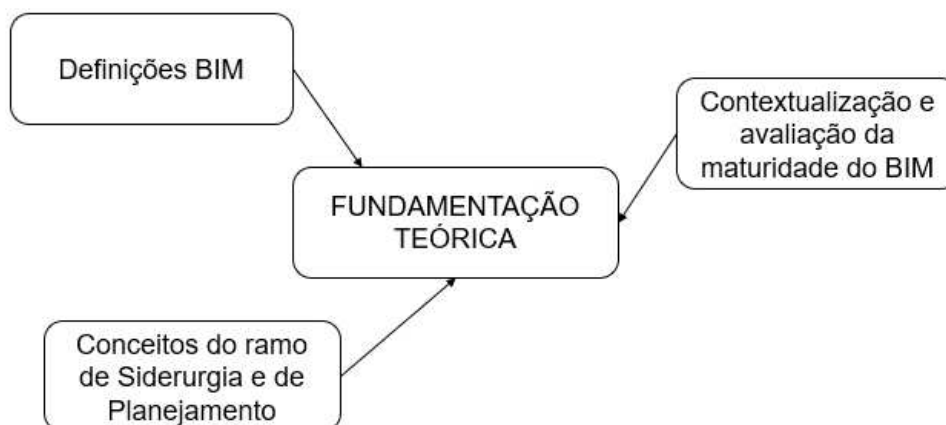
A meta dessa etapa no trabalho é sistematizar e gerir as informações da pesquisa e a aplicação dos tópicos e dos conceitos analisados dentro da tese. O resultado é obter um acervo de informações e uma definição clara dos itens, dos trabalhos e dos autores pesquisados que serão incluídos na revisão da literatura. Para alcançar e nortear a pesquisa o método foi dividido nas cinco etapas seguintes:

- Definição de três campos para busca de informação;
- Definir principais temas dentro dos campos de pesquisa;
- Selecionar as principais palavras chaves:
  - a. Escolha dos bancos de dados a pesquisar.
- Busca das palavras chaves nos bancos de dados:
  - b. Análise contextual dos temas abordados.
- Inclusão dos conceitos e tópicos pesquisados no capítulo de fundamentação teórica.

### ***Definição dos campos para busca de informação***

A primeira etapa para a otimização das pesquisas e localização dos trabalhos relacionados ao tema é definir os principais campos de pesquisa que são vinculados a tese. Esses campos de pesquisa se concentram, a princípio, nos principais conceitos do BIM, nos conceitos que envolvem a siderurgia e o planejamento e a contextualização e a avaliação da maturidade BIM. A figura 01 retrata esses três campos de pesquisa.

Figura 1: Campos de pesquisa



Fonte: Autor, 2024.

A definição dos campos de pesquisa é um fundamento inicial que pode ir se aprimorando e modificando ao longo das buscas e pesquisas dentro dos temas para orientar e evitar buscas desnecessárias e alcançar o aumento da assertividade.

### ***Definir principais temas dentro dos campos de pesquisa***

Fundamentados nos três campos de pesquisa, citados no item anterior, foram abordados os principais temas que devem ser fundamentados para subsidiar a abordagem da Tese. Os temas podem sofrer alterações conforme o desenvolvimento da pesquisa. A abordagem a seguir contempla um plano inicial dos temas pesquisados;

Definições e conceitos de BIM:

- Aplicabilidade fundamentada em nD BIM;
- Conceitos de BIM 3D, BIM 4D, BIM 5D e BIM 6D;
- Implantação do BIM na indústria AEC;
- O BIM vinculado a avanços da AEC;
- Modelo dentro dos padrões BIM;
- Interoperabilidade do sistema BIM;
- Sistemas de classificação;
- BIM como ferramenta para a extração de orçamentos e planejamento;

- Desafios para utilizar as ferramentas do BIM;

A contextualização e avaliação da maturidade do BIM aplicados na indústria AECO:

- Implantação dos processos e tecnologias BIM;
- Pesquisa contextual da utilização do BIM;
- Metodologias de avaliações de maturidade BIM;
  - Avaliação do grau de maturidade BIM pelo VDC Scorecard;
  - Matriz de Maturidade BIM do Succar;
  - Grau de Maturidade ABDI (2020) – BIM Brasil;
  - Matriz de Maturidade BIM no DNIT.

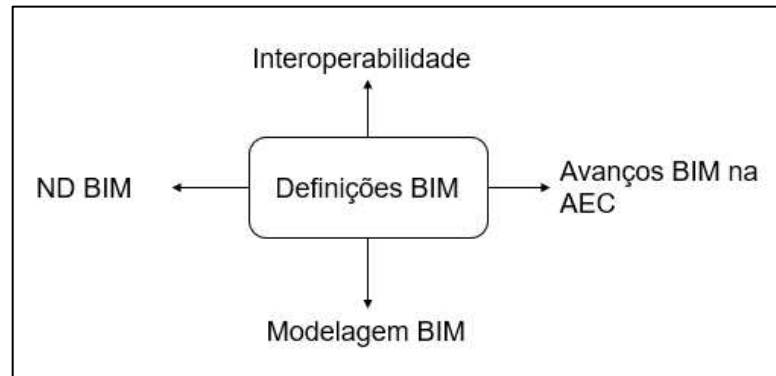
Conceitos industriais de siderurgia e de planejamento:

- Principais conceitos que englobam a laminação de produtos planos e não planos;
- Conceitos de planejamento aplicados a empreendimentos industriais e na AEC;
- *Integrated Project Delivery* (IPD);
- *Lean Construction*;
- Engenharia Simultânea;
- Metodologia *First End Loading* (FEL);
- *Construction Work Area/Advanced Work Packaging* (CWA/AWP).

### ***Selecionar as principais palavras chaves***

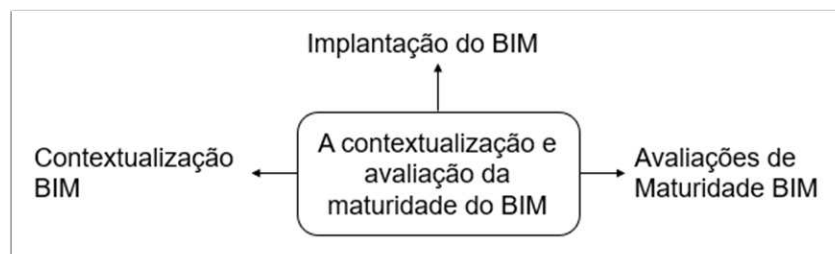
As palavras chaves são um importante referencial prático para se encontrar informações dos temas dentro dos principais bancos de dados. A seguir são apresentadas figuras com palavras chaves iniciais para cada campo de pesquisa.

Figura 2: Sugestões de palavras chaves para o campo de definições e conceitos do BIM



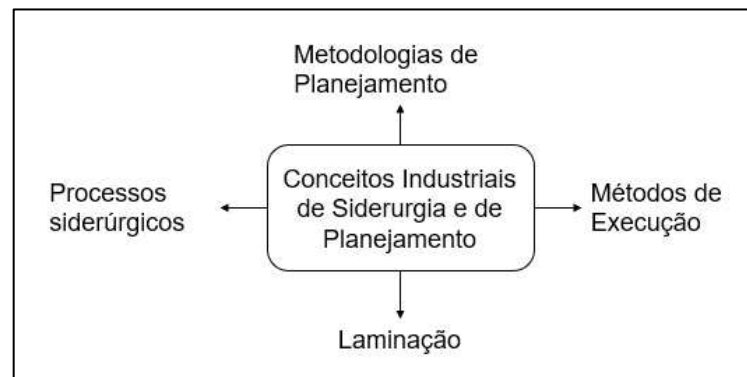
Fonte: Autor, 2024

Figura 3: Sugestões de palavras chaves para o campo de conceito de BIM na indústria



Fonte: Autor, 2024

Figura 4: Sugestões de palavras chaves para o campo de contextualização



Fonte: Autor, 2024

**Escolha dos bancos de dados a pesquisar:** as palavras chaves são pesquisadas em fontes adequadas e bancos de dados seguros para subsidiarem os conceitos trabalhados. Para o desenvolvimento da fundamentação teórica foram selecionados dois portais que são o Google Acadêmico e o *website* de periódicos da CAPES. Como fonte adicional de artigos e informações podem ser verificadas referências em trabalhos acadêmicos consagrados ou que tenham aceitação no meio acadêmico.

### ***Busca de palavras chaves nos bancos de dados meios***

A busca pelas palavras chaves nos bancos de dados é uma etapa vinculada a classificação dos artigos e dos trabalhos pesquisados. Cada banco de dados pode possuir particularidades que envolvem a adequação e os ajustes das buscas. Ao longo da pesquisa podem ser avaliadas as possibilidades de inclusão de novas palavras chaves. Além das alterações das palavras chaves, um fator fundamental para a busca dos conteúdos é avaliar o contexto dos temas abordados.

***Análise contextual dos temas abordados:*** ao longo das pesquisas foram verificados diversos trabalhos, artigos e definições que estão sendo abordados dentro do contexto atual de elaboração da presente tese. Com a avaliação e o desenvolvimento das buscas alguns itens dentro dos campos de pesquisa poderão ser modificados, redefinidos, excluídos e acrescentados.

### ***Inclusão dos conceitos e tópicos pesquisados no capítulo de fundamentação teórica***

Essa etapa é considerada a final dentro de cada busca de artigos ou dos temas nos campos de pesquisa. Ela é uma fase cíclica que ao final de cada tema abordado, ou a cada conceito verificado e validado deve-se inserir no capítulo de fundamentação teórica. Com a inclusão de diversos itens do mesmo tema no capítulo haverá uma verificação e a possibilidade de adequação e exclusão do que foi inserido para evitar repetições de conceitos.

## **2.1 Definições e conceitos do BIM**

O *Building Information Modeling* (BIM) é uma tecnologia que envolve mudanças amplas no processo de gestão de projetos e construção. O BIM, quando implantado de forma adequada facilita os processos de projeto e de construção, resultando em construções de melhor qualidade com custos e prazos de execução reduzidos. Uma definição adequada para esse sistema é que se trata de uma tecnologia de modelagem e um conjunto associado de processos para produzir, comunicar e analisar os modelos de produção (EASTMAN *et. al.*, 2014).

Conforme ideias de Campbell (2006), a definição da tecnologia BIM, suscitada pela empresa *M.A. Morteson Company*, é que esse sistema seria uma simulação inteligente da arquitetura. Para a implantação integrada, essa simulação deve exibir seis características principais. Ela deve ser digital, espacial (3D), mensurável (quantificável, dimensionável e consultável), abrangente (incorporando e comunicando o desempenho da construção, até construtibilidade, os sistemas operacionais e financeiros de meios e métodos), acessível (a toda equipe do empreendimento) e durável (útil ao longo de todas as fases do empreendimento).

Em um estudo elaborado por Vidigal (2024) constatou-se que o BIM oferece uma abordagem colaborativa, eficiente e precisa no desenvolvimento do projeto. O uso do BIM permite a interação direta com o ambiente projetado, ele é uma metodologia eficaz para melhorar a comunicação entre os diferentes envolvidos, promovendo uma compreensão do projeto em todas as suas etapas. Ele é caracterizado como um sistema de compartilhamento do conhecimento e informações durante todo o ciclo de vida do empreendimento e em diferentes fases do projeto.

### **2.1.1 Aplicabilidade fundamentada em “nD” BIM**

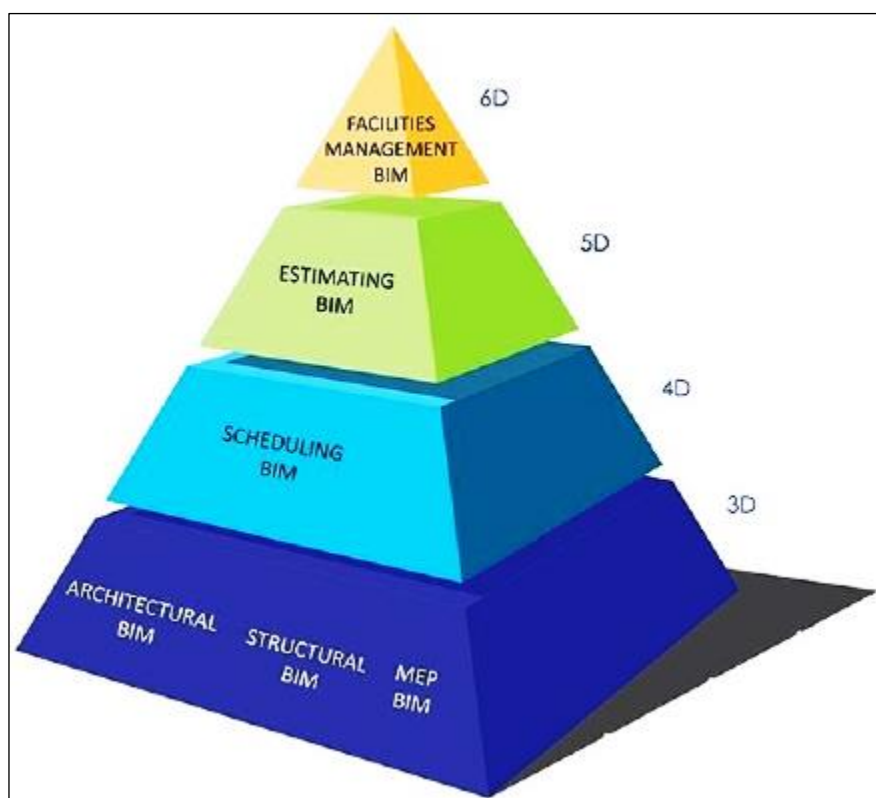
O termo “nD” BIM pode ser utilizado quando um modelo envolve mais de uma dimensão. Ele pode ser introduzido a partir da implementação da modelagem 3D somada a de outros componentes como, o BIM 4D para o planejamento, o BIM 5D para a orçamentação e o BIM 6D, que integra todas as informações do projeto e da construção ao seu uso e ocupação. Esse componente do sistema BIM propicia aos agentes participantes uma base de dados para acessar, recuperar e compartilhar informações durante todas as etapas supracitadas (PARK e CAI, 2017).

Conforme Shawn (2013), um modelo caracterizado como “nD” deve possuir clareza de informações e dados, destacando as funções em que pode ser utilizado para auxiliar na integração de todos os colaboradores. O empreendimento com diversas dimensões BIM deve possibilitar a expansão do diálogo, a colaboração, o compartilhamento de dados, de informações e de documentos entre os envolvidos no empreendimento. Essa forma de caracterização BIM promove a todos os

representantes de cada fase do projeto a correta interpretação dos limites e capacidades do modelo “nD”.

A caracterização mais criteriosa dos projetos, com a multi-dimensão, serve para permitir uma visão mais abrangente dos recursos que o modelo pode alcançar e proporcionar. A figura 05, a seguir demonstra as dimensões que o sistema BIM pode alcançar dentro do mercado AEC, elas contemplam a maioria dos serviços que são demandados em um empreendimento da construção civil. Ressalta-se que novas extensões só puderam ser exploradas com o surgimento da primeira fase que são os modelos tridimensionais, com os recursos tecnológicos provenientes do BIM (FERREIRA, 2015).

Figura 5: Pirâmide das dimensões nD BIM



Fonte: Ferreira, 2015, p.24.

**O conceito de BIM 3D:** o BIM 3D é um modelo tridimensional associado a objetos com parâmetros e com características pré-estabelecidas. Essas representações em três dimensões devem possuir uma quantidade de informações e de dados, sobre diversos tópicos, referentes a cada objeto que constitui o modelo. Esses objetos com

informações e parâmetros são fundamentais para que o modelo ou projeto seja considerado adequado ao sistema BIM (BAPTISTA, 2015).

**O conceito de BIM 4D:** conforme Motter e Campelo (2014), o BIM 4D é definido como o uso da tecnologia para modelagem associado ao planejamento, onde são inseridos nos modelos os atributos de tempo. Esse nível de tecnologia de implantação dos sistemas BIM permite a simulação de etapas de construção antes do início das obras, estabelecendo uma melhor gestão e planejamento dos empreendimentos.

O BIM 4D pode ser conceituado como a associação do BIM 3D ao fator tempo, que seria o planejamento de obras. O objetivo é o estudo das tarefas a serem desenvolvidas e o escalonamento pretendido dos objetos que constituem o modelo (BAPTISTA, 2015).

**O conceito de BIM 5D:** as tecnologias do BIM 5D foram estudadas por Baptista (2015) e podem ser definidas como a associação e a vinculação do controle de custos dentro de um empreendimento que segue os parâmetros e tecnologias BIM. O autor ressalta que a orçamentação é uma das áreas que tem mais importância no processo construtivo, estando vinculada às condições de financiamento, a disponibilidade de investidores e aos fundos para a construção civil. Nesta etapa ocorre a relação de dados contidos em um modelo como quantitativos, materiais e tarefas aos custos associados a elas.

**O conceito de BIM 6D:** o BIM 6D foi conceituado por Ferreira (2015, p.25), como a gestão de instalações. Essa tecnologia é utilizada para a operação e para a manutenção das instalações do empreendimento durante o seu ciclo de vida. Esse modelo contém informações utilizadas ao longo do período de produção e de exploração. Esse fato propicia a vantagem que os manuais, os projetos e os dados dos elementos projetados e construídos não se percam.

Conforme Biblus (2018), ainda existem 4 dimensões a serem exploradas na implantação do BIM e no ciclo de vida dos empreendimentos. Nos fundamentos estudados o BIM 7D está relacionado ao que Ferreira (2015, p.25), aponta como 6D. Segundo Biblus (2018, *online*):

O BIM 6D é associado à eficiência energética e ao desenvolvimento sustentável de um edifício novo ou existente. Nesse nível ele representa a sustentabilidade ambiental, no que diz respeito à reprodução e manutenção dos recursos naturais, econômicos com a capacidade de criar rendimento e emprego. No âmbito social, seria a capacidade de criar bem-estar.

O BIM 7D refere-se ao gerenciamento a manutenção do edifício ao longo de seu ciclo de vida, para favorecer o levantamento de rastreamento de dados referentes a componentes, especificações técnicas, manuais de manutenção, garantias e a atualização de projetos.

O BIM 8D acrescenta informações relacionadas à segurança ao modelo geométrico, visando prever riscos no processo de construção e identificar atividades a serem implementadas para melhorar a segurança no trabalho e prevenir acidentes.

O BIM 9D permite otimizar e racionalizar as etapas de construção de um projeto. É uma abordagem que permite o gerenciamento eficiente dos recursos e envolve o monitoramento do uso de matérias-primas a fim de minimizar a incidência de resíduos. Através do monitoramento constante desses recursos, podem ser criadas estratégias para efetivamente converter o que seria desperdício, fragmentos de material ou peças ímpares em algo que agregue valor ao todo.

Por sua vez, o BIM 10D visa industrializar e tornar o setor da construção mais produtivo graças às novas tecnologias e à integração de dados físicos, comerciais, ambientais e outros. (BIBLUS, 2018, *online*).

Estudos elaborados por Bonfante e Palmisano (2024) apontam que os conceitos das dimensões BIM 3D, 4D, 5D, 6D, 7D e 8D são consolidados. A aplicação de cada uma deve ser centrada em quatro em quatro princípios fundamentais:

**Interoperabilidade:** o BIM deve ser interoperável, sendo assim os dados possam ser compartilhados e usados por diferentes partes interessadas ao longo do ciclo de vida do projeto;

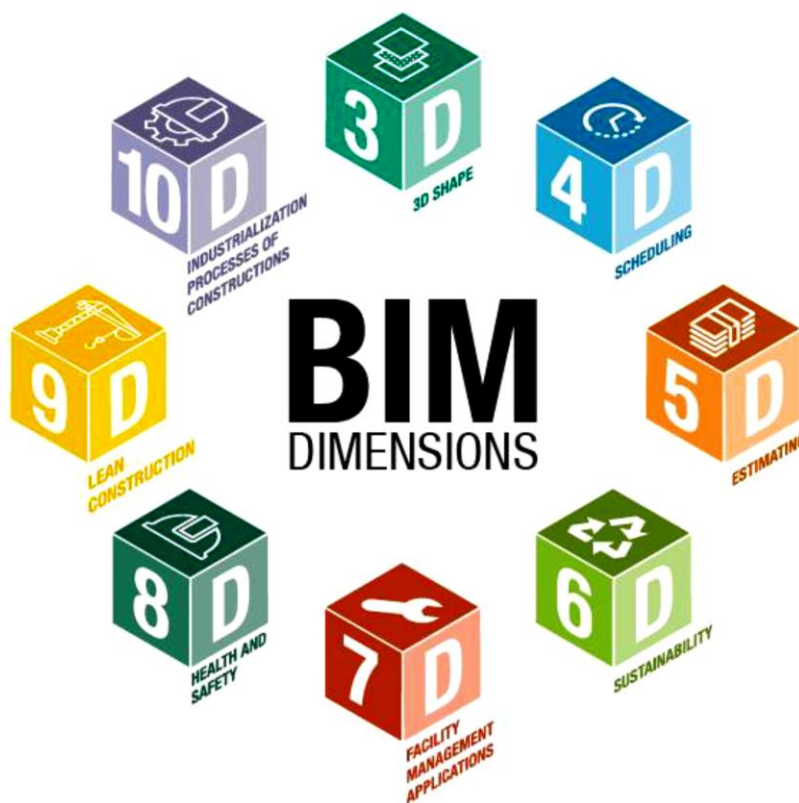
**Colaboração:** o BIM deve promover a colaboração entre diferentes partes interessadas, que a melhora a comunicação e a tomada de decisões;

**Inovação:** o BIM deve ser usado para promover a inovação na indústria da construção civil, de modo a melhorar a eficiência, a qualidade, o custo e a sustentabilidade;

**Sustentabilidade:** o BIM deve ser usado para promover a sustentabilidade na indústria da construção civil, de modo a reduzir o impacto ambiental da construção.

A figura 06 retrata, de forma gráfica e visual, os conceitos estudados por Biblus (2018) que estão descritos acima.

Figura 6: Dimensões BIM



Fonte: Zigurat, 2023.

### 2.1.2 Implantação do BIM na indústria AEC

A indústria da AEC precisa se adaptar a um mercado concorrido e um dos caminhos para manter a produtividade é a implantação das tecnologias e procedimentos que envolvem o BIM. Conforme Melhado *et. al.* (2011) existe uma grande falta de colaboração e comunicação entre os agentes envolvidos no desenvolvimento de um empreendimento. O processo de projeto, incluindo todas as suas disciplinas, e o de construção deveriam ser considerados como uma única etapa dentro do ciclo de vida do empreendimento. No mercado brasileiro isso é uma tendência que ainda não é corriqueira, o que pode gerar dificuldades para o uso e implantação do BIM.

Algumas pesquisas no segmento foram realizadas e de acordo com Toledo (2017, p.64), uma boa maneira de aplicar o BIM é com a utilização de um projeto ou empreendimento que já foi encerrado e que disponha de dados para averiguar os resultados da aplicação. Esse processo de implantação deve evitar o desenvolvimento

de projetos paralelos com a utilização do software convencional a partir do Computer-Aided Design (CAD) em duas dimensões (2D) e as plataformas do BIM.

O BIM prevê uma ruptura do CAD convencional para que se evite retrabalhos e a necessidade da conversão de documentos 2D em modelos. A utilização de um “projeto piloto” para a aplicação do BIM pode ser desenvolvida e iniciada em um empreendimento a ser executado, desde que os projetistas desenvolvam os projetos no modelo, seguindo as diretrizes de um Plano de Execução BIM (BEP), elaborado previamente na etapa de planejamento.

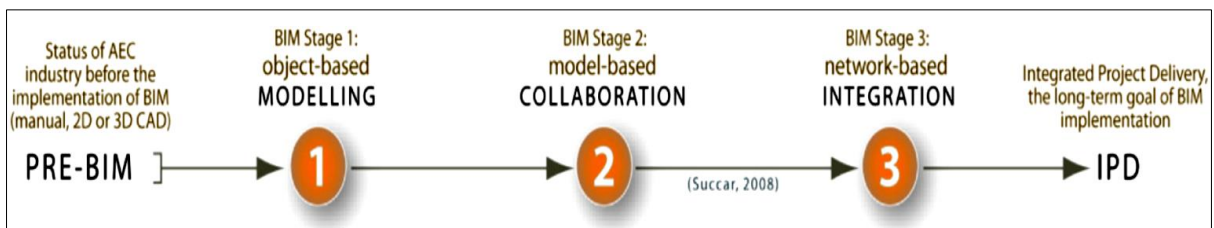
Conforme Vidigal (2024) através da aplicação do BIM, vinculado a demais avanços tecnológicos, é possível criar uma imersão que permite a exploração detalhada dos projetos. Essa vivência imersiva não apenas proporciona clareza espacial e interatividade, mas também facilita a tomada de decisões ao longo do processo de projeto, destacando a relevância e as vantagens da integração dessas tecnologias na prática arquitetônica.

A implantação do BIM pode ser dividida em três principais partes: a primeira constituída pela definição dos processos; a segunda pela infraestrutura e padrões; a terceira pela execução. Os processos abrangem os requisitos do uso BIM e as responsabilidades pela modelagem da informação. A etapa de infraestrutura e padrões define as ferramentas de autoria e colaboração, os tipos de formatos, os arquivos, as bibliotecas, a documentação e a modelagem que serão utilizados no empreendimento. A execução pode ser definida como a criação de um BEP do empreendimento, que incluem e detalham os dois itens anteriores, documentando um acordo entre todas as partes envolvidas no desenvolvimento do projeto (TOLEDO, 2017).

A implantação do BIM é única para cada empreendimento e empresa. As variações entre as respostas e aos questionamentos dificultam a sua cópia e padronização. Ao adotar o BIM, as empresas devem se conscientizar que para atingir o seu grau pleno demanda anos de desenvolvimento e uma elevada maturidade em cada estágio. Dificilmente uma empresa consegue atingir o BIM 5D, sem o domínio do BIM 3D (TOLEDO, 2017).

O BIM vinculado a avanços da AECO pode ocorrer com diferentes estágios de implantação. De acordo com Succar (2009, p.362), esse sistema consolidado possibilita a adoção de uma metodologia de contratos denominada como *Integrated Project Delivery* (IPD). A figura 07, a seguir representa os principais passos, traduzidos em uma matriz de níveis de maturidade, que o estágio preliminar é a adoção da metodologia BIM, todo o fluxo de trabalho é fundamentado em uma documentação 2D. Neste processo, acontecem perdas ou inconsistências nas informações contidas nos projetos devidas a erros de controle e uso de arquivos.

Figura 7: Grau de maturidade BIM subdividida em três estágios – visão linear



Fonte: Succar, 2009.

De acordo com figura anterior, existe uma fase de processos predecessores à implantação do BIM. O primeiro estágio são os objetos baseados na modelagem, o segundo estágio contempla a colaboração fundamentada no desenvolvimento dos modelos e o terceiro estágio é a integração entre uma rede com todos os agentes envolvidos no ciclo de vida do empreendimento (SUCCAR, 2009).

No mercado da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operações (AECO) existe uma dependência em projetos 2D para representar três dimensões. Muitas vezes quando projetos são elaborados em 3D as suas disciplinas são executadas de forma desconexa. Como por exemplo, os quantitativos, as estimativas de custos e as especificações não se originam do modelo 3D e não estão vinculadas a documentações específicas. No estágio antecessor ao BIM, a colaboração entre as partes interessadas não é uma prioridade, o que resulta em um fluxo de trabalho linear, que se agrava com o baixo grau de investimentos em tecnologia (SUCCAR, 2009).

De acordo com a linha de implantação proposta por Succar (2009), o primeiro estágio do BIM representa a execução de um modelo com objetos paramétricos 3D. Esse

modelo é desenvolvido em plataformas e softwares direcionados a etapa de modelagem com os parâmetros desse sistema, abrangendo todas as disciplinas envolvidas, ele pode englobar as fases de projeto, construção e ocupação. Nessa etapa a colaboração ainda é defasada, as trocas de dados ocorrem unilateralmente e sem uma articulação ou planejamento. A modelagem 3D, nessa fase, limita-se a orientação para o desenvolvimento de um modelo e de vistas ortogonais que subsidiam os arquivos para a construção. A edificação é modelada com foco apenas na utilização do desenho paramétrico para extrair vistas de cortes, plantas e elevações de maneira mais rápida do modelo. Há um avanço se comparado ao trabalho de geração de desenhos 2D por permitir atualização automática dos desenhos quando algo for alterado no projeto. Entretanto, a modelagem se fundamenta na extração de vistas e imagens sem a parametrização das informações contidas nos componentes do modelo.

O segundo nível de implantação do BIM é feito após alcançar o desenvolvimento da modelagem abrangendo as principais disciplinas do projeto. Ele engloba esse fator acrescido à colaboração ativa entre os agentes envolvidos nas etapas do empreendimento. O intercâmbio de informações pode ocorrer entre os projetistas, em suas diferentes especialidades, e entre a equipe de projeto e de obra, sendo que os seus dados são mantidos em um único lugar. Esse fator possibilita o início das etapas de construção durante a fase de projeto o que corrobora com a interação entre os empreiteiros e projetistas. Na presente etapa diversas informações passam a ser associadas aos modelos tridimensionais. Os modelos podem passar a agregar mais duas dimensões: tempo (4D) e custo (5D), até aproximar-se do terceiro estágio de maturidade de utilização do BIM (dimensões nD de informação). Nesse estágio, cada disciplina da construção trabalha em seu modelo BIM isoladamente desenvolvendo a modelagem da informação, entretanto já acontece certa colaboração na concessão e troca de modelos para compatibilização e solução de projetos.

A última fase da inserção do BIM pode ser compreendida como o estágio 3, abrangendo um alto nível de compartilhamento entre todas as fases do empreendimento. Nessa etapa os modelos se tornam completamente interdisciplinares “nD”, possibilitando análises complexas, a busca por melhores

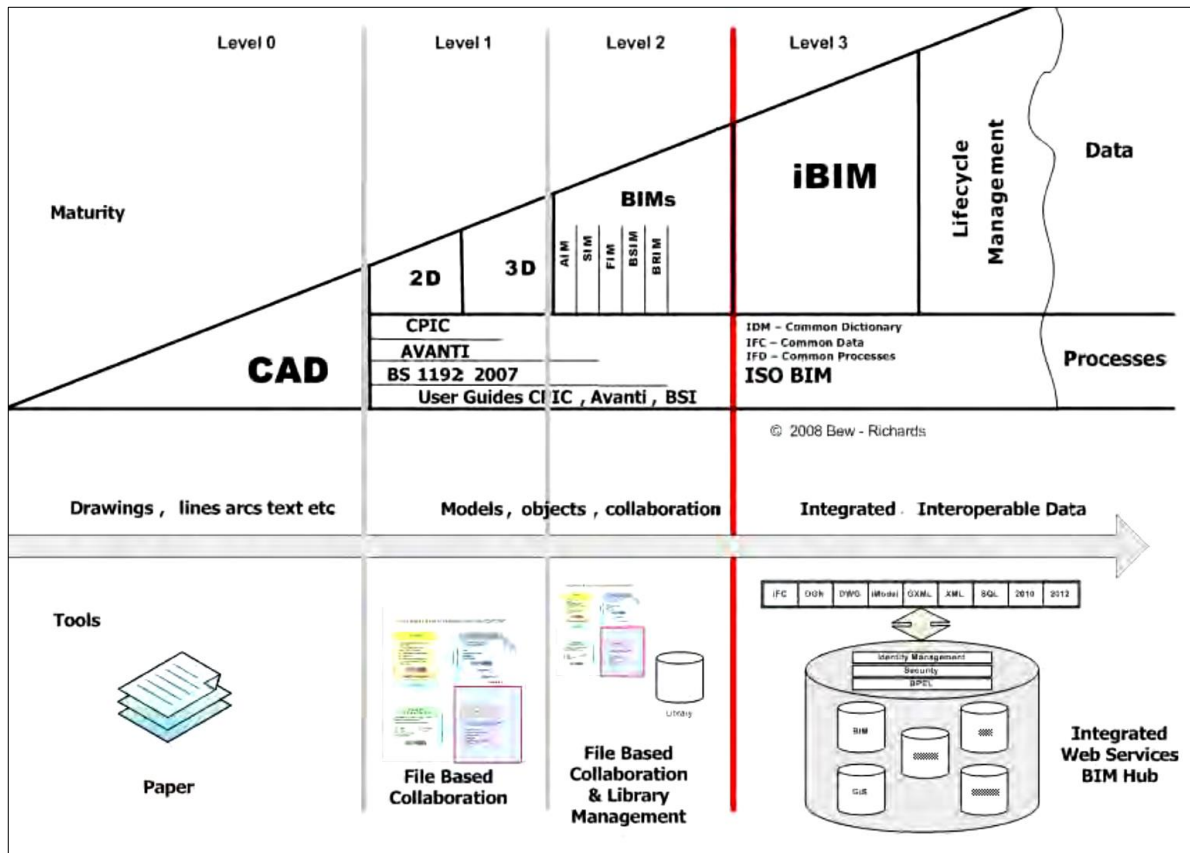
soluções construtivas, a construção enxuta (*Lean Construction*), a Engenharia Simultânea e a análise global de todo o custo das diversas fases do empreendimento. O trabalho colaborativo deve se tornar evidente, proporcionando um intercâmbio de dados e informações unificados de modo a serem compartilhados com todos os envolvidos no processo produtivo. O modelo é construído visando atender as premissas da engenharia simultânea onde todas as atividades do empreendimento são integradas por meio de um planejamento unificado entre o projeto, a construção e operação. Esses processos simultaneamente planejados visam maximizar os ganhos de produção, reduzindo o custo, otimizando a capacidade de construção, operação e segurança (SUCCAR, 2009).

Com a incorporação do conceito de Modelagem nD e de interdisciplinaridade na construção o projeto deve permitir a colaboração plena entre as várias disciplinas envolvidas em um projeto. O ambiente colaborativo computacional que pode ser acessado em tempo real por todas as equipes envolvidas no mesmo. O modelo da edificação incorpora dados de todas as disciplinas de forma simultânea em uma compilação de informação que vai desde a conceituação inicial do projeto até a abrangência de todo o seu ciclo de vida.

Para isso, é necessário que tecnologias de computação em nuvem evoluam para possibilitar que inúmeros integrantes da construção, independentemente da sua localização geográfica, possam trabalhar simultaneamente em modelos BIM. A computação em nuvem permite que dados e recursos de processamento da computação, incluindo aplicativos BIM, sejam acessados e utilizados via internet, permitindo que colaboradores acessem um mesmo arquivo de projeto simultaneamente de computadores e localidades diferentes. A introdução desses estágios BIM, viabiliza a execução de um empreendimento no modelo de IPD (SUCCAR, 2009).

Uma ideia, que corrobora com as etapas de implantação do BIM supracitadas, é apresentada por Bakens *et. al.* (2013) na figura 08. Essa imagem contempla o grau de maturidade de uma empresa, vinculado ao nível de implantação do BIM.

Figura 8: Associação do BIM a maturidade da implantação na empresa



Fonte: Bakens *et. al.*, 2013, p.8.

A figura 08 retrata níveis evolutivos para a implantação desse sistema, ela parte da premissa em que as empresas estão no patamar onde os projetos são executados em CAD e o compartilhamento de informações é feito por meio de documentos impressos. No primeiro passo para a implantação do BIM, os projetos já começam a ser desenvolvidos por intermédio de modelos, com objetos paramétricos e a colaboração é feita por arquivos digitais. No nível dois, são contempladas mais etapas do BIM, como o planejamento e a orçamentação, o modelo, os arquivos digitais e as bibliotecas são gerenciados e compartilhados entre os agentes envolvidos. Como último nível todas as etapas do ciclo de vida do empreendimento são compartilhadas e gerenciadas, havendo um alto nível de integração e interoperabilidade entre os arquivos e dados. Esse é o estágio onde a empresa está mais propícia para executar serviços em IPD. Segundo Bakens *et. al.* (2013), o governo do Reino Unido reconhece o tamanho do potencial do BIM que recomenda que as empresas usem pelo menos o segundo nível desse sistema em seus empreendimentos.

Os estágios de implementação do BIM são estruturados em níveis progressivos de maturidade que refletem a evolução das práticas de modelagem, colaboração e gestão da informação no setor AECO. Eles envolvem uma transição que vai desde o Estágio 0, caracterizado pelo uso isolado de informações em formatos essencialmente bidimensionais, até o Estágio 1, no qual são adotados modelos 2D e 3D ainda sem integração plena entre as disciplinas. O Estágio 2 representa um avanço significativo, marcando a colaboração entre equipes por meio de modelos disciplinares federados e processos padronizados de troca de informação. Já o Estágio 3 estabelece a plena integração e interoperabilidade dos dados, por meio de um Ambiente Comum de Dados (CDE) totalmente colaborativo e orientado por informações compartilhadas ao longo de todo o ciclo de vida do empreendimento. Pesquisas recentes reforçam que esses estágios funcionam como um guia para medir a evolução digital das organizações e orientar políticas públicas e estratégias organizacionais de implantação do BIM (CDBB, 2022).

### **2.1.3 Modelo dentro dos padrões BIM**

**Conceitos de modelagem e modelo:** nos sistemas que envolvem o BIM, dois fundamentos têm uma grande importância para o mercado da AEC e os meios acadêmicos. O primeiro é o termo modelagem, que pode ser definido como o processo onde os dados e objetos são estruturados e organizados. O segundo conceito, são os resultados do processo de modelagem. O objetivo dos modelos é descrever como os dados e os objetos serão utilizados e como os seus atributos vão ser representados dentro de uma área específica de conhecimento. A geometria dos objetos pode ser considerada uma das propriedades mais importantes que deve ser inserida na etapa de modelagem. O modelo precisa conter diversas informações sobre o empreendimento, agrupadas em vários objetos. Ele deve possibilitar a extração de dados para diversos propósitos, como a documentação, a análise de informações, a visualização 2D e 3D do conjunto de objetos (MANZIONE, 2013).

**Objetos Paramétricos:** as ferramentas para modelagem BIM são compostas por objetos paramétricos, que dão origem aos modelos desse sistema. Os objetos paramétricos consistem em definições geométricas, dados e regras associadas aos itens modelados. Eles são objetos 3D que possuem uma geometria integrada e não

apenas diversas vistas 2D independentes, como nos projetos executados sem as plataformas BIM. O fator de integração das suas características possibilita modificações em diversas vistas automaticamente. A um objeto paramétrico pode-se atribuir, além de definições geométricas, os tipos de material de sua constituição, dados acústicos, dados térmicos, o peso, o custo e a durabilidade. Isso permite a extração de informações como quantitativos e estimativas de custos (MOTTER E CAMPELO, 2014).

A aplicação de objetos paramétricos permite criar componentes inteligentes capazes de responder automaticamente a regras geométricas e funcionais. Eles incorporam definições geométricas associadas a dados e regras que garantem consistência, flexibilidade e alto nível de precisão, permitindo que portas, janelas, paredes e outros elementos sejam ajustados quase instantaneamente conforme parâmetros definidos pelo projetista. Além disso, a integração de critérios relacionais amplia a autonomia do processo de modelagem, oferecendo suporte a análises, estimativas de custo e interoperabilidade entre plataformas. Essa visão reforça o papel central da modelagem paramétrica como base para fluxos de trabalho orientados por dados e para o aumento da eficiência no desenvolvimento de projetos (AKIN, 2025).

**Características da modelagem BIM:** a gama de informações contidas em um modelo vão aumentar ou diminuir a sua precisão com relação a sua orçamentação. Quanto maior é a quantidade de informações, mais preciso será o orçamento. Um cliente que contrata um modelo menos detalhado deve ser alertado sobre o aumento do risco de que o orçamento possa não ser compatível à realidade. Para a precisão da construção, fabricação e estimativa de custos em um software de planejamento e orçamentação, como o Vico Office, deve ser desenvolvido um modelo com o máximo de objetos parametrizados (MARINI, 2017).

Os objetos devem ser modelados para atender padrões construtivos e de fabricação, o que pode levar os projetistas a modos diferentes de projetar. Como por exemplo, uma janela deve ser composta por dois objetos, o vidro e a esquadria, sendo que esses componentes devem ser modelados separadamente. Nos softwares de orçamentação BIM, especificadamente no Vico Office, a modelagem de diversos elementos de uma parede em um único item, pode ocasionar em uma redução da

precisão, o que corrobora com a ideia de modelar os elementos em objetos separados. É recomendado separar a arquitetura da estrutura e das demais especialidades com a finalidade de obter orçamentos e quantidades individualizadas e possibilitando o isolamento das diversas peças, áreas e disciplinas (MONTEIRO e MARTINS, 2012).

**Nível de desenvolvimento (Level of Development):** conforme Bedrick e Reinhardt (2013), o nível de desenvolvimento ou Level of Development (LOD) é uma referência que possibilita aos agentes envolvidos na indústria da AEC a verificar, a especificar e a articular a quantidade de informações dos modelos BIM nas diversas etapas do projeto e construção. O LOD define e ilustra características dos elementos e componentes do modelo, possibilitando aos usuários identificar o que ele é capaz de fornecer. Esse sistema classificatório pode auxiliar os proprietários a ter conhecimento do que eles estão adquirindo, a esclarecer o que o modelo BIM pode proporcionar, a melhorar a comunicação entre o gerente de projeto e os demais projetistas e produzir um padrão que pode ser referência nos contratos e nos planos de execução BIM. Os Níveis de desenvolvimento são LOD 100, 200, 300, 350, 400 e 500 e podem ser ilustrados na figura 09.

Figura 9: Ilustração e nomes dos níveis de desenvolvimento



Fonte: Hitech, 2025.

Segundo Morais *et. al.* (2015, p.11), os Níveis de Desenvolvimento podem ser descritos da seguinte forma:

- LOD 100: É um nível conceitual que pode ser equiparado à fase inicial ou estudo volumétrico do projeto. Usualmente os modelos são compostos de toda a forma volumétrica do que será construído, possibilitando análises construtivas como: definição da forma inicial da edificação, a orientação do edifício e uma estimativa de custo por metro quadrado;

- LOD 200: É um nível que pode ser comparado à fase de concepção do projeto ou anteprojeto, possui parte de sua geometria já estabelecida, com os quantitativos aproximados, os tamanhos e as formas predefinidos. Existe uma representação parcial das instalações prediais, estando nessa etapa a sua orientação e localização.

- LOD 300: É um nível classificado como geometria precisa, onde o projeto está praticamente definido, a extração de quantitativos e as especificações de materiais são precisas e refletem o que será construído em obra. Esse nível possibilita o fornecimento de dados, de documentos para a obra, de listas de compras e a inserir cronogramas sem detalhes de montagem. Com um modelo BIM em LOD 300 podem ser desenvolvidas diversas análises simulando o comportamento das estruturas e as demais instalações prediais ou disciplinas envolvidas no empreendimento. Esse modelo está habilitado para ser usado em construções, o que o aproxima dos detalhes da fase de obras;

- LOD 350: É um nível de classificação que possibilita o desenvolvimento das principais funções de coordenação de projetos. As informações são suficientes para a verificação de conflitos entre as disciplinas envolvidas no projeto e a sua compatibilização. Nesse nível de desenvolvimento são definidos os escopos de projeto por especialidade e o nível de detalhe individual de cada objeto. No LOD 350 devem ser previstos os detalhamentos de reforços e conexões estruturais que possam influenciar em projetos hidráulicos e arquitetônicos;

- LOD 400: Esse nível pode ser considerado como etapa de fabricação ou produção, onde o modelo está pronto para a construção. Para alcançá-lo é necessária a participação de todos os agentes envolvidos nos diversos processos do projeto e obra. No LOD 400 já devem estar inseridos os cronogramas de obra, refletindo o tempo de montagem das etapas da obra. Essa etapa permite executar simulações precisas, inclusive de processos relacionados à manufatura dos componentes;

- LOD 500: Esse Nível de Desenvolvimento pode ser denominado como as *built* (como construído). Nesse estágio o objetivo é inserir no modelo os dados de como exatamente o empreendimento foi construído e é considerado fundamental para a realização do uso adequado, da operação, da manutenção e de reformas. (MORAIS *et. al.*, 2015, p.11)

O estudo preciso dos níveis de desenvolvimento é importante para que seja executado cada tarefa que se deseja alcançar com o modelo BIM. Desenvolver os objetivos do modelo é fundamental para otimizar o tempo de modelagem e viabilizar a definição de parâmetros (MORAIS *et. al.*, 2015, p.11).

O conceito de LOD garante a precisão, clareza e padronização no uso de modelos BIM. O BIM Forum (2024) reforça a importância ao detalhar e ilustrar as características geométricas e informacionais esperadas em cada nível, o que amplia a interpretação das definições originalmente estabelecidas pelo AIA e aprimora a comunicação entre equipes de projeto. O LOD pode ser utilizado como ferramenta de coordenação,

planejamento e validação de entregas, ao padronizar critérios que servem como referência para a troca de informações, definição de escopo e expectativas ao longo das etapas de projeto e construção.

**Os principais fabricantes de plataformas para uso do BIM:** dentre as principais plataformas para a modelagem em BIM está o Revit, que é produzido pela AutoDesk, uma das empresas mais influentes desse mercado. Segundo estudos de Costin (2012), o Revit possui três modalidades distintas para o desenvolvimento de projetos. O Architecture, que foca no desenvolvimento de projetos arquitetônicos, o Structure, que visa à execução de projetos estruturais e o Mechanical, Electrical and Plumbing (MEP), para projetos elétricos, hidráulicos e de outras instalações mecânicas.

A Graphisoft é uma empresa que se dedica a produção de plataformas que visam suprir necessidades voltadas para a implantação do BIM. O Archicad foi desenvolvido por essa empresa, sendo considerado um dos primeiros softwares BIM para arquitetos do mercado da AEC e até hoje é atualizado com propriedades em soluções arquitetônicas. Essa empresa possui o modelador MEP que proporciona uma base de dados de diversas disciplinas da engenharia civil integrada à arquitetura do empreendimento. Essa colaboração pode ser efetivada pela integração entre os *softwares* ou pelo padrão IFC. A Graphisoft é responsável pelo desenvolvimento do EcoDesigner, que pode ser considerado como o primeiro aplicativo do mundo que integra as funcionalidades de energia do edifício. Essa companhia é uma das pioneiras em compartilhamento e colaboração virtual em tempo real do mundo a partir da plataforma BIM Server. Ela faz parte do grupo Nemetchek desde sua aquisição em 2007 (GRAPHISOFT, 2025).

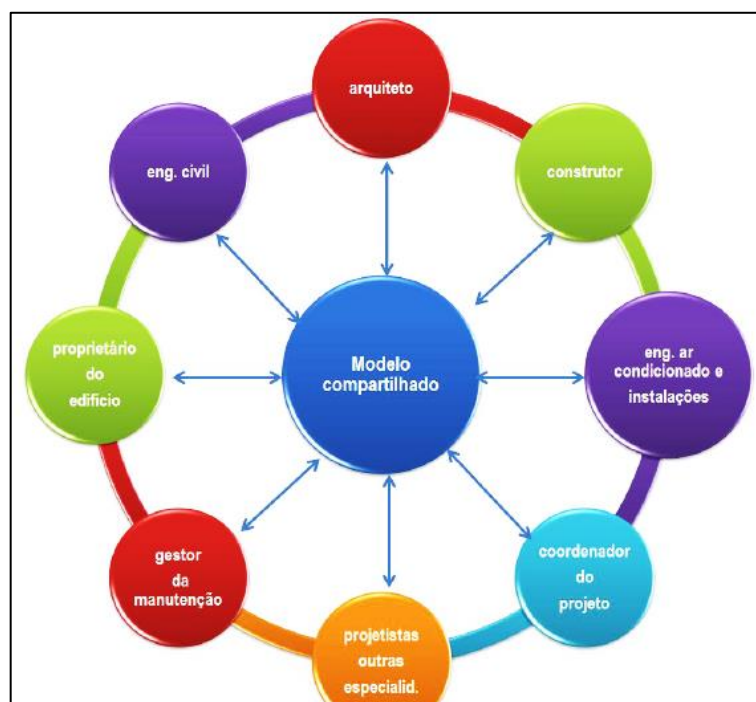
#### **2.1.4 Interoperabilidade do sistema BIM**

A interoperabilidade, conforme Bernstein *et. al.* (2007), é a habilidade de gerenciar produtos eletrônicos e os dados de projetos ou de empreendimentos, entre as empresas e os agentes colaboradores envolvidos no processo produtivo. Ela é definida como a facilidade de implantar e de gerenciar relações colaborativas entre os membros das diversas etapas e disciplinas, envolvidas na construção. Esse processo

visa, principalmente, à integração entre as etapas de planejamento, de projeto e a execução do empreendimento.

A interoperabilidade é a capacidade dos sistemas se comunicarem eficientemente entre si, eliminando a necessidade de repetir a introdução de dados já concebida. Para otimizar a aplicação do BIM é necessário que esse banco de dados e informações seja compartilhado entre todos os agentes envolvidos no empreendimento, como mostra a figura 10. Nos sistemas BIM a base de dados deve ser lógica e consistente, abordando todas as informações do empreendimento até o fim da vida útil do edifício, o que possibilita a colaboração entre todos os agentes (ANTUNES, 2013).

Figura 10: Conceito de modelo de compartilhamento no BIM



Fonte: Manzione, 2013, p.37.

A interoperabilidade pode gerar benefícios, principalmente, se for implantada com um planejamento adequado e ao longo prazo. As principais vantagens observadas são a redução de desperdício do tempo de entrega, nos custos de produção e no aumento da produtividade. Conforme constatado por Bernstein *et. al.* (2007), existem benefícios que são: o aumento da velocidade da produção, a redução da vulnerabilidade dos projetos, maior qualidade das informações ao longo do ciclo de vida do

empreendimento, a redução dos custos com comunicação e o aumento do valor agregado ao produto, podendo eliminar a reentrada manual de dados e a duplicação das funções. A ausência de interoperabilidade pode resultar na necessidade de readequação dos dados manualmente, em um maior gasto de tempo na utilização dos softwares duplicados, o que aumenta a necessidade de ferramentas de controle de produção como listas de checagem (*check lists*) e um maior prazo para a conferência da informação.

No mercado da AEC, o conceito de interoperabilidade pode ser trabalhado em três níveis, que são entre *softwares* do mesmo fornecedor, entre plataformas de diferentes fornecedores e através de normas abertas de dados. O primeiro nível acontece quando os agentes envolvidos no empreendimento utilizam *softwares* da mesma marca ou empresa fabricante. Um exemplo é quando os projetistas utilizam o Autodesk Revit em diferentes modelos BIM e versões distintas e no final do trabalho agrupam os resultados e projetos. Estes são enviados para uma equipe de planejamento e gestão que trabalha com o Navisworks ou outro *software* da mesma fabricante. Utilizar as plataformas do mesmo fornecedor apresenta benefícios em termos de planejamento, de coordenação, em redução de tempo e na facilidade na detecção de interferências entre as diversas especialidades.

O segundo nível de interoperabilidade é quando a equipe de trabalho utiliza plataformas de diversos fornecedores, que é o mais usual no mercado da AEC. Para que o intercâmbio de dados aconteça nesse nível é necessária a definição de regras de comunicação, que determinem como as diferentes plataformas e aplicativos devem se comunicar. A comunicação é importante porque possibilita a redução do número de erros e facilita a coordenação e gestão das informações no projeto.

O terceiro nível é através de normas abertas de dados (*open data standards*). O fundamental que deve ser definido é em que ponto a informação deve estar para ser exibida ou transferida para os diferentes *softwares*. Na indústria da construção o que se consolidou como open data standards foi o *Industry Foundation Classes* (IFC) que permite informações de diferentes fontes e que plataformas trabalhem em conjunto visando um melhor fluxo de dados dentro do empreendimento (HAMIL, 2012).

### ***Industry Foundation Classes***

O IFC é definido pela *Building Smart (2025)* como um formato de extensão que torna possível trocar informações entre os diferentes softwares BIM. O formato abrange diversas disciplinas nas mais variadas etapas do ciclo de vida do empreendimento. Esse modo de colaboração e compartilhamento universal pode ser denominado como BIM aberto (open BIM), as suas principais vantagens são: os membros do empreendimento podem participar de suas etapas de execução independente do software que ele usa, cria uma linguagem comum que pode vincular diversas organizações e possibilita a participação de variadas empresas de softwares dentro do sistema BIM.

Segundo Baptista (2015), a principal função do IFC é que o BIM estabeleça uma base ou banco de dados e de informações tecnologicamente abertas. Isso possibilita a criação de uma independência dos usuários dos diversos produtos, onde o projeto não depende do programa utilizado na sua base de dados inicial. O sistema visa uma comunicação entre diferentes etapas do ciclo de vida do empreendimento como modelagem e orçamentação. Para a denominação e categorização de objetos e parâmetros de modelos são utilizados os Sistemas de Classificação.

**Os sistemas de classificação** têm o propósito de categorizar a informação contida em obras e projetos do mercado da AEC, com o objetivo de atingir maior assertividade e interoperabilidade entre diferentes plataformas de serviço e especialidades de projetos distintas. Eles têm como objetivos diminuir a troca de informações equivocadas, de dúvidas de interpretação e de facilitar a interoperabilidade e a comunicação entre os agentes nas diferentes etapas do ciclo de vida de um empreendimento. A maioria propõe classes que agrupam objetos semelhantes, vinculando-os a diversas fases do projeto (ABDI e MDIC, 2017).

Segundo Gelder (2015, p.288), para que um sistema de classificação seja funcional e eficiente ele deve conter alguns requisitos. As principais premissas para alcançar essas funções são:

- Ele deve ser digital, fácil de acessar, de utilizar e com o seu conteúdo disponibilizado gratuitamente;

- Os seus itens devem gerar um sistema unificado de forma que suas tabelas, códigos e elementos tenham uma numeração, terminologia, sequência e agrupamento de maneira lógica;
- É importante que seja promovida a interface entre áreas distintas, como edificações, infraestrutura e geografia, a partir da forma que os objetos e insumos são classificados. Ele deve servir a todas as disciplinas de projetos, as normas vigentes e as fases do negócio, independentemente da sua complexidade;
- Ter interface em todas as etapas do ciclo de vida de um empreendimento (concepção, desenvolvimento de projetos, orçamentação, planejamento, construção e uso e ocupação);
- Considerar os princípios funcionais dos sistemas de classificação predecessores e internacionais;
- Estar em conformidade com as normas internacionais como a *International Organization for Standardization* (ISO) 12006-2:2015, e as nacionais como a Norma Brasileira (NBR) 15965. (GELDER, 2015, p.288)

Conforme conceitos estudados por com Smith (2016), o sistema de classificação tem impacto direto no processo de trabalho e desenvolvimento do empreendimento e em diversas fases do ciclo de vida da edificação. A sua escolha deve ser feita de forma a agregar o maior número possível de agentes envolvidos e de projetistas para que ela ou o seu desenvolvimento seja feito de forma adequada. Ele é uma importante definição que interfere em todas as etapas dos empreendimentos no mercado AEC. Para garantir o sucesso e a maximização de lucros no negócio ele deve ser escolhido ou desenvolvido em etapas preliminares do projeto e da modelagem. Quanto mais breve ele for executado melhor será o seu aproveitamento, abrangendo um maior número de disciplinas e de projetos.

### **Exemplos de sistemas de classificação**

**ISO 12006-2:2015:** nomeada como “Construção de Edifícios – Organização de Informações sobre Obras de Construção – Parte:2 Estrutura para Classificação”. A sua principal meta é alcançar uma padronização internacional de sistemas de classificação para a construção, por meio de definições estruturais de agrupamentos, recomendações de nomenclaturas e informações para o desenvolvimento dos seus itens. Essa norma internacional serve como referência para empresas, entidades governamentais em âmbito mundial, que visam desenvolver Sistemas de Classificação, podendo conter alguns detalhes específicos de cada localidade (ISO, 2015).

**OmniClass:** OCCS é uma classificação de bibliotecas de materiais, produtos e informações de projeto, que são estruturados em um banco de dados visando auxiliar a indústria da construção. A estratégia desenvolvida pelo mercado da AEC norte americano, para executar o OCCS, foi catalogar e descrever o máximo possível de insumos que envolvem todo o processo de construção. Ele é formado por 15 tabelas que representam as diferentes informações decorrentes desse mercado (OMNICLASS, 2006). Segundo Ferreira (2015), apesar de ser desenvolvido nos Estados Unidos da América (EUA) ele tem uma grande abrangência, inclusive de caráter mundial, sendo utilizado como padrão ou referência em diversos países.

**UniClass 2015:** é um sistema unificado de classificação utilizado na indústria do Reino Unido e abrange todos os setores da construção. Ele foi desenvolvido, sendo mantido e atualizado pela *National Building Specification* (NBS). A sua última versão é de 2015, porém, ele tem como característica o fato de ter atualizações periódicas. As mais recentes visam atender as principais demandas de implantação do BIM, buscando métodos de integrar etapas e tornar o processo produtivo mais uniforme e eficiente. Ele pode ser usado como uma forma de categorizar informações para diversas etapas de um empreendimento como orçamentação e definição de escopo (GELDER, 2015 e DELANY, 2018).

**ABNT NBR 15965:** é a primeira norma técnica BIM brasileira, ela consiste em um sistema de classificação das informações, oferecendo ao mercado da AEC brasileiro, uma padronização da nomenclatura utilizada em seus processos. O seu desenvolvimento aconteceu com base no Sistema de Classificação norte americano, OmniClass, no qual foram retiradas técnicas de construção dos EUA e inseridos sistemas construtivos e soluções específicos do mercado brasileiro (CATELANI e TOLEDO, 2016). Essa norma brasileira é composta por uma divisão de itens e insumos em seis temas que dão origem a 13 tabelas. Elas visam contemplar toda a indústria da construção civil, os setores de edificações, de infraestrutura e o industrial, abrangendo a mineração, extração de petróleo e gás. A figura 11 mostra os temas e as subdivisões em tabelas.

Figura 11: Tabelas da ABNT NBR 15965

Tema	Assunto	Tabela
Características dos objetos	Materiais	0M
	Propriedades	0P
Processos	Fases	1F
	Serviços	1S
	Disciplinas	1D
Recursos	Funções	2N
	Equipamentos	2Q
	Componentes	2C
Resultados da construção	Elementos	3E
	Construção	3R
Unidades e espaços da construção	Unidades	4U
	Espaços	4A
Informação da construção	Informação	5I

Fonte: Adaptado de Catelani e Toledo, 2016.

A formatação dos sistemas de classificação dessa norma pode ser analisada por meio da figura 12, que contempla um trecho da “Tabela OM”, referente aos materiais.

Figura 12: Exemplo de uma tabela da ABNT NBR 15965

Código					Termo			
OM.	10.	00.			Elementos químicos			
	OM.	10.	10.	00.	Elementos sólidos			
		OM.	10.	10.	01.	Carbono		
		OM.	10.	10.	03.	Silício		
	OM.	10.	30.	00.	Elementos líquidos			
		OM.	10.	30.	01.	Mercurio		
	OM.	10.	40.	00.	Elementos gasosos			
		OM.	10.	40.	01.	Hidrogênio		
OM.	20.	00.	00.		Compostos sólidos			
	OM.	20.	10.	00.	Compostos minerais			
		OM.	20.	10.	01.	00.	Rochas	
			OM.	20.	10.	01.	01.	Granitos
			OM.	20.	10.	01.	03.	Mármore

Fonte: Adaptado de Catelani e Toledo, 2016.

Conforme Solihin e Eastman (2015), as etapas do BIM devem propiciar automação e eficiência, gerando o mínimo de interferências e de intervenções no desenvolvimento de empreendimentos no mercado da AEC. Os sistemas de classificação contribuem para o auxílio na verificação dos códigos dos itens, dos insumos utilizados, corrobora para especificar as demandas dos clientes e a analisar a forma mais viável de construir a partir dos objetos modelados.

### **2.1.5 BIM como ferramenta para orçamentos e planejamento**

A extração da estimativa de custos em um empreendimento da construção civil é uma fase estratégica fundamental para o seu sucesso. O valor do gerenciamento de custo e dos orçamentos, para o investidor, está na possibilidade de simulações e explorar diversos cenários de construção em tempo real e com os custos e quantitativos interligados ao projeto (MUZVIMWE 2011).

Os principais benefícios que podem ser alcançados com a estimativa de custos e quantitativos, interligados no modelo BIM, são a possibilidade de simulações, incluindo alterações desde o escopo até as especificações de acabamento com o fornecimento do projeto de construção completo. O BIM 5D pode contribuir em fases anteriores a orçamentação, auxiliando em decisões, nas soluções de projetos, em decisões da supervisão de obras e nos métodos construtivos (XU, 2017).

Segundo Xu (2017), o BIM 5D pode servir como uma boa plataforma de processos dentro de todo o ciclo de vida de um empreendimento, projeto, construção e operação. Na etapa de projeto esse estágio do BIM otimiza os métodos construtivos, reduz o tempo gasto nas estimativas de custos, em modificações e alterações do modelo, bem como, auxilia na detecção de erros nos desenhos que são encaminhados para a construção ou fabricação de componentes.

De acordo com Xu (2017) e Lu *et. al.* (2016) na fase de construção essa plataforma auxilia no controle financeiro geral e total do empreendimento, fornecendo fluxos de caixa e previsões de gastos. Ela facilita a formulação do plano de construção, partindo dos recursos disponíveis e sua previsão, podendo ser atualizado como reflexo real dos gastos, o que minimiza as perdas ocasionadas por falta de planejamento do canteiro de obras. Na etapa de operação essa ferramenta ajuda a desenvolver um

plano de manutenção e reduz as dificuldades de operar a construção, tendo como base informações atualizadas de obra.

O BIM 5D foi diagnosticado por Xu (2017) em um empreendimento de grande porte na China. Esse empreendimento exigiu o envolvimento e interação de profissionais de diversas empresas e especialidades. Nesse exemplo ele possibilitou a extração de forma automática de listas de preços, o controle custos, os orçamentos de insumos, os serviços e a administração de contratos com fornecedores. A plataforma proporcionou a realização automática da extração de quantidades com suas dimensões, as previsões de consumos de material e as simulações do canteiro de obra associado ao custo dos insumos alocados.

O modelo foi disponibilizado para todos os fornecedores e todos subcontratados, o que gerou uma redução de desperdício, de tempo, de burocracia na fabricação dos materiais e na execução dos contratos. Esses benefícios suscitarão em vantagens econômicas para a empresa e auxiliaram o planejamento, a gestão, a organização e a eficiência na utilização de recursos e insumos da construção.

Foi desenvolvida uma pesquisa fundamentada em um estudo de caso que integra diferentes tecnologias, como AutoCAD, Revit, Excel e Microsoft Project, a fim de avaliar suas contribuições para o gerenciamento de custos, comunicação entre equipes e qualidade das informações do projeto. Os resultados indicam que o BIM possibilita maior precisão orçamentária, melhoria no controle de prazos e maior integração entre disciplinas, embora ainda existam limitações relacionadas à interoperabilidade entre *softwares* e escassez de bibliotecas de materiais. O estudo conclui que o BIM se configura como uma estratégia essencial para elevar a produtividade, a qualidade das entregas e o desempenho geral dos empreendimentos, reforçando seu papel como ferramenta indispensável na modernização e digitalização da construção civil (SANTIAGO *et. al.* 2025).

## **2.2 A contextualização e avaliação do BIM aplicados na indústria AEC**

Conforme a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI, 2018), o BIM é uma mudança cultura que engloba ferramentas em todas as etapas do ciclo de vida

dos empreendimentos. Ele abrange ferramentas de processos e de planejamento que utiliza um modelo virtual em três dimensões para projetar toda a construção antes de iniciar os trabalhos no canteiro de obras. O BIM é referenciado como uma grande fonte de benefícios na área de infraestrutura. Ele impacta a cadeia de fornecedores e de mão de obra, que vai ter que se qualificar, e aprimora as práticas do setor da construção. São diversos benefícios para o mercado e para o setor público, pois gera economia nas compras e maior transparência nas licitações. A utilização dos processos e tecnologias que preconizam o BIM pode representar aumento de até 10% da produtividade das empresas de construção e reduzir o custo das obras em até 9,7% e em aproximadamente 20% no custo de insumos. De acordo com o estudo, se metade das construtoras adotarem o BIM até 2028, o PIB do setor crescerá 7%.

A entidade ABDI é um importante catalizador da inovação do país, tendo realizado ações de fomento a divulgação do BIM. Um exemplo foi o lançamento da “Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC”, junto ao Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC), onde diversos conceitos são trabalhados e através da coletânea as empresas, as construtoras, os projetistas, os fornecedores e os profissionais conseguem estudar e avaliar a possibilidade de implantação conceitual em suas atividades. Outra ação do órgão foi a difusão de normas técnicas específicas para o BIM, em parceria com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

O Governo Federal colaborou com a divulgação e incentivo ao uso do BIM, a partir do decreto nº 9.377, de 17 de maio de 2018, que institui estratégia nacional para disseminação da tecnologia, conforme definido em seu artigo 1º:

Art. 1º Fica instituída a Estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modelling* no Brasil - Estratégia BIM BR, com a finalidade de promover um ambiente adequado ao investimento em *Building Information Modelling* - BIM e sua difusão no País.

O decreto ainda estabelece os objetivos nomeados como Estratégia BIM BR que visam difundir a matéria, coordenar e estruturar o poder público para a adoção do BIM, fomentar o investimento público e privado, estimular capacitação, desenvolver normas técnicas e métodos para a sua aplicação no cenário das construções nacionais.

Em contrapartida, o cenário macroeconômico e político brasileiro, dos últimos anos, fez com que o mercado de maneira geral, e, especialmente os setores de infraestrutura e construção civil, sofressem considerável redução de demanda, inclusive passando por recessão.

Conforme divulgação da Fundação Getúlio Vargas (FGV/IBRE, 2018, p.1), o BIM é uma tecnologia que pode aumentar substancialmente a produtividade no setor de construção civil, pois possibilita que os agentes envolvidos em um empreendimento trabalhem em conjunto, facilitando tarefas como a compatibilização, a verificação de interferências e a detecção de erros ainda nas fases iniciais de projeto. É importante ressaltar que se deve ter integração com os fornecedores da obra, que precisam criar bibliotecas BIM de seus produtos, ou seja, transformar a nomenclatura dos produtos em um padrão que possa ser utilizado pelo modelo.

Esse fato caracteriza o BIM como uma mudança de processos que abrange toda a cadeia da construção, exigindo uma grande mudança na cultura organizacional e disponibilização de informação e de gestão do processo construtivo. Ao envolver diversos agentes, sua implantação pode se tornar mais complexa, especialmente, porque exige uma qualificação adicional de todas as partes.

O Instituto Brasileiro de Economia, da Fundação Getúlio Vargas (FGV/IBRE, 2018), realizou uma pesquisa que demonstrou que apenas 8,5% das empresas do setor de infraestrutura aplica os conceitos do BIM nas suas operações. O panorama completo do setor está apresentado na figura 13.

Figura 13: Percentual das empresas que utilizam o BIM

Segmentos	Sua empresa utiliza a ferramenta Building Information Modeling (BIM)		
	Sim	Não	Não sei dizer
<b>CONSTRUÇÃO</b>	<b>9,2</b>	<b>73,2</b>	<b>17,6</b>
PREPARAÇÃO DE TERRENO	9,4	70,0	20,6
CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS E OBRAS DE ENGENHARIA	10,0	72,4	17,6
<i>Edificações</i>	11,2	73,4	15,4
<i>Residenciais</i>	13,9	70,5	15,6
<i>Não Residenciais</i>	8,5	76,5	15,0
<i>Obras Viárias</i>	8,2	73,5	18,3
<i>Obras de montagem</i>	10,8	62,9	26,3
<i>Obras de arte especiais + Obras de outros tipos</i>	7,6	71,2	21,2
OBRAS DE INFRAESTRUTURA PARA ENGENHARIA ELÉTRICA E PARA TELECOMUNICAÇÕES	7,9	78,5	13,6
OBRAS DE INSTALAÇÕES	5,9	76,8	17,3
<i>Instalações elétricas</i>	5,5	70,9	23,6
<i>Instalações de sistemas de ar condicionado, de ventilação e refrigeração + Instalações hidráulicas, sanitárias, de gás e de sistema de prevenção contra incêndio</i>	6,5	83,2	10,3
OBRAS DE ACABAMENTO	0,0	91,0	9,0
INCORPORAÇÃO DE EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS + OUTROS	10,7	65,9	23,4
SERVIÇOS ESPECIALIZADOS PARA CONSTRUÇÃO	8,5	71,5	20,0
OBRAS DE INFRAESTRUTURA	8,5	71,5	20,0
SERVIÇOS ESPECIALIZADOS	6,4	76,1	17,5

Fonte: FGV/IBRE, 2018.

Os benefícios do BIM já têm sido amplamente mensurados em vários países que já adotam a ferramenta, como EUA, Reino Unido e Singapura, entre outros, onde a disseminação do BIM está bastante avançada. Em muitos países, como o Reino Unido, por exemplo, a utilização do BIM em projetos de infraestrutura já é mandatória.

### 2.2.1 Implantação dos processos e tecnologias BIM

Dentre muitas mudanças e evoluções na produção da indústria AEC, o BIM proporciona projetos tridimensionais, mudanças culturais e em processos para alcançar o compartilhamento de dados entre os agentes envolvidos (EASTMAN, 2014). Segundo Xu (2017), a implantação do BIM pode servir como uma forma de armazenamento de dados durante todo o ciclo de vida de um empreendimento.

Muitos autores citam alguns empecilhos para a implantação BIM. Segundo Melhado et al. (2011), a falta de colaboração e comunicação entre os agentes envolvidos no desenvolvimento de um empreendimento é uma grande falha na tentativa de implantar o BIM. Um grande erro apontado por Xu (2017) é a tentativa de implantá-lo em fases

posteriores a modelagem. Gestores que visam a execução de empreendimentos dentro dos padrões e normas BIM devem prever esse sistema desde as primeiras fases do empreendimento. A tentativa de inseri-lo em fases posteriores a de projetos pode gerar retrabalhos, dificuldades e perda dos seus benefícios.

### ***Benefícios e desafios da aplicação do BIM em projetos na indústria da construção***

Conforme ideias de Motter e Campelo (2014), o modelo é um conjunto detalhado de objetos 3D, que se integram entre si, podendo conter diversas informações, dados e parâmetros a serem utilizados em fases posteriores a de modelagem. De acordo com Marini (2017), a quantidade de informações pode melhorar a sua adequação em fases subsequentes como orçamento, planejamento e controle de obras. Modelos com objetos mais detalhados aumentam a realidade ao serem construídos, porém podem deixar essa etapa mais onerosa.

A análise do custo e benefício deve ser feita juntamente com o cliente para que o propósito do modelo seja bem definido e não sejam desperdiçados recursos em sua execução. Para que as empresas possam suprir as demandas dos clientes e, também, auxiliar nos seus projetos foi criada uma forma de aferir o nível de desenvolvimento dos modelos (MONTEIRO; MARTINS, 2012).

A seguir será apresentado por meio das tabelas a seguir, os resultados de estudos de casos analisados por Morais *et al.* (2015) e Wang *et al.* (2014). Os exemplos descritos foram de empreendimentos internacionais que possuem como principal característica a utilização do BIM. Em cada tabela são apresentados os resultados dos estudos, descrevendo as dificuldades, benefícios da sua implantação, citando as fases que o empreendimento conseguiu atingir e as suas falhas.

Tabela 1: Estudos de casos analisados por Morais *et al.*

Caso	Estado, país, obra	Característica da obra	Fase de modelagem e (LOD)	Benefícios da implantação BIM	Dificuldades da Implantação BIM
Caso 1	Minnesota – EUA St. Olaf College	Construção de um ginásio para uma universidade	Concepção (100) e Anteprojeto (200)	– Processo cooperativo; – facilidade na extração de custos; – várias alternativas de projeto.	– Necessidade de integração das equipes para disseminar o conhecimento e as competências do projeto.
Caso 2	California – EUA Sutter Health Medical Center Castro Valley	Demolição, reforma e ampliação de um edifício hospitalar	Anteprojeto (100), Projeto (200), Construção/Coordenação (300/350) e Fabricação (400)	– Rapidez nas informações referentes ao impacto dos custos nas decisões projetuais; – suporte ao projeto colaborativo.	– Falta de interoperabilidade entre os softwares, cada disciplina utilizou software de quantificação específico; – mudança cultural na formação exigida dos orçamentistas; – parte dos custos foi levantada
Caso 3	California – EUA Sevensory residential building	Instalação de um sistema de esquadrias de alumínio em um edifício residencial	Análise do processo de Projeto, Fabricação, transporte e montagem em um LOD 400	– Modelo pode rastrear todo o processo: fabricação, transporte, armazenagem e instalação.	Não houve a modelagem.
Caso 4:	California – EUA Cathedral Hill Hospital	Construção de um edifício hospitalar	Anteprojeto (100), Projeto (200), Construção/Coordenação (300/350) e Fabricação (400)	– Visualização antecipada das alterações que permite ajustar os custos da obra; – possibilita criar várias soluções; – BIM é considerado um requisito básico para o desenvolvimento do projeto e	– Falta um método preciso de benchmarking de custos do projeto a partir de dados programáticos; – capacitação necessária p/ integração e organização entre ferramentas e pessoas.
Caso 5:	California – EUA Camino Medical Group Montain	Construção de um edifício hospitalar	Anteprojeto (100), Projeto (200), Construção/Coordenação (300/350) e Fabricação (400)	– Várias alternativas de projeto com evidências de custo.	– Primeira experiência da equipe integrando LPDS3 e BIM; – atraso devido a erros na modelagem (desenhos em 2D foram convertidos em 3D – falta de habilidade profissional).
Caso 6:	Karkkila –Finlândia Santasalo Gears Ltd.	Ampliação dos escritórios de uma indústria	Concepção (100) e Anteprojeto (200)	– Decomposição dos componentes da construção em modelos BIM; – rápido feedback dos custos, ainda nas fases iniciais do projeto; – demonstra como as decisões de projeto afetam diretamente os custos.	– Falta de pessoas qualificadas que possam gerar modelos de informação com a complexidade exigida para extração de custos.

Fonte: Adaptado de Morais *et al.*, 2015.

Tabela 2: Estudos de casos analisados por Wang *et al.*

Case	Project description	Purpose of 5D model	Achievements of 5D model	Comments
Caso 1	U.S. federal courthouse building	Automating preliminary concept design cost analysis	Generate functional space areas and building shell data; link to a parametric cost database and produce reports	Parametric cost estimates based on functional space area required much fewer data than a full cost estimate
Caso 2	A residential project consists of 25 apartments in Sweden	Proof of concept	Generate quantities; mapped with cost database to produce cost estimates	No evaluation of the model
Caso 3	A medical center (93,000 m <sup>2</sup> ) in Oakland, USA	Compare the speed of estimation with 5D CAD & traditional method; evaluate quantities in subcontractor bids	Generate quantities	Rates were not incorporated in the model
Caso 4:	The Renzo Piano building (400,000 ft <sup>2</sup> ) of California Academy of Sciences in San Francisco, USA	Improve project communication; establish knowledgebase	Generate quantities which could be priced	No evaluation of the model
Caso 5:	A housing complex consists of 4 blocks in Manchester, UK	Development & evaluation of a IFC-based single project database	Generate quantities; rates could be manually entered to generate preliminary cost estimate	There were missing items in the quantities generated, e.g. reinforcements, therefore not suitable for detailed cost estimates

Fonte: Adaptado de Wang *et al.*, 2015.

Os resultados das análises dos casos foram apresentados na tabela 03 e divididos em benefícios, que retratam as vantagens e facilidades que podem ser alcançadas com a implantação do BIM, e em desafios, que são as dificuldades e empecilhos com a aplicação desse sistema.

Tabela 3: Benefícios e desafios para implantação BIM

Benefícios que podem ser alcançados	Desafios a serem vencidos
Agilidade na extração de custos;	Necessidade de integração para disseminar o conhecimento entre os agentes envolvidos e ferramentas;
Projeto colaborativo;	Mudança cultural na formação dos profissionais;
Modelo pode rastrear todo o processo de produção;	Melhoria dos cursos de formação;
Decomposição dos componentes dos modelos BIM;	Falta de qualificação dos responsáveis por gerar os modelos;
Visualização antecipada das soluções e alterações;	Mudança cultural dos profissionais, inclusive para a troca de plataformas;
Facilidade para extrair informações e relatórios;	Falta de cursos que vinculam os métodos e tecnologias à experiência profissional voltada para o BIM;
Gerar quantidades que possam ser especificadas automaticamente com aumento de precisão em qualquer etapa do empreendimento.	Alguns itens como reforços e taxas não são aferidos nos modelos.

Fonte: Autor, 2025.

Com análise de todas as informações coletadas e resumidas na tabela anterior, conclui-se que os principais benefícios estão ligados a agilidade, as facilidades de produção e a possibilidade de apresentar, com quantitativos e custos, modificações e mais de uma solução construtiva. Os principais desafios culminam para um bom planejamento ao implantar o BIM. Os fatores mais mencionados foram a importância da integração nos processos produtivos, a qualificação, a disseminação dos conhecimentos entre os agentes envolvidos e a mudança cultural que deve ser adotada por empresas e profissionais.

As perspectivas de profissionais nacionais envolvidos no BIM são apresentadas nos resultados de uma pesquisa realizada, por Hilgenberg et al. (2012), com 504 profissionais registrados no CREA do Paraná, sendo que 49% deles possuem contato com o BIM e 29% utilizam a ferramenta desse sistema apenas para projetar. O

resultado dessa pesquisa pode ser aferido nos Quadros 1 e 2, que mostram respectivamente os atrativos e os empecilhos, citados pelos entrevistados, para adotar um novo *software* dentro dos parâmetros BIM.

Quadro 1: Atrativos para a utilização de um novo *software*

INTERFACE MAIS INTERATIVA	226	44%
COMANDOS MAIS INTUITIVOS	247	49%
FACILIDADE DE COMPATIBILIZAÇÃO COM PROGRAMAS DE PROJETOS COMPLEMENTARES	370	73%
MAIOR FACILIDADE DE VISUALIZAÇÃO PELO CLIENTE	254	50%
GERAÇÃO AUTOMÁTICA DE PLANILHAS ORÇAMENTÁRIAS	266	52%
AGILIDADE PARA MODIFICAÇÕES DE PROJETO	376	74%
INTEROPERABILIDADE COM OUTROS PROGRAMAS	269	53%
Other	63	12%
As pessoas podem marcar mais de uma caixa de seleção, então a soma das percentagens pode ultrapassar 100%.		

Fonte: Adaptado de Hilgenberg et al., 2015.

Quadro 2: Empecilhos para a utilização de um novo *software*

CUSTO DE TREINAMENTO	184	36%
CUSTO PARA A AQUISIÇÃO DO SOFTWARE	389	76%
FALTA DE SUPORTE TÉCNICO	194	38%
TEMPO DESPENDIDO EM TREINAMENTO	161	32%
TEMPO PARA DOMINAR O PROGRAMA	277	54%
TIPO DE ARQUIVO INCOMPATÍVEL COM OUTROS PROGRAMAS	352	69%
Other	27	5%
As pessoas podem marcar mais de uma caixa de seleção, então a soma das percentagens pode ultrapassar 100%.		

Fonte: Adaptado de Hilgenberg et al. 2015.

Conforme Barison e Santos (2011), um grande desafio a ser superado se encontra no meio universitário. Uma pesquisa realizada em 101 cursos de engenharia, arquitetura e gerenciamento apontou falhas ao implantar o BIM nas grades curriculares, sendo elas a falta de planejamento, de recursos financeiros, de tempo, a capacitação dos profissionais e o alto custo de ferramentas voltadas para essa tecnologia.

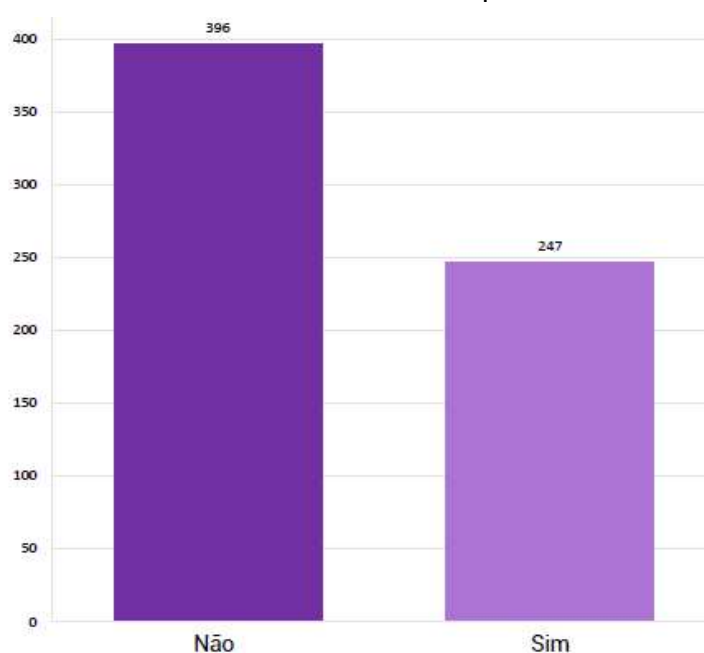
Outro estudo elaborado por Soares e Lucena (2023) analisa empresas que aplicam os processos do BIM. Os pesquisadores apontam que 50% das organizações apresentam que um grande desafio é relacionado a falta de preparo dos recursos humanos. No estudo evidenciou-se que o conceito BIM ainda é restrito. Poucos profissionais utilizam para cronograma físico-financeiro, em sua maioria os softwares são utilizados apenas para elaboração de projetos 3D

Em um estudo apresentado Porto *et. al.* (2024, p.18), constatou-se que existem diversos pontos de melhorias ao implantar a modelagem em BIM. Essas limitações podem ser evidenciadas na área de interoperabilidade. Dentre elas incluem a ausência de famílias de materiais nos softwares de modelagem, a falta de formatação e interação de tabelas entre as plataformas da Autodesk e o programas Microsoft Excel.

### 2.2.2 Pesquisa contextual da utilização do BIM

A Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI, 2020) realizou uma pesquisa que teve com o objetivo aferir o nível de maturidade do BIM nas empresas de diversos ramos brasileiras. O intuito da pesquisa foi obter um mapeamento da adoção da Metodologia BIM no Brasil, que possibilite identificar empresas e profissionais que já adotam o BIM e seus processos no dia a dia de seus projetos. Foram entrevistados 643 empresas e profissionais que participaram do Mapeamento BIM Brasil. Dessa amostra 247 declararam já utilizam a Metodologia BIM. Este número corresponde a 38,4% da amostra total e se concentra, principalmente, nas regiões Sul e Sudeste. Esses números podem ser observados no gráfico 01.

Gráfico 1: Número de entrevistados que utilizam o BIM



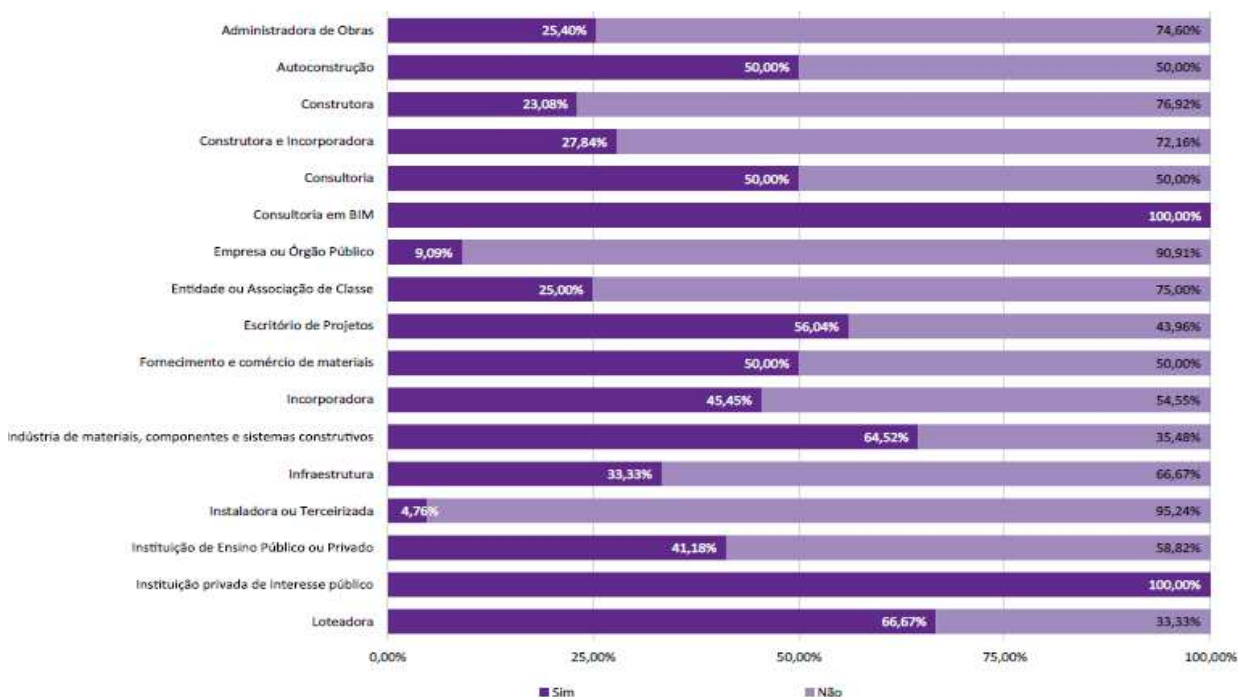
Fonte: Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI, 2020, p.15).

As empresas que responderam que utilizam o BIM, foram direcionadas para uma outra etapa do questionário que enviou diversas perguntas para aferir a maturidade da implantação nas organizações. Uma importante informação que pode ser extraída dessa pesquisa é a análise de adoção da Metodologia BIM por área de atuação. A área de atuação foi uma informação autodeclarada, com isso as empresas puderam responder mais de uma opção. Sendo assim, a análise da adoção, pelo número de respondentes por segmento, é oportuna. Conclui-se que os seguintes segmentos possuem significativa adoção da Metodologia BIM:

- Escritórios de projetos;
- Indústria de materiais, componentes e sistemas construtivos;
- Loteadoras.

Nos segmentos de autoconstrução e consultoria também se observa adoção relevante da Metodologia BIM. No mercado tradicionalmente consumidor de projetos, construtoras, incorporadoras, órgãos públicos e empresas de infraestrutura a adoção do BIM mostra-se em evolução (ABDI, 2020). A seguir é apresentado um gráfico que representa a adoção do BIM por área de atuação das empresas.

Gráfico 2: Percentual de entrevistados que utilizam o BIM por área de atuação



Fonte: Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI, 2020, p.16).

## **Desafios para a utilizar as ferramentas do BIM**

Foi realizada uma pesquisa por Smith (2016) em diversas empresas australianas que utilizam os processos e plataformas BIM para desenvolvimento de empreendimentos, incluindo a orçamentação. O objetivo da pesquisa foi mapear as dificuldades encontradas pelos profissionais que atuam com esse avanço tecnológico, os benefícios e o que é necessário fazer para que ele seja difundido em mais empresas.

Os principais desafios e dificuldades para implantação do BIM estão vinculados à interoperabilidade, a colaboração e ao fornecimento de dados durante o ciclo de vida do empreendimento ou contratação do projeto. A colaboração entre os profissionais do mercado AEC muitas vezes é inibida pela falta de confiança entre os agentes envolvidos e a falta do fornecimento de informações e dados integrais no modelo (SMITH, 2016).

Um grande erro apontado por Xu (2017) é a tentativa de implantar o BIM em fases posteriores a modelagem. Gestores que visam à execução de empreendimentos dentro dos padrões e normas BIM devem prever esse sistema desde as primeiras fases do empreendimento. A tentativa de inserir o BIM em fases posteriores a de projetos pode gerar mais trabalho e dificuldades de implantação. A falta do BIM nas etapas de concepção do projeto ou de modelagem gera dificuldades de integração, de colaboração e na ausência das referências do padrão de modelagem para a estimativa de custos. A adoção de um projeto em BIM necessita de um modelo previamente planejado de forma a integrar as informações construtivas com os dados demandados para esse serviço.

Segundo Smith (2016), o modelo possui grande influência no sucesso da utilização do BIM. Muitas empresas, da pesquisa supracitada, apontam como uma grande falha ao implantar o sistema BIM os modelos com falta de informações e com dados imprecisos. O projeto deve conter informações adequadas para possibilitar o desenvolvimento dos processos subsequentes da modelagem, como o planejamento e a estimativa de custos. Os dados de entrada devem ser precisos e suficientes, o modelo deve ser rico em informações o que demanda um esforço maior de projeto e mais expertise por parte dos profissionais envolvidos. Quando informações são

modeladas de forma equivocada existe um grande risco de ocorrer o insucesso ou o fracasso do empreendimento porque toda a equipe envolvida vai trabalhar sobre aquela base de dados.

O *The International Cost Engineering Council* (ICEC) afirma que a falta de padrão nas modelagens é uma grande causa da ausência de informações e dados. O ideal seria criar uma condição padrão de modelagem internacional que seja impulsionado pelos governos, entidades envolvidas com o BIM e empresas multinacionais.

As empresas australianas apontaram alguns problemas e erros práticos como desafios para a extração de quantitativos e posteriormente a orçamentação. Muitas vezes podem acontecer falhas no processo de detecção de interferências dentro do modelo, o que pode influenciar nas quantidades dos componentes do projeto.

Outro problema prático é vinculado ao governo e as organizações, como as universidades, é a falta de treinamento e de incentivos para o aperfeiçoamento do sistema BIM. O ideal é que sejam executados treinamentos em universidades com a possibilidade de complementar as informações adquiridas nas empresas do mercado da AEC. Os temas sugeridos para o treinamento são a identificação dos problemas, dos fatores de sucesso, de fracasso, o conhecimento necessário para implantação do BIM e a troca de experiências de profissionais na área (SMITH, 2016).

### **2.2.3 Metodologias de avaliações de maturidade BIM**

O presente tópico apresenta exemplos de métodos para medir a maturidade do BIM no cenário internacional e nacional para empresas e projetos que praticaram as ferramentas e os procedimentos que envolvem o BIM. Alguns dos métodos, expostos a seguir, contemplam exemplos de avaliações em projetos, em empresas e em autarquias que implantaram o BIM.

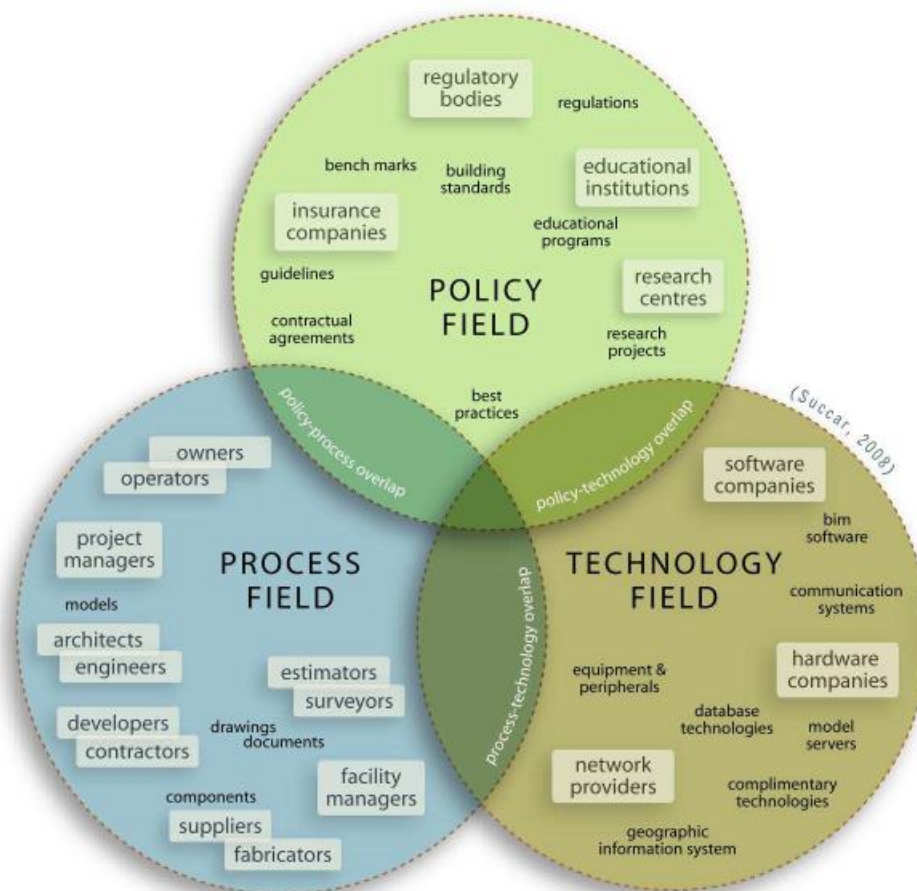
## **Matriz de Maturidade BIM proposta por Succar**

Conforme Succar (2009a, p.3), o BIM é classificado como um conjunto integrado de políticas, processos e tecnologias inseridos no ciclo de vida de um empreendimento.

### ***Fundamentos para aferir a maturidade BIM***

A definição de BIM é associada ao conceito de requisitos de implantação em três dimensões (campos, estágios e lentes). A primeira dimensão, campos ou áreas, é dividida em três, as quais se assemelham ao conceito de BIM, que são o campo de política, o campo de processos e aquele referente às tecnologias. A figura 14 ilustra essas três subdivisões com os principais conceitos aplicados aos campos do BIM.

Figura 14: Três campos interligados da atividade BIM



Fonte: Succar (2009, p.4).

Conforme caracterizado por Succar (2009a, p.5), os três campos ou áreas do BIM interagem no setor da AECO as suas principais características podem ser definidas a seguir:

A Área de Tecnologia reúne um grupo de participantes especializados no desenvolvimento de software, hardware, equipamentos e sistemas de rede necessários para aumentar a eficiência, a produtividade e a lucratividade dos setores AECO. Isso inclui organizações que geram soluções de software e equipamentos com aplicabilidade direta e indireta ao projeto, construção e operação de instalações.

A Área de Processos reúne um grupo de participantes que adquirem, projetam, constroem, fabricam, utilizam, gerenciam e mantêm estruturas. Isso inclui proprietários de instalações, arquitetos, engenheiros, empreiteiros, gerentes de instalações e todos os demais participantes da indústria AECO envolvidos na propriedade, entrega e operação de edifícios ou estruturas.

A Área de Políticas reúne um grupo de atores focados na preparação de profissionais, na realização de pesquisas, na distribuição de benefícios, na alocação de riscos e na minimização de conflitos dentro da indústria AECO. Esses atores não geram nenhum produto de construção, mas são organizações especializadas – como seguradoras, centros de pesquisa,

instituições de ensino e órgãos reguladores – que desempenham papéis preparatórios, regulatórios e contratuais essenciais no processo de projeto, construção e operação.

Interações BIM são transações de conhecimento *push-pull* que ocorrem dentro ou entre campos. Mecanismos *push* transferem o conhecimento de um participante ou campo para outro, enquanto mecanismos *pull* transferem conhecimento para atender a uma solicitação de outro participante ou campo. Exemplos de transações incluem transferências de dados, dinâmicas de equipe e relações contratuais entre campos e seus participantes.

Os estudos de Succar (2009a) a segunda dimensão compreende aos estágios que são desdobrados nas capacidades alcançadas do BIM. Os estágios da capacidade BIM definem os marcos a serem alcançados pelas organizações e equipes ao adotarem os conceitos preconizados no BIM dentro das áreas supracitadas. Os estágios são denominados como:

- Pré-BIM: Fase previa à implantação;
- Estágio 01: Modelagem baseada em objetos;
- Estágio 02: Colaboração fundamentada em modelos;
- Estágio 03: Integração fundamentada em redes;
- Objetivo Final: Integreted Project Delivery (IPD) ou Entrega Integrada de Projetos.

Os Estágios do BIM são definidos por seus requisitos mínimos. Conforme o autor uma organização estará no estágio 1 caso ela tenha implantado um *software* de modelagem baseada em objetos. O estágio 2 preconiza um projeto colaborativo multidisciplinar baseado em modelos. O estágio 3 prevê a utilização de uma solução baseada em rede (como um servidor de modelos) para compartilhar modelos baseados em objetos com pelo menos duas outras disciplinas. Succar (2009a, p.07) descreve os requisitos mínimos de cada estágio de capacidade BIM da Seguinte forma:

**Etapa de Pré-BIM:** O setor da construção civil é caracterizado por relações adversas, nas quais os acordos contratuais incentivam a prevenção e a eliminação de riscos. Muita dependência é colocada na documentação 2D para descrever uma realidade 3D. Mesmo quando algumas visualizações 3D são geradas, estas são frequentemente desconexas e dependentes de documentação e detalhamento bidimensionais. Quantidades, estimativas de custo e especificações geralmente não são derivadas do modelo de visualização nem vinculadas à documentação. Da mesma forma, as práticas colaborativas entre as partes interessadas não são priorizadas e o fluxo de trabalho é linear e assíncrono.

**Estágio 01, Modelagem baseada em objetos:** A implementação do BIM é iniciada por meio da implantação de um "software paramétrico 3D baseada em objetos". Na Etapa 1, os usuários geram modelos uni disciplinares dentro de projeto [D], construção [C] ou operações [O] – as três Fases do Ciclo de Vida do Projeto. As entregas de modelagem incluem modelos de projeto arquitetônico [D] e modelos de fabricação [C], usados principalmente para automatizar a geração e coordenação de documentação 2D e visualização 3D. As práticas colaborativas na Etapa 1 são semelhantes ao status pré-BIM e não há intercâmbios significativos baseados em modelos entre diferentes disciplinas. Trocas de dados entre as partes interessadas do projeto são unidirecionais e as comunicações continuam desconexas.

**Estágio 02, Colaboração fundamentada em modelos:** Tendo desenvolvido expertise em modelagem uni disciplinar durante as implementações da Fase 1, na Fase 2 os integrantes colaboram ativamente com outros participantes disciplinares. A colaboração pode ocorrer de diversas maneiras técnicas, de acordo com a seleção de ferramentas de software BIM. Dois exemplos diferentes de colaboração baseada em modelos incluem o intercâmbio (troca interoperável) de modelos ou modelos de peças por meio de formatos com extensões do fabricante e em formatos em IFC. A colaboração baseada em modelos pode ocorrer dentro de uma ou entre duas Fases do Ciclo de Vida do Projeto. Exemplos disso incluem o intercâmbio Projeto-Projeto de modelos arquitetônicos e estruturais [DD], o intercâmbio Projeto-Construção de modelos estruturais e de aço [DC] e o intercâmbio Projeto-Operações de modelos arquitetônicos e de manutenção de instalações [DO]. É importante observar que apenas um "modelo colaborativo" precisa conter dados geométricos 3D para permitir intercâmbios semânticos de BIM entre duas disciplinas. Um exemplo disso é o intercâmbio [DC] entre um modelo baseado em objetos 3D (por exemplo, Digital Project®), banco de dados de cronograma (por exemplo, Primavera® ou MS Project®) ou um banco de dados de estimativa de custos (por exemplo, Rawlinsons ou Timberline). Essas trocas permitem a geração de estudos 4D (análise de tempo) e 5D (estimativa de custos), respectivamente. Embora as comunicações entre os participantes do BIM continuem assíncronas, as linhas de demarcação pré-BIM que separavam funções, disciplinas e fases do ciclo de vida começam a desaparecer. Algumas alterações contratuais tornam-se necessárias à medida que as trocas baseadas em modelos aumentam e começam a substituir os fluxos de trabalho baseados em documentos. A Etapa 2 também altera a granularidade da modelagem realizada em cada fase do ciclo de vida, à medida que modelos de construção com maior detalhamento avançam e substituem (parcial ou totalmente) modelos de projeto com menor detalhamento.

**Estágio 03, Integração fundamentada em redes,** nesta fase são utilizados modelos integrados, compartilhados e mantidos de forma colaborativa ao longo das fases do ciclo de vida do projeto. Essa integração pode ser alcançada por meio de tecnologias de "servidor de modelos" (extensões de fabricantes ou abertos). Os modelos BIM da Etapa 3 tornam-se modelos interdisciplinares de desenvolvimento (ND), permitindo análises complexas nos estágios iniciais do projeto e da construção virtual. Nesta Etapa, as entregas do modelo vão além das propriedades semânticas do objeto, incluindo inteligência de negócios, princípios de construção enxuta, políticas verdes e custeio de todo o ciclo de vida. O trabalho colaborativo agora gira em espiral iterativa em torno de um modelo de dados abrangente, unificado e compartilhável. De uma perspectiva de processo, a troca síncrona de dados baseados em modelos e documentos causa a sobreposição das fases do ciclo de vida do projeto.

**O *Integrated Project Delivery (IPD)*** é utilizado para representar uma visão de longo prazo do BIM como uma fusão de tecnologias, processos e políticas de domínio. O termo é genérico o suficiente e potencialmente mais facilmente compreensível pela indústria. A seleção da Entrega Integrada de Projetos (IPD) como o "objetivo" das implementações BIM não exclui outras visões que aparecem sob nomes diferentes. Pelo contrário, o caminho desde o Pré-BIM (um ponto de partida fixo), passando por três Estágios bem definidos, até uma IPD vagamente definida, é uma tentativa de incluir todas as visões BIM pertinentes, independentemente de suas fontes de origem.

Os estudos de Succar (2009a) definem ainda o terceiro campo que são as Lentes BIM, que se conceituam como camadas distintas de análise aplicadas às áreas e aos estágios. Elas permitem que os pesquisadores de domínio se concentrem seletivamente em qualquer aspecto do setor AECO e gerem visões de conhecimento que destacam os estudos que atendem aos critérios de pesquisa ou filtram aqueles que não atendem.

### ***Conjunto de competências de BIM***

Conforme Succar (2009a) a Competência BIM representa a capacidade de um profissional em atender a um requisito ou gerar uma entrega BIM. O conjunto de competências BIM é uma hierarquia de critérios individuais identificadas para fins de implementação e avaliação. Os conjuntos de competências BIM seguem a mesma classificação dos campos e são explorados a seguir e na figura 15 apresentada em sequência.

A área de tecnologia está subdividida nas três competências a seguir:

- Software: plataformas, entregáveis e dados;
- Hardware: equipamentos, entregáveis, localização e mobilidade;
- Network: soluções de rede, entregáveis, segurança e controle de acesso.

A área de processos está subdividida nas quatro competências a seguir:

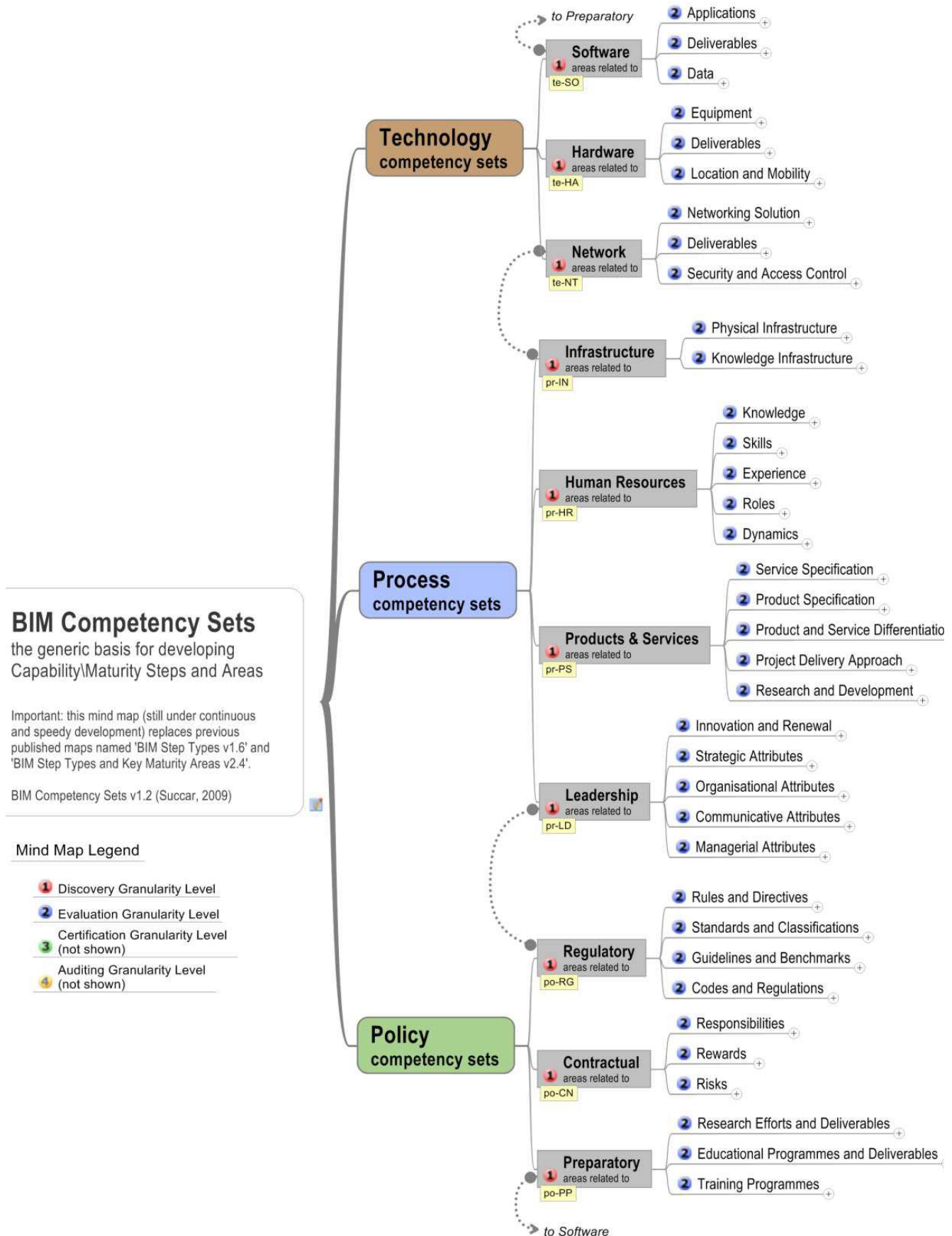
- Infraestrutura: física e de conhecimento;
- Recursos humanos: conhecimento, habilidades, experiência, papéis e dinâmica;

- Produtos e serviços: especificações, diferenciações, entregas, pesquisa e desenvolvimento;
- Liderança: inovação, renovação, estratégias, atributos organizacionais, gerenciais e de comunicação.

A área de políticas está subdividida nas três competências a seguir:

- Regulatórias: diretrizes, padrões, classificação, referências e regulações;
- Contratuais: responsabilidades, gestão de riscos e recompensas;
- Preparatórias: programas de treinamento, educacionais, esforços de pesquisa e definição de entregáveis.

Figura 15: Lista indicativa de conjuntos de competências BIM



Fonte: Succar (2009a, p.11).

### **Organização hierárquica do BIM**

Os empreendimentos no setor da AECO são únicos, essa singularidade é caracterizada por múltiplos fatores, dentre eles a natureza transitória das equipes de projeto e os critérios locacionais e ambientais distintos de cada local. Sob outra perspectiva existem critérios que são similares aos empreendimentos, como a condução do projeto, as estruturas organizacionais, os conceitos educacionais e apólices de seguro. O autor Succar (2009a, p.13) destaca os seguintes conceitos para diferenciar as avaliações dentro da “singularidade” e “similaridade” dos empreendimentos da AECO:

**Flexibilidade (singularidade):** As avaliações de Capacidade e Maturidade BIM podem ser aplicadas independentemente do porte organizacional, do tipo de projeto ou da configuração de uma equipe de projeto.

**Uniformidade (similaridade):** As avaliações de Capacidade e Maturidade BIM podem ser baseadas em um conjunto de subdivisões organizacionais padronizadas. Os resultados da avaliação referentes a uma unidade organizacional, uma organização ou uma equipe de projeto podem ser uniforme e respectivamente comparados a outra unidade, organização ou equipe de projeto da mesma escala.

Nos estudos de Succar (2009a) é apresentado uma hierarquia organizacional com uma escala granular que auxilia na delimitação da profundidade da avaliação do grau de maturidade BIM. Esse fator permite uma abordagem mais direcionada para a avaliação nos seguimentos:

- Macro: Mercados e indústrias;
- Meso: Empreendimentos e equipes;
- Micro: Organizações, unidades, equipes e membros.

### **Matriz de Maturidade BIM (Bim<sup>3</sup>)**

A Matriz de Maturidade BIM elaborada pelo Succar é uma incorporação de diversos componentes utilizados para aferir a desempenho e possibilidades de melhorias. A Bim<sup>3</sup> ela segue os seguintes princípios (Succar, 2009a, p.29):

- **Específico:** a Matriz é composta por um conjunto de estágios, etapas, escalas organizacionais, áreas de maturidade e níveis de capacidade BIM

interligados. Todos os componentes são bem definidos, complementares e atendem a propósitos específicos na avaliação da capacidade e maturidade BIM.

- **Atingível:** todos os estágios e níveis de maturidade da capacidade BIM podem ser alcançados por meio de um acúmulo de ações definidas.

- **Aplicável:** a Matriz de Maturidade pode ser utilizada igualmente por todas as partes interessadas da AECO em todas as Fases do Ciclo de Vida do Projeto.

- **Flexível:** avaliações de capacidade e maturidade podem ser realizadas em todas as escalas organizacionais.

- **Gradual:** a Matriz reflete e incentiva a progressão suave para capacidades e/ou maturidade cada vez maiores.

- **Cumulativo:** os estágios e níveis de maturidade da capacidade BIM, os dois principais componentes da Matriz, são progressões lógicas. As entregas de um estágio de capacidade ou nível de maturidade são pré-requisitos para o próximo estágio ou nível.

- **Atual:** a Matriz foi projetada em torno de tecnologias atuais e emergentes. Além disso, seu formato, dependências e terminologia foram selecionados para minimizar a necessidade de mudanças estruturais frequentes.

- **Informativa:** a Matriz fornece "feedback para melhorias", bem como "orientação para os próximos passos".

- **Mensurável:** as avaliações de maturidade estão vinculadas aos estágios de capacidade e escalas organizacionais. Isso permite comparações semelhantes sem comprometer as unidades de medida.

- **Granular:** as avaliações de maturidade podem ser conduzidas em vários níveis de granularidade, gerando uma gama escalonada de pontuações e relatórios.

- **Neutra:** a Matriz de Maturidade BIM não prejudica soluções/esquemas proprietários, não proprietários, fechados, abertos, gratuitos ou comerciais. Ela pode ser empregada por stakeholders, independentemente de sua persuasão técnica.

- **Relevante:** a Matriz e seus conceitos subjacentes são relevantes tanto para a indústria quanto para a academia; isso deve incentivar sua adoção e desenvolvimento, respectivamente.

A Matriz de Maturidade BIM pode ser visualizada nas tabelas a seguir ela é exposta pelas escalas de capacidade, por exemplos de critérios de outros métodos, através da lista competências dentro de cada política, organização hierárquica e os níveis de maturidade. Os níveis de maturidade são definidos como, (a) Inicial 10 pontos, (b) definido 20 pontos, (c) gerencial 30 pontos, (d) integrado 40 pontos e (e) otimizado 50 pontos. A seguir são apresentadas as tabelas 04, 05, 06 e 07 contendo os conjuntos de competências e as referências conforme apresentado nos tópicos anteriores.

Tabela 4: Avaliação da maturidade BIM no nível de tecnologia

Áreas-chave de maturidade - Granularity level1		a INICIAL (pts. 0)	b DEFINIDO (max pts. 10)	c GERENCIADO (max pts. 20)	d INTEGRADO (max pts. 30)	e OPTIMIZADO (max pts. 40)
CONJUNTO DE CAPACIDADES EM BIM	Tecnologia - Baseadas no conjunto de capacidades					
	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.	

Fonte: Succar (2009a).

Tabela 5: Avaliação da maturidade BIM no nível de processos

Áreas-chave de maturidade - Granularity level1		a INICIAL (pts. 0)	b DEFINIDO (max pts. 10)	c GERENCIADO (max pts. 20)	d INTEGRADO (max pts. 30)	e OPTIMIZADO (max pts. 40)	
CONJUNTO DE CAPACIDADES EM BIM	Processos - Baseadas no conjunto de capacidades	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.	Os fatores físicos no local de trabalho são revisados para garantir a satisfação pessoal e um ambiente propício à produtividade. As estruturas de conhecimento responsáveis pela aquisição, representação e divulgação são revistas e reforçadas sistemicamente
	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 são informalmente são definidas. Cada projeto BIM é planejado independentemente. A competência 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 em 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.	Os objetivos de competência são continuamente atualizados para corresponder com os avanços tecnológicos e alinhar com os objetivos organizacionais. As práticas em relação ao RH são revisadas proativamente para garantir que o capital intelectual corresponda com as necessidades dos processos.	
	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. Passa a existir preocupação em se manter a coerência comercial com a técnica.	Adoção de produtos e serviços de forma similar ao Modelo de progressão de especificações (AIA 2012) ou similares. A inovação passa a ser um valor a ser perseguido como diferencial.	Os produtos e serviços são especificados e diferenciados de acordo com o Modelo de progressão de especificações. A inovação é incorporada nas ações estratégicas e de marketing da organização.	Os produtos em BIM são constantemente avaliados e ciclos de retroalimentação promovem melhorias contínuas. A empresa passa a ser reconhecida como padrão de referência de mercado.	
	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.	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.	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.	A visão é compartilhada através de toda a equipe da organização e pelos parceiros externos de projetos. A implementação do BIM, seus requisitos, processos e inovações de produtos e serviços são integrados na estratégia.	Os agentes externos internalizaram a visão do BIM. A estratégia de implementação do BIM é continuamente revista e realinhada com outras estratégias.	

Fonte: Succar (2009a).

Tabela 6: Avaliação da maturidade BIM no nível das políticas

Áreas-chave de maturidade - Granularity level1		a INICIAL (pts. 0)	b DEFINIDO (max pts. 10)	c GERENCIADO (max pts. 20)	d INTEGRADO (max pts. 30)	e OPTIMIZADO (max pts. 40)	
		CONJUNTO DE CAPACIDADES EM BIM	Políticas - Baseadas no conjunto de capacidades	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.
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 entrega do BIM). Os padrões de modelagem e documentação estão bem definidos de acordo com os padrões aceitos no mercado. As metas de qualidade e as avaliações de desempenho estão definidas.	As linhas-guia detalhadas do BIM estão disponíveis (treinamento, padrões, fluxo de trabalho). A modelagem, representação, quantificação, especificações e propriedades analíticas dos modelos 3D são gerenciadas através de planos de qualidade e padrões de modelagem detalhados. O desempenho em relação aos valores de referência é rigidamente monitorado e controlado.	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 linhas-guia do BIM são continuamente 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 pre-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 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.

Fonte: Succar (2009a).

Tabela 7: Avaliação da maturidade BIM por estágios de maturidade e escalas

Áreas-chave de maturidade Granularity level		a INICIAL (pts. 0)	b DEFINIDO (max pts. 10)	c GERENCIADO (max pts. 20)	d INTEGRADO (max pts. 30)	e OPTIMIZADO (max pts. 40)	
CONJUNTO DE CAPACIDADES EM BIM	Estágio 01	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.
	Estágio 02	Atividades & Fluxo de trabalho Conhecimento, habilidades, experiência, papéis e dinâmicas relevantes	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 03	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 risco 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	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.
	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.
	Macro	Markets: dinâmicas e entregáveis em BIM (Aplique esse tópico apenas assessorado por um consultor)	Muito poucos fornecedores de componentes gerados pelo BIM (bibliotecas virtuais de componentes e materiais). A maioria dos componentes são preparadas pelos usuários finais e os desenvolvedores de software.	Os componentes BIM gerados por fornecedores estão cada vez mais disponíveis bem como os fabricantes e fornecedores identificam os benefícios do negócio.	Os componentes BIM estão disponíveis através de repositórios centrais altamente acessíveis e pesquisáveis. Os componentes não são interativamente conectados às bases de dados dos fornecedores.	Os acessos aos repositórios de componentes são integrados aos softwares de modelagem BIM. Os componentes são interativamente ligados aos bancos de dados de origem (por preço, disponibilidade, etc....).	O intercâmbio de componentes BIM é dinâmico, de vários caminhos entre todos os agentes envolvidos através de repositórios centrais ou mesclados.

Fonte: Succar (2009a).

### ***Filtro de competências granular***

Nos estudos de Succar (2009a) são propostas metodologias para avaliá-la e aprimorar a maturidade de aplicação do BIM de forma flexível. Uma metodologia é denominada de Filtro Granular, quanto mais baixa a hierarquia maior é a amplitude da avaliação, o detalhamento da pontuação, a formalidade e a especificação do avaliador. A variação de amplitude permite a preparação de diversas ferramentas de medições de desempenho, avaliações informais e autoadministradas com possibilidade de baixos níveis de informações. Os níveis de amplitude são:

- Nível de descoberta: possui um baixo nível de detalhes resulta em um básico nível de capacidade e maturidade em BIM. A pontuação numérica é básica, pode-se aplicar em todas as escalas e implantada internamente;
- Nível de avaliação: esse nível é mais detalhado que o anterior o que gera uma pontuação mais aprofundada. Ele é utilizado em todas as escalas, sendo implantado internamente, porém com uma dupla checagem;
- Nível de certificação: é uma avaliação com alto nível de detalhes aplicável a todas as disciplinas, mercados e setores. Ela resulta em um nível de maturidade formal e nomeado, com a emissão de um certificado. Para esse nível deve-se avaliar a maturidade com uma consultoria externa.
- Nível de auditoria: seria a avaliação mais detalhada e personalizada, incluindo as competências detalhadas, de um mercado, disciplina e setor. Gera uma pontuação numérica para cada área de competência auditada. Esse nível requer uma avaliação interna, uma dupla verificação e a consultoria externa.

### ***Fluxo de trabalho da avaliação***

Segundo Succar (2009a) para aferir o grau de maturidade da aplicação do BIM deve-se seguir um fluxograma de trabalho que direcione a avaliação. Esse fluxo é formado pelas etapas a seguir:

- Etapa 01: Estabelecer a escala organizacional;
- Etapa 02: Definir o nível do filtro granular;

- Etapa 03: Delimitar a avaliação a um estágio real e a um estágio alvo;
- Etapa 04: As competências que atingiram a capacidade mínima são avaliadas em relação aos cinco Níveis de Maturidade;
- Etapa 05: Compreende a avaliação dos resultados, que utiliza uma correlação entre as etapas anteriores.

### ***Sistema de pontuação da Matriz de Maturidade BIM***

Conforme estudos de Succar (2009a) medir a capacidade e maturidade do BIM em diferentes mercados, disciplinas e tamanhos organizacionais requer um sistema de pontuação abrangente, consistente e flexível. A seguir apresenta-se uma análise da forma mais simples de pontuação chamada Pontuação de Descoberta de Maturidade a ser usada em qualquer escala organizacional. Esse sistema está apresentado na figura 16 que abrange os seguintes critérios:

- Existem doze pontuações individuais relacionadas aos dez Áreas de Competência, um Estágio de Capacidade e uma Escala Organizacional;
- Os Níveis de Maturidade recebem um número fixo de pontos de maturidade: Nível a (10 pontos), Nível b (20 pontos), Nível c (30 pontos), Nível d (40 pontos) e Nível e (50 pontos);
- A Pontuação de Descoberta de Maturidade é a média do total de pontos subdividida por doze.

Figura 16: Exemplo da tabela de pontuação de descoberta da maturidade BIM

BIM Maturity Matrix		a	b	c	d	e
Assessment at Granularity Level 1		10 Pts	20 Pts	30 Pts	40 Pts	50 Pts
Technology	Software			•		
	Hardware	•				
	Network		•			
Process	Leadership				•	
	Human Resources			•		
	Infrastructure		•			
	Products & Services		•			
Policy	Contractual		•			
	Regulatory			•		
	Preparatory				•	
Stage	Collaboration [2]			•		
Scale	Organisation [9]		•			
<b>Subtotal</b>		<b>10</b>	<b>100</b>	<b>120</b>	<b>80</b>	<b>0</b>
<b>Total Points</b>						<b>310</b>
<b>Maturity Score</b>						<b>25.83</b>

Fonte: Succar (2009, p.41).

### Avaliação da gestão de processos BIM com o VDC Scorecard

Segundo estudos elaborados por Fischer *et. al.* (2015, p.71), existe uma crescente necessidade de aferir o desempenho da gestão de processos que pode ser descrito na citação a seguir:

A implementação de tecnologias da informação na construção civil, como *Virtual Design and Construction/Building Information Modeling* (VDC/BIM), representam uma nova perspectiva para melhores práticas na Arquitetura, Engenharia, Construção, Operação (AECO). Contudo, no cenário brasileiro, essas práticas carecem de métodos para medição e análise de desempenho processual da informação na gestão do processo de projeto, demonstrando a deficiência da documentação de critérios e seleção de indicadores que contribuam para melhoria do setor da construção civil.

A aferição do desempenho em VCD/BIM é fundamentado em um método denominado *VCD Scorecard*, que é abrangente e adaptável, inclusive a no setor da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operações (AECO) nacional. Esse método é essencial para a adoção de práticas mais eficientes, visto que, correlaciona métricas individuais de indicadores a avaliação da pontuação geral do projeto (FISCHER *et. al.*, 2015, p.84).

### **VCD Scorecard**

A adoção de tecnologias da informação na construção civil, como VDC/BIM, propicia cenários de pesquisa e de possibilidades melhoras contínuas nos processos de gestão. Ao sugerir soluções alternativas para melhoria na gestão de processo de projeto, existe um erro que é se fundamentar apenas na implementação de novas tecnologias. Com isso deve-se direcionar esforços para revisão dos processos que contribuirão para o planejamento de melhores práticas, medição e análise de desempenho delas (KUNZ; FISCHER, 2012).

Conforme os estudos elaborados por Kunz e Fischer (2012), existe uma diferença conceitual entre o BIM e o VDC. O primeiro agrupa as informações ao redor de um modelo de produto e aspectos técnicos de projetos. O VDC abrange holisticamente a utilização multidisciplinar de modelos que aferem o desempenho de processos, organização e produto (POP) e os métodos sociais que visam alcançar os objetivos do empreendimento de uma maneira otimizada, esse fato amplia a eficiência na avaliação de projetos.

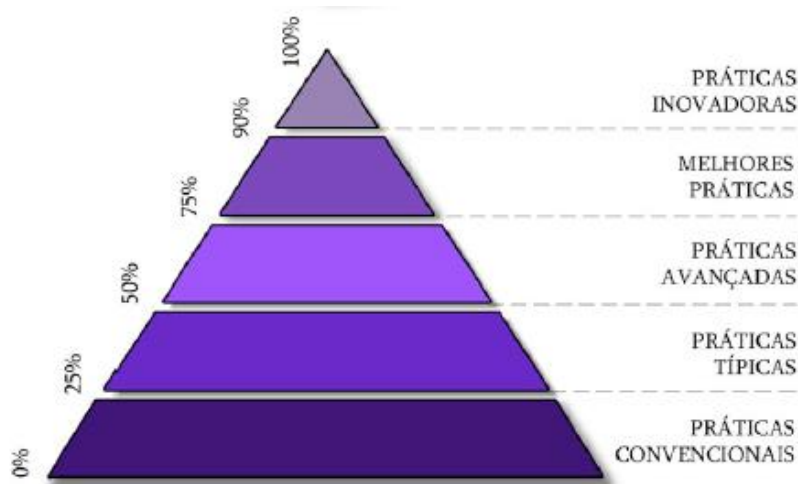
O VCD *Scorecard* é uma metodologia de avaliação da maturidade do uso colaborativo do VDC e do BIM em projetos da AECO. O nível de maturidade é aferido pela atribuição de valores que compõe a pontuação e o desempenho do empreendimento ou projeto em análise. Com a avaliação são definidas métricas qualitativas e quantitativas que têm como objetivo a análise da evolução contínua das práticas adotadas. O desempenho é avaliado pela adoção de percentuais abordados em quatro áreas definidas por essa metodologia como as métricas de planejamento, de adoção, de tecnologias e de desempenho. As avaliações compõem o resultado geral que é medido em uma escala que refletem o desempenho do projeto conforme as práticas na indústria (KAM *et. al.*, 2013). Os valores de maturidade são hierarquizados nos seguintes níveis do VCD Scorecard:

- Prática convencional (0%-25%);
- Prática típica (25%-50%);
- Prática avançada (50%-75%);

- As melhores práticas (75%-90%);
- Práticas inovadoras (90%-100%).

A figura 17 retrata as seções do quadro diagnóstico do método com os percentuais de avaliação supracitados. Essas seções são denominadas de escala de percentuais e os níveis de desempenho são aferidos dentro de 56 métricas, que serão expostas nos tópicos subsequentes. Os valores percentuais, as seções, de cada métrica são definidos por meio de observações praticadas na indústria ou no projeto (KAM *et. al.*, 2013).

Figura 17: Nível de maturidade proposto pelo VDC Scorecard



Fonte: STANFORD UNIVERSITY/CIFE, 2015.

### **Áreas e dimensões de avaliação do método VCD Scorecard**

A metodologia em análise é composta por quatro áreas, que são descritas a seguir (KAM *et. al.*, 2013):

- A área de planejamento, que abrange a criação de objetivos, padronizações e normas de preparação, bem como a disponibilidade de recursos tecnológicos e fiscais que promovam os objetivos de negócio dos projetos;

- A área de desempenho, na qual a precisão e a qualidade de informações obtidas sobre os objetivos alcançados são mensuradas pela análise quantitativa e qualitativa;
- A área de adoção, que avalia os aspectos organizacionais e processuais de métodos sociais para adotar a tecnologia;
- A área de tecnologia, que avalia os modelos de produto, de organização e de processos implementados em cinco níveis de maturidade.

As áreas supracitadas são subdivididas em 10 dimensões e elas são organizadas em 56 métricas. As dimensões da área de planejamento consistem na avaliação de critérios que envolvem a preparação, o objetivo e o padrão. Na área de desempenho se encontram as dimensões de análise quantitativa e qualitativa. A área de adoção engloba as divisões de processo e de organização. A área de tecnologia abrange as dimensões de avaliação da extensão, da integração e da maturidade. A figura 18 representa a estruturação do método contendo as 10 dimensões e os percentuais avaliativos de cada item e área contemplados na metodologia.

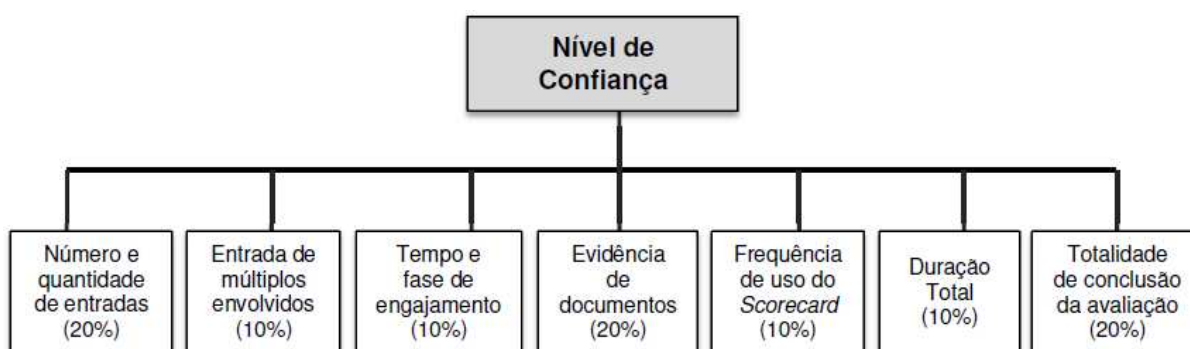


resultado da pesquisa. Esses sete fatores estão representados no centro da figura anterior e são descritos a seguir:

- Colaboração: o conhecimento de colaboradores com maior experiência no processo eleva o nível de confiança da pesquisa;
- Plenitude: disponibilidade dos envolvidos em participação e conclusão de todas as etapas da pesquisa;
- Duração: quanto maior o tempo disponibilizado para desenvolvimento da coleta de dados, maior o nível de confiança;
- Acesso à documentação: a pontuação referente à confiança da pesquisa aumenta com a disponibilização de documentos relacionados aos questionamentos;
- Engajamento: quanto mais próximo da etapa de conclusão e entrega do projeto, maior o nível de confiança em comparação a um projeto em estágio inicial;
- Participação de investidores: quanto maior for o nível de participação dos envolvidos, maior o nível de confiança da pesquisa;
- Frequência de uso: quanto maior a frequência de coleta de dados, maior é a precisão dos resultados e, conseqüentemente, mais elevado seu nível de confiança.

Conforme exposto no trabalho de Lima (2019, p.61) os fatores do nível de confiança são subdivididos em percentuais descritos na figura 19.

Figura 19: Fatores que aferem nível de confiança do método VDC *Scorecard*



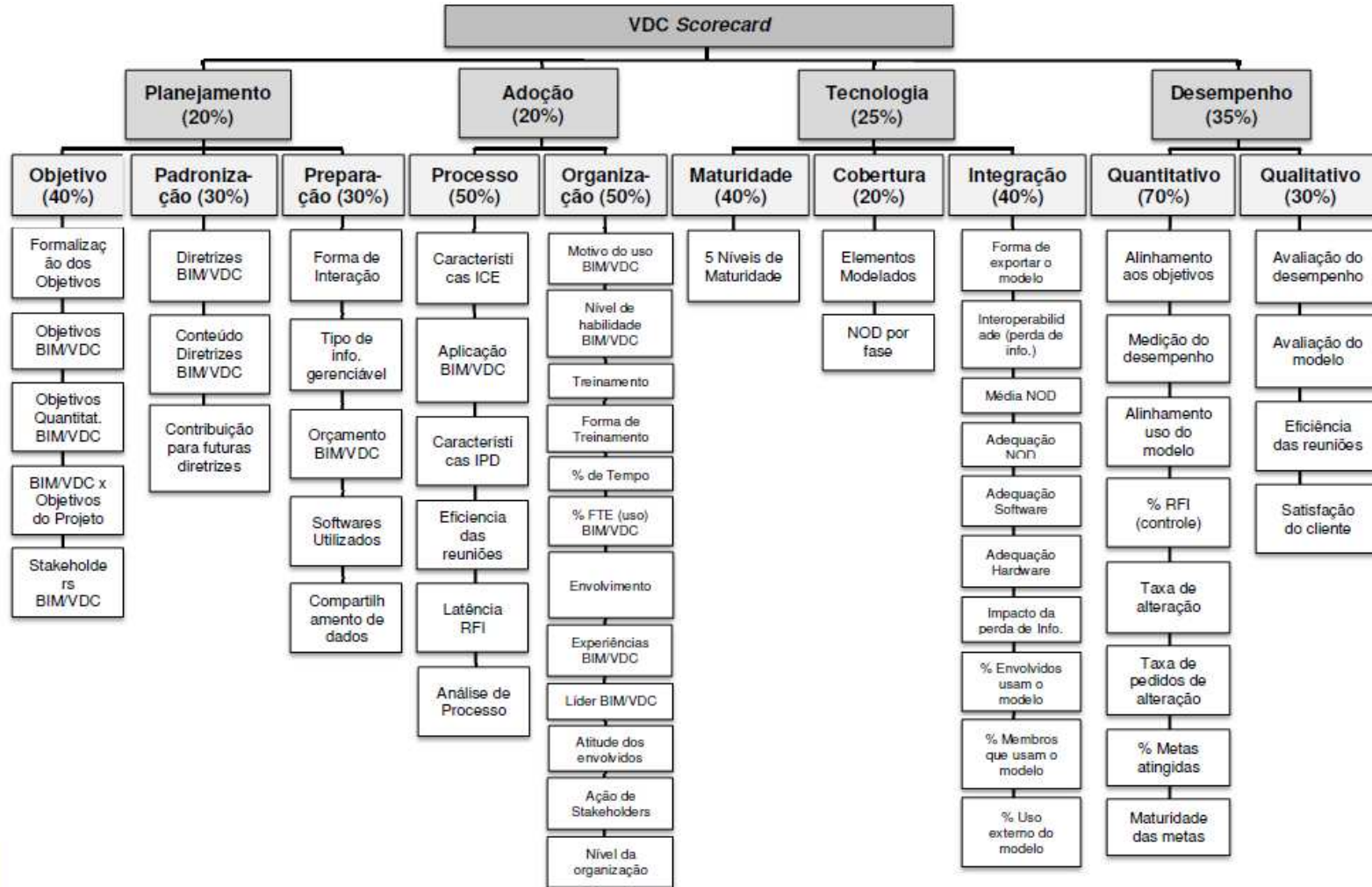
Fonte: Lima (2019, p.61).

A figura a 20 ilustra uma maneira de representar a matriz de avaliação do VDC Scorecard com as 56 métricas de avaliação que compõe o resultado percentual da pontuação do projeto, na mesma figura são representadas as dimensões com a composição das notas, em percentuais divididas por área. Com essas métricas, 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).

Conforme explicitado nos estudos elaborados por Fischer *et. al.* (2015, p.77) a pontuação da metodologia é obtida da seguinte forma:

A pontuação geral do VDC *Scorecard* é uma medida criada usando média ponderada das pontuações por área correspondente ao VDC Scorecard para quantificar o desempenho geral de um projeto. A pontuação por área (04) é resultado da média ponderada de cada dimensão (10). E cada dimensão calculada com média ponderada para cada métrica (56). Esta pontuação viabiliza a classificação e adoção de estratégias para solução de problemas identificados nos setores que compõem estas áreas. Estas deficiências detectadas são avaliadas com base no planejamento de atividades para ações de melhoria e conseqüentemente são desenvolvidas recomendações para solução dos problemas detectados.

Figura 20: Métricas e pontuações percentuais que compõe a avaliação do método VDC Scorecard



Fonte: Lima (2019, p.62).

Os estudos de Ho, Kam e Fischer (2009) explicitam que as metodologias de avaliação para projetos em VDC ou BIM não têm influência apenas na qualidade das informações, mas também no desenvolvimento de uma base de dados gerenciais com melhorias contínuas nas organizações. Essa base de dados gera oportunidades para novas pesquisas ou empreendimentos e críticas construtivas sólidas que podem gerar conhecimentos que fundamentam investimentos e novos projetos.

### **Grau de maturidade ABDI (2020) – BIM Brasil**

A Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) conceitua que a metodologia do BIM “é uma revolução tecnológica para a cadeia produtiva e para gestão de empreendimentos”. O desenvolvimento do processo de projeto deve ser colaborativo desde o início, com o estabelecimento de responsabilidades e de decisões, com a identificação antecipada dos erros e minimizar o risco final por falta de coordenação. Aos serviços de coordenação acrescenta-se a gestão da documentação gerada em todas as fases do projeto (ABDI, 2020, p.5).

O grau de maturidade é aferido para avaliar o conhecimento e implementação do BIM nas organizações brasileiras, com a finalidade de expor de forma concisa resultados para o mercado. Além disso, verificar o desenvolvimento do BIM nas empresas possibilita ter uma noção da situação real, a definição de planos de ação e de pontos de melhoria. Para a realização desta avaliação foram encaminhadas perguntas para empresas que se autodeclararam que utilizam o BIM. O questionário foi enviado para 247 instituições. Os dados apresentados a seguir referem-se ao horizonte de 119 empresas e profissionais que responderam as questões de maturidade. A partir destas respostas, foi possível identificar o cenário de implantação das 119 empresas e dos profissionais autônomos que já possuem práticas aderentes à metodologia BIM. Foram levantadas características relacionadas aos processos internos, a estrutura e a capacitação de áreas, de profissionais, as ferramentas utilizadas e da estrutura de apoio disponíveis (ABDI, 2020).

A estruturação da pesquisa consiste no desenvolvimento de questões provenientes de três blocos principais, que estão numerados a seguir como 1, 2 e 3 (ABDI, 2020):

1- Avaliação geral: permite conhecer as necessidades internas das empresas, seus processos e o plano desenvolvido para adoção da metodologia BIM. O primeiro bloco concentra-se na análise das boas práticas no campo das tecnologias da informação, já que o BIM tem como pilar básico a criação de um processo que envolve procedimentos e plataformas para projetos. A definição das estratégias nesta seção, assim como a gestão de suas áreas correspondentes, marcará a evolução desta implementação. Foram avaliados os seguintes subitens nas empresas pesquisadas:

- a. Governança de TI e Estratégias de Negócios: A partir da implementação do BIM, é definido um plano de desenvolvimento de TI adaptado que precisaria de uma implantação básica para incluir a metodologia BIM em seus processos, facilitando e apoiando os objetivos comerciais da organização. A estrutura organizacional interna das empresas procura ser flexíveis e proativas para assumir as mudanças necessárias na implementação do BIM, apoiada por um protocolo de melhoria contínua que melhora as políticas, diretrizes e documentação que são introduzidas na implementação (Nota: Nível 3/56%).
- b. Estratégias de TI: O gerenciamento de projetos é capaz de integrar e equilibrar os recursos dos projetos de uma forma que inclua a metodologia BIM em seus processos, de modo que ela esteja alinhada com as capacidades de TI existentes e forneça um esquema de prioridade relacionado aos objetivos comerciais (Nota: Nível 3/44%).
- c. Gestão de Tecnologia de TI: Parte das empresas pesquisadas possuem um departamento de Serviço ao Usuário encarregado de manter uma comunicação fluida entre esta equipe e os usuários do sistema. É bom saber que algumas das aplicações de TI são terceirizadas para outras empresas, que estão encarregadas de sua implementação na organização (Nota: Nível 2/36%).
- d. Segurança informática: As empresas vêm definindo as políticas de segurança de TI assumindo o compromisso de identificar, controlar e eliminar riscos e incidentes. Eles são realizados por sua vez testes de segurança esporadicamente, monitoramento para que as ameaças possam ser feitas. Os profissionais das empresas são comunicados de suas responsabilidades por proteger os equipamentos. Os backups são feitos mensalmente (Nota: Nível 3/49%).
- e. Estruturas e métodos de TI: Os processos, políticas e procedimentos para a grande maioria das atividades relacionadas com a metodologia BIM e sua relação com a TI estão documentados. Além disso, uma matriz de controle interno está disponível para mostrar os controles e riscos. Os processos críticos são identificados através de reuniões regulares (Nota: Nível 3/49%).
- f. Gerenciando relacionamentos e fornecedores: Os fornecedores externos seguem um protocolo de trabalho e manutenção interna onde eles são definidos e os acordos com tais fornecedores são gerenciados. Somente você tem um fornecedor para cada atividade. É processos de terceirização relacionados com as linhas de e está considerando começar a fazer isso com os processos BIM (Nota: Nível 3/48%).

- g. Investimento em TI: Verifica-se que as empresas pesquisadas têm capacidade de realizar investimentos e decisões focadas em investimentos eficazes e eficiente com base em uma escala econômico-financeira que é adaptado a cada um dos serviços oferecidos pela organização levando em conta acima dos parâmetros operacionais (Nota: Nível 3/56%).

2- Treinamento e capacitação do BIM: analisa e avalia os fatores-chave que influenciam a implementação do BIM de forma corporativa, com o foco nas prioridades estratégicas para uma correta implementação do BIM e sua perspectiva futura. Nesse bloco são verificados empenhos e a existência de recursos humanos e estratégicos para uma correta implantação BIM e suas perspectivas. Isto requer uma compreensão em primeira mão das necessidades e objetivos do BIM a fim de planejar um crescimento orientado para o sucesso:

- h. Objetivos gerais: Os documentos são administrados digitalmente, mas um protocolo comum de troca de informações precisa ser implementado. Os requisitos do projeto são identificados e uma estratégia é preparada com antecedência que poderia incluir vários agentes colaboradores. O treinamento a ser dado é modulado de acordo com a análise prévia dos conhecimentos específicos necessários para a implementação do BIM (Nota: Nível 3/48%).
- i. Objetivos do BIM: Os objetivos do BIM estão relacionados às estratégias comerciais globais, com uma política de revisão otimizada liderada por um departamento específico. Os resultados obtidos nesta pesquisa demonstram a prioridade que as empresas vêm dando a adoção da metodologia BIM. O ambiente de trabalho e os recursos disponibilizados reconhecem a importância do BIM e permitem uma fonte de conhecimento compartilhado dos projetos que estão sendo realizados. Os usos propostos do BIM estão alinhados com os objetivos do BIM, padronizando processos para a exploração dos ativos da organização através da extração de dados integrais dos modelos BIM (Nota: Nível 4/67%).
- j. Infraestrutura BIM: Uma estratégia de gestão da equipe de TI está em vigor orientado para um investimento escalável que contempla equipamento portátil para a mobilidade do pessoal. É feita uma avaliação anual com o objetivo de implementar o software e realizar uma verificação de status dos dispositivos. Os dispositivos externos estão alinhados com a estratégia de evolução de TI. A rede de conexão entre equipamento é adequada para um ótimo desempenho (Nota: Nível 3/56%).
- k. Interoperabilidade: Foi criado um ambiente de colaboração em rede para gerenciar todo o conhecimento de forma compartilhada e plataformas comuns. As ferramentas de trabalho com a metodologia BIM permitem que os agentes envolvidos em outras Organizações trabalhem juntos no modelo comum BIM seguindo os guias, padrões e protocolos estabelecidos de forma geral e que poderiam ser impostos pela Organização (Nota: Nível 3/55%).
- l. Colaboração: A colaboração entre os participantes é proativa, reafirmando-a com protocolos de gestão e documentação definidos nos regulamentos do BIM. As empresas no universo desta pesquisa buscam manter um repositório de informações adequado à metodologia BIM que facilita o gerenciamento pelos participantes do projeto e controla o intercâmbio de dados, monitorando a entrada e saída de documentação para garantir sua segurança. Há

consciência dos diferentes níveis de informação que o modelo BIM deve ter e existem protocolos BIM para gerenciamento de bibliotecas, disponíveis em repositórios centralizados que estão sendo constantemente revisados e atualizados (Nota: Nível 3/51%).

3- Conhecimento e avaliação de organização pessoal: esse tópico visa mapear o conhecimento dos profissionais que utilizam a metodologia BIM em suas empresas, identificando onde estão seus pontos fortes, fracos e necessidades. A finalidade é tomar uma decisão correta sobre esses perfis, no fundamento de seu papel na implementação do BIM. Outros focos seriam análise da situação atual dos recursos humanos existentes e a preparação para uma possível implantação:

- m. Liderança: Os padrões e processos nas empresas pesquisadas estão totalmente integrados nos canais de comunicação e gestão. Os responsáveis pela implementação da metodologia BIM devem detectar erros, melhorias, avaliar os padrões BIM, bem como novos processos com o objetivo de encontrar novas formas de melhorar e descobrir novas possibilidades, aumentando assim suas oportunidades de negócios a partir do BIM e marcando a liderança neste campo (Nota: Nível 4/70%).
- n. Organização: A Organização tem uma equipe de gerenciamento de projetos que lidera a implementação da metodologia BIM, coordenando projetos e recursos em cooperação com todos os agentes envolvidos. Os fluxos de trabalho são estabelecidos e a interoperabilidade entre os diferentes agentes é garantida (Nota: Nível 4/72%).
- o. Operação: A organização nomeia as equipes de trabalho do BIM e define as funções e responsabilidades atribuídas a cada um. O conhecimento detalhado da ferramenta do software BIM permite mais eficiente. Os protocolos de projeto atendem as normas, métodos e procedimentos específicos, sendo avaliados ao final de cada projeto em um processo de melhoria contínua (Nota: Nível 4/62%).
- p. Colaboração: O departamento encarregado da colaboração entre disciplinas nomeia um agente responsável pela coordenação do pessoal e do trabalho a ser feito dentro de cada disciplina, que trata dos dados relativos a cada projeto, avalia e gera métricas de eficiência que então ser aplicável na criação de novos protocolos de ação. Os controles estão disponíveis para qualidade do modelo, com ênfase especial na relação estabelecida entre os diferentes softwares (Nota: Nível 3/52%).
- q. Informática: Os dispositivos são mantidos e gerenciados tecnologia para operação adequada e Desempenho do BIM. As plataformas são geradas poder compartilhar informações e ativando a comunicação entre departamentos e equipes de trabalho. O uso de software é gerenciado de acordo com os produtos 3D e 2D. A equipe está preparada para um Implementação do BIM e precisa de treinamento específico para fazer uma subdivisão de tarefas efetivo (Nota: Nível 3/40%).
- r. Análise: Foi criado um plano de treinamento escalável onde as diferentes habilidades que implementam a nova metodologia BIM são aplicadas e assim garantem resultados bem sucedidos. A partir dos primeiros dados de implementação, conseguiremos uma melhoria eficiente na produtividade.

Esses três tópicos (blocos 1, 2 e 3) estabelecem uma avaliação da posição geral das empresas com o objetivo de implementar a metodologia BIM. E subsidiam os resultados que são classificados nos níveis de maturidade de sua implantação.

As questões que envolvem a pesquisa visaram como resultados a padronização da implantação do BIM, regulamentar os esforços dedicados para a sua adoção, permitir uma abordagem estruturada ao treinamento em BIM e expor os processos necessários que permitam estabelecer uma base sólida. A seguir, é apresentada uma visão geral dos níveis de maturidade em todos os blocos. Os resultados são apresentados em cinco níveis de maturidade conforme listados a seguir (ABDI, 2020):

- s. Nível de Maturidade 01 (0% até 20%): O objetivo é reforçar os processos e o gerenciamento da Organização, a fim de consolidar sua estrutura interna em vista de uma possível implementação específica do BIM. Recomenda-se atualizar e treinar a futura equipe BIM, a fim de obter um bom nível de motivação, produtividade e integração.
- t. Nível de Maturidade 02 (20% até 40%): É necessário um planejamento estratégico para definir os objetivos, metas, estratégias e procedimentos que serão desenvolvidos na implementação do BIM. Recomenda-se treinar as habilidades e competências de sua futura equipe BIM com treinamento contínuo orientado para os objetivos planejados de BIM.
- u. Nível de Maturidade 03 (40% até 60%): Recomenda-se a criação de novos departamentos que permitam fluxos de trabalho BIM com integração adequada. A equipe técnica atual é capaz de gerenciar as principais funções de um ambiente BIM, definindo canais de comunicação para equipes internas e colaboradores externos. Esses fatores básicos serão favoráveis para uma implementação bem sucedida.
- v. Nível de Maturidade 04 (60% até 80%): A estrutura da organização foi adaptada favoravelmente à nova metodologia BIM. Um departamento específico foi criado com perfis formados anteriormente. As infraestruturas atuais têm uma alta margem de melhoria para sua implementação e os softwares internos são dotados das características apropriadas para sua integração às plataformas BIM.
- w. Nível de Maturidade 05 (80% até 100%): A estrutura da organização é completamente integrada à metodologia BIM: Os objetivos e usos do BIM são totalmente definidos e os papéis e responsabilidades são estabelecidos por cargo. Existe um departamento BIM em que foram criados perfis de trabalho totalmente definidos e especializados, que uniram a equipe com conhecimento prévio. A comunicação e a troca de arquivos são reguladas em um ambiente de dados comum, garantindo a segurança das informações e garantindo protocolos de ação em cada um dos processos BIM para uma implementação bem-sucedida e duradoura.

As principais questões que subsidiam os resultados apresentados em cada um dos blocos descritos acima estão nas tabelas 08, 09 e 10, a seguir.

Tabela 8: Bloco 01 - questionamentos - avaliação geral

<b>Bloco 01 Questionamentos - Avaliação Geral</b>				
1	Sua organização conta com uma infraestrutura baseada na nuvem?			
	Não (armazenamento físico)	Sim, a execução do software, instalação de programas e do armazenamento de informações é feita por meio de nuvem.	Sim, a nuvem é usada para a instalação de programas, além de armazenar informações	Sim, utiliza-se a nuvem apenas como espaço de armazenamento de dados.
	22,22%	11,11%	22,22%	44,45%
2	Existe uma avaliação anual das atividades relacionadas à tecnologia da informação?			
	Não, o departamento responsável pela tecnologia da informação não realiza uma avaliação	Não, o responsável avalia independentemente as necessidades dos processos que desenvolve	Sim, existe um planejamento estratégico de TI que estabelece protocolos de avaliação e melhoria	Sim, foi desenvolvido um plano estratégico que estabelece as diretrizes a seguir para avaliar as atividades de TI (revisado em 2 anos)
	22,22%	44,44%	22,22%	11,12%
3	Há um Departamento de Projetos (PMO) em sua organização?			
	Não, existe um único responsável encarregado pela gestão dos projetos	Não, os projetos de TI são realizados individualmente	Sim, existe uma área comum, que possui outras responsabilidades dentro da companhia	Sim, o referido escritório usa e mantém uma estrutura padrão comum de trabalho, metodologia e processos
	55,56%	11,11%	22,22%	11,12%
4	Você considera que o modelo da sua organização estabelece princípios, estruturas e objetivos com um desenvolvimento flexível para se adaptar às mudanças futuras?			
	Não, mas avaliamos no uma melhoria de nosso modelo no curto prazo	Sim, a organização é proativa à mudança, preparando para mudanças de acordo com a evolução das tendências do mercado.	Sim, a partir de uma estrutura organizacional relativa, provemos soluções eficientes às mudanças solicitadas	
	11,11%	66,67%	22,22%	

5	Os processos ligados à metodologia BIM (Coordenação 3D, Criação e Revisão de Modelos, Projeto de Sistemas Construtivos, Planejamento de Fases, Estimativa de Custos, entre outros) são terceirizados?				
	Não, não terceirizamos, mas queremos terceirizar, para que a organização se concentre em ações que agreguem valor por meio da delegação de processos.	Sim, terceirizamos uma parte dos processos, mas alguns são realizados dentro da organização por questões de expertise dos times externos e internos			
	55,56%	44,44%			
6	A frequência das reuniões, planejamento, formato e profissionais envolvidos estão organizados para otimizar seu desenvolvimento?				
	Muito raramente.	Algumas vezes	Normalmente	Muitas vezes	Sempre
	24,38%	7,32%	9,76%	36,59%	21,95%
7	Você realiza uma auditoria de processos para garantir que a evolução do projeto esteja de acordo com os requisitos preestabelecidos?				
	Não, atualmente os projetos não têm estrutura suficiente para realizar uma auditoria.	Não, é feito um relatório anual que avalia a evolução conjunta sem especificar os projetos.	Sim, um relatório final é feito para cada projeto para avaliar possíveis melhorias futuras, mas uma auditoria completa não é estabelecida.	Sim, a auditoria é composta por uma série de métricas que garantem a correta execução do projeto em marcos intermediários de sua produção e os procedimentos utilizados para atingi-lo.	Sim, além disso, é estabelecida uma comparação anual de projetos para avaliar possíveis melhorias e evitar falhas futuras.
	43,90%	12,20%	7,32%	2,43%	34,15%
8	Verifica-se um consenso na melhoria dos projetos atuais e futuros com o uso da metodologia BIM.				
	Melhorar a comunicação entre as partes interessadas, reduzindo discrepâncias entre os membros da equipe de projeto e construção	Otimização de recursos graças às análises de simulação prévia aplicadas ao projeto em suas etapas iniciais.	Evitando erros de projeto e construção graças ao modelo digital 3D do projeto.	Otimizando o monitoramento da obra, com controle automático de mudanças e integrado com o modelo completo.	Todas as opções
	9,80%	80,39%	3,92%	3,92%	1,97%
9	Existe um plano de contingência estabelecido para eventuais problemas durante o projeto, com base no levantamento de riscos realizado na fase inicial do projeto?				

	Não, há nenhum plano atualmente.	Não, mas estamos pensando em criar um plano no curto prazo.	Sim, existe um departamento encarregado do gerenciamento de riscos.	Sim, os riscos são subdivididos por categorias: técnico, jurídico, comercial, projeto.	Sim, o plano também estabelece quais ações preventivas serão tomadas para projetos futuros
	24,83%	51,22%	7,32%	9,76%	6,87%
10	Existe um plano de entrega após a conclusão do projeto?				
	Não, não é necessário nesta organização	Não, é feita uma adaptação individualizada da entrega, dependendo do projeto.	Sim, mas abrange apenas entregas em formato físico.	Sim, mas abrange apenas entregas feitas em formato digital.	Sim, este plano estabelece claramente a documentação a ser entregue em qualquer formato e, com base em diretrizes gerais e cobre a maioria dos projetos desenvolvidos.
	29,27%	9,76%	26,83%	17,07%	17,07%
11	Existem protocolos para resolução de conflitos entre projetos definindo as prioridades para o negócio?				
	Não, existem medidas gerais que podem ser aplicadas a projetos específicos, se necessário	Não, não conduzimos projetos em paralelo	Sim, um plano foi criado para integrar e equilibrar os recursos dos projetos		
	66,67%	11,11%	22,22%		

Fonte: Adaptado, Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI, 2020)

Tabela 9: Bloco 02 - treinamento e capacitação do BIM

<b>Bloco 02 - Treinamento e Capacitação do BIM</b>					
12	Existem métricas para avaliação do projeto?				
	Não, eles não existem.	Sim, mas apenas em termos de custos.	Sim, os custos e prazos utilizados na execução do produto são medidos.	Sim, é realizada uma avaliação de custos, prazos utilizados e satisfação do cliente.	Sim, custos, prazos e satisfação do cliente são avaliados por indicadores de produtividade/eficácia, além de medir a qualidade da execução do produto.
	31,71%	14,63%	21,95%	9,76%	21,95%
13	Você realiza o gerenciamento automatizado de projetos?				
	Não, os processos da organização são totalmente independentes um do outro.	Não, mas está sendo avaliado em determinados campos da organização.	Sim, protocolos de ação geral foram estabelecidos.	Sim, antes de cada projeto, as formas de trabalho, funções, ferramentas, protocolo de tarefas etc. foram definidas de maneira computadorizada.	Sim, há também um protocolo de nível de detalhe/desenvolvimento do projeto e uma revisão anual dos futuros recursos de implementação
	34,15%	31,71%	14,63%	4,88%	14,63%
14	Existe uma hierarquia de arquivos e ordem de classificação e desenvolvimento?				
	Não, não existe.	Sim, existe uma estrutura de pastas, com algumas seções básicas.	Sim, existe uma estrutura de pastas definida e um responsável pela operação em diferentes etapas do projeto, mas não há protocolos de ação.	Sim, existe uma estrutura de pastas, com controle de nomenclatura, visualizações, planos etc. mas não temos muita segurança da informação.	Sim, existe uma estrutura de pastas, com controle de nomenclatura, visualizações, planos etc. e também temos um sistema de segurança da informação
	9,76%	21,95%	36,59%	14,63%	17,07%
15	O departamento que você lidera possui uma organização definida que fornece políticas, procedimentos e demais documentações que facilitam o gerenciamento?				
	Não, o trabalho é feito individualmente, sem definição de funções	Sim, existe uma estrutura estabelecida estrategicamente de acordo com os processos e fluxos de trabalho, que	Sim, temos um organograma que representa a estrutura geral da organização de cada departamento e sua função, sem responsabilidades definidas		

		contempla o objetivo geral, funções e responsabilidades definidas			
	33,33%	33,33%	33,34%		
16	Sua empresa possui um sistema de modelos, guias do usuário e protótipos que mantêm os engenheiros em acordo e atualizados com os usuários da organização?				
	Não, porém a implementação de um guia do usuário foi considerada	Sim, existe um departamento direcionado ao usuário encarregado por este trabalho	Sim, um protocolo de procedimentos foi criado para todos os usuários		
	77,78%	11,11%	11,11%		

Fonte: Adaptado, Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI, 2020).

Tabela 10: Bloco 03 - conhecimento e avaliação de organização pessoal

<b>Bloco 03 - Conhecimento e Avaliação de Organização Pessoal</b>					
17	Já realizou algum curso de formação BIM?				
	Não, não realizei nenhum curso	Sim, por conta própria	Sim, realizei um curso de ferramentas para metodologia BIM	Sim, realizei um curso de pós-graduação strictu sensu ou latu sensu	Sim, realizei um curso técnico ou de extensão
	27,45%	17,65%	13,73%	37,25%	3,92%
18	No caso de conhecer a metodologia BIM, como você teve contato?				
	Através de cursos formais	Não conheço a metodologia BIM	Por grupos de discussão BIM	Por profissionais fora da minha organização onde trabalho ou notícias	Por um colega de trabalho
	43,14%	3,92%	17,65%	29,41%	5,88%
19	Qual sua opinião sobre as iniciativas que estão sendo tomadas pela Administração Pública para promover, desenvolver e implementar a metodologia BIM no campo da construção?				
	Acredito que não são necessárias, há outros campos com mais necessidades	As iniciativas são insuficientes	As iniciativas são suficientes, mas devem dar mais publicidade às atividades atuais e aos grupos de trabalho no Brasil e nos órgãos locais	Deve ser criada uma comissão dedicada à digitalização da construção além do BIM, onde todas as ações e processos seriam decididos em relação a todos os agentes envolvidos	Não conheço nenhuma medida
	1,95%	13,73%	27,45%	43,14%	13,73%
20	Para quais usos você deseja usar a Metodologia BIM?				
	Não definimos um uso específico.	Pela modelagem conceitual e virtual do projeto, bem como pela visualização e geração de imagens, criando detalhes em 3D.	Para a análise e simulação do projeto focado no cálculo de estruturas, instalações, eficiência energética, segurança viária, segurança e saúde etc.	Para coordenação 3D, estimativa de custos, obtenção de medições, geração de documentação.	Para gerenciamento e monitoramento de trabalhos baseados no modelo e na manutenção subsequente do projeto.
	4,88%	14,63%	56,10%	19,51%	4,88%
21	Como você acredita que o uso da metodologia BIM pode afetar seus projetos atuais ou futuros?				
	Todas as opções acima	Melhorar a comunicação entre as partes interessadas, reduzindo discrepâncias entre os membros da equipe de projeto e construção	Otimização de recursos graças às análises de simulação prévia aplicadas ao projeto em suas etapas iniciais	Otimizando o monitoramento da obra, com controle automático de mudanças e integrado como modelo completo	Evitando erros de projetos e construções graças ao modelo digital 3D do projeto

	81,33%	8,00%	1,33%	4,00%	5,33%
22	Quais são os objetivos finais de sua organização com a Metodologia BIM?				
	Fornecer suporte aos processos de tomada de decisão.	Visualizar soluções de projeto auxiliando e coordenação entre disciplinas.	Aumentar e garantir a qualidade do processo de construção e do produto final, tornando os mais eficazes para construção.	Melhorar a segurança durante a construção e durante todo o ciclo de vida, analisando seu custo previamente.	Fornecer a transferência de informações do projeto para a fase de operação e manutenção.
	63,41%	7,32%	7,32%	14,63%	7,32%
23	Você acredita que a metodologia BIM pode afetar positivamente a eficiência energética e a sustentabilidade dos projetos, ou a diminuição na emissão de gases que produzem o efeito estufa? Por exemplo, controle da energia consumida pelos painéis solares após a instalação ou economia no aluguel de máquinas e compra de recursos?				
	Não, são dois campos completamente opostos.	Não, a metodologia BIM é independente da eficiência energética e sua aplicação em questões sustentáveis será difícil	Sim, mas a longo prazo.	Sim, o fato de gerenciar informações permite que os dados de energia sejam monitorados para otimização futura, mas isso não afetará diretamente a melhoria da sustentabilidade na construção.	
	7,32%	2,70%	51,22%	38,76%	
24	A metodologia BIM pode reduzir o custo do ciclo de vida de um projeto que consiste em seu desenvolvimento, construção e manutenção?				
	Sim, porém a longo prazo.	Sim, porém uma redução significativa não será alcançada, pois existem outros fatores que afetam diretamente esses estágios.	Sim, com a inclusão do gerenciamento de manutenção de um projeto na metodologia BIM, há uma completa integração e coordenação de todas as disciplinas que compõem o projeto do início ao fim, com a consequente redução de custos.		
	60,93%	19,51%	19,56%		
25	Quais tecnologias da Indústria da Construção terão a influência mais significativa no futuro?				
	Big data, Inteligência artificial e Machine Learning aplicadas a construção. Autoaprendizagem das máquinas por elas	Internet das Coisas (IoT)	Realidade virtual/aumentada	Robótica/Impressão 3D	Smart Cities (Cidades Inteligentes)
	43,14%	9,80%	15,69%	7,84%	23,53%
26	Você conhece algum software de cálculo ou análise de estrutura? Se você conhece vários, indique o que você usa regularmente				
	Archicad	Autodesk Revit	Não conheço nenhum	Outros	QI Builder
	7,84%	66,67%	11,76%	7,84%	7,32%

27	Você conhece algum software de gerenciamento de modelos BIM? Se conhece vários, indique o que você usa regularmente?				
	Não conheço nenhum	Navisworks	Solibri	Tekla bimsight	Outros
	21,57%	58,82%	9,80%	7,84%	1,97%
28	Sua organização é treinada para atender às especificações BIM quando solicitadas em licitações públicas?				
	Não, o processo é terceirizado quando necessário.	Não, estamos em uma fase muito preliminar da implementação do BIM.	Não, a equipe a ele atribuída está em processo de treinamento.	Sim, temos uma equipe preparada, mas precisamos adaptar a infraestrutura da organização aos requisitos.	Sim, nós temos um sistema totalmente preparado.
	19,51%	31,71%	24,39%	9,76%	14,63%

Fonte: Adaptado, Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI, 2020)

## **Matriz de maturidade BIM do DNIT**

As ferramentas que envolvem o BIM no Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) foram implantadas para seguir as diretrizes federais instituídas, sobretudo a partir do decreto nº 9.377/2018, de 17/05/2018, do decreto nº 9.983 (em vigor), de 22/08/2019. Os quais dispõem sobre a estratégia nacional de disseminação do BIM e institui o comitê gestor da estratégia do BIM BR. Outro fato é o decreto nº 10.306, de 02/04/2020, que estabelece a utilização do BIM na execução direta ou indireta de obras e de serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal (DNIT, 2021).

Para atender as normativas supracitadas, o DNIT publicou uma Instrução Normativa, consoante do processo nº 50600.010077/2020-59, que estabelece procedimentos a serem adotados para a priorização do BIM nos empreendimentos contemplados no Programa de Manutenção e Reabilitação de Estruturas (PROARTE). Essa Instrução Normativa, além de ter o intuito de apresentar uma metodologia de ranqueamento dos empreendimentos a serem atendidos, também tem o cumprimento das determinações do decreto nº 10.306, em destaque ao artigo 10, que estabelece à necessidade de se providenciar a publicação de ato administrativo contendo a definição dos empreendimentos, dos programas e das iniciativas de média e de grande relevância para a disseminação do BIM no âmbito dos órgãos e entidades públicas.

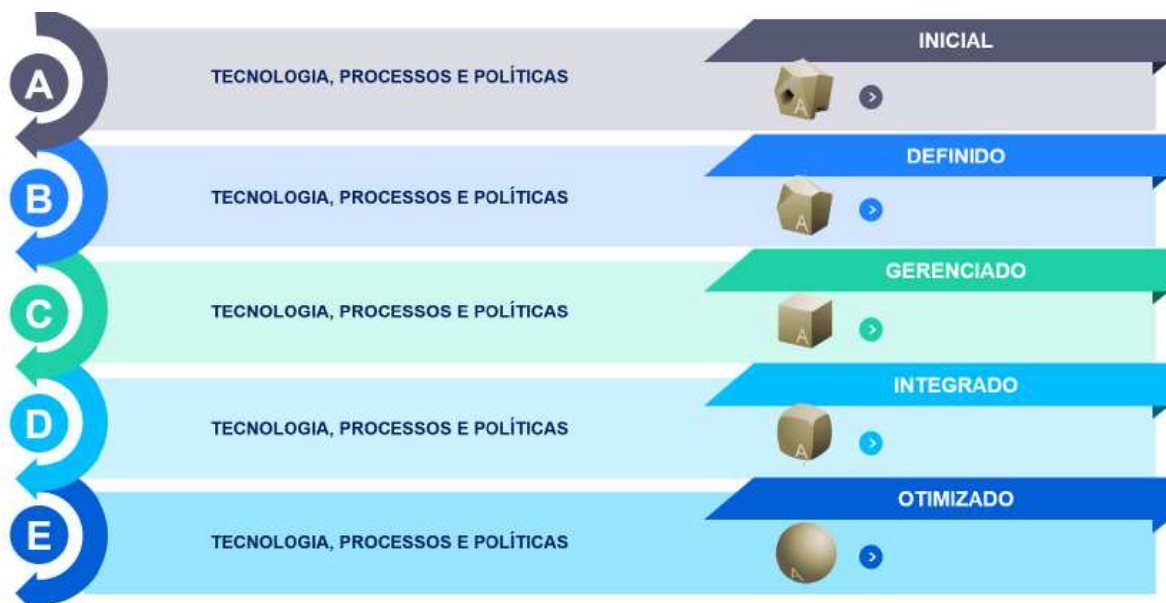
Dentro da instrução normativa contempla-se a elaboração do Plano de Implementação BIM (PIB) que engloba a avaliação da maturidade de implantação desses fundamentos. Segundo DNIT (2021) é importante que os avaliadores da maturidade do BIM sejam qualificados e familiarizados aos processos dessa tecnologia e das metodologias do órgão, além de exemplificar as fragilidades e os pontos de atenção, bem como o que é favorável à implementação. A metodologia utilizada para aplicação foi adaptada do trabalho realizado por Succar em 2009 - *Building Information Modeling Maturity Matrix*. Com isso a verificação da maturidade da implantação do BIM está dividida nas três etapas iniciais:

- Avaliação de competências (Competências de maturidade gerais e específicas);
- Elaboração da Matriz de Maturidade;

- Avaliação do Grau de Maturidade.

A avaliação da maturidade BIM pode ser definida como a capacidade mais avançada de executar uma tarefa ou de fornecer um serviço em BIM. É através do cálculo de maturidade que se torna possível estabelecer se os usos BIM são realmente atingidos pelo processo de implementação (DNIT, 2021). A maturidade BIM, possui 5 (cinco) níveis representados pela figura 21 e as descrições.

Figura 21: Níveis de maturidade BIM



Fonte: DNIT (2021, p.2).

a) Nível de maturidade A – inicial: a implementação BIM caracteriza-se pela ausência de estratégia global e de políticas e processos definidos. As ferramentas de *softwares* BIM são implantadas de forma não sistemática e sem preparações e investigações prévias adequadas. A adoção do BIM é alcançada através de esforços individuais, sem apoio ativo da gestão. O trabalho colaborativo ocorre com pouco ou nenhum processo ou fluxo pré-definido por guias, normas ou protocolos de intercâmbio;

b) Nível de maturidade B – definido: a implementação BIM orienta-se através do conjunto de gerentes sênior. Os processos e políticas são bem documentados e as inovações dos processos BIM são reconhecidas, bem como as oportunidades de negócio, apesar de não serem amplamente exploradas. A atividade individual começa a diminuir com o aumento de competência sendo, porém, a produtividade da equipe

ainda imprevisível. As diretrizes básicas BIM estão disponíveis, incluindo padrões de entrega, fluxos de trabalho e manuais de treinamento. Os treinamentos são bem definidos e normalmente ministrados quando necessário. A colaboração começa a evoluir seguindo guias de processo predefinidos e protocolos de intercâmbio;

c) Nível de maturidade C – gerenciado: a visão para implementar o BIM é comunicada e compreendida pelos agentes envolvidos. A estratégia para implementação é acompanhada de planos de ação detalhados e monitorização da informação. O BIM é reconhecido como uma série de mudanças de tecnologias, de processos e de políticas que precisam ser monitoradas sem prejuízo para a inovação. As oportunidades de negócios BIM são reconhecidas e utilizadas nos esforços de *marketing*. As funções são institucionalizadas e as metas de desempenho são determinadas de forma consistente. A modelagem 3D, a representação 2D, a quantificação, as especificações e as propriedades dos modelos têm seu gerenciamento por planos de qualidade e normas;

d) Nível de maturidade D – integrado: a implementação BIM é integrada em canais organizacionais, estratégicos, gerenciais e comunicativos. As oportunidades de negócio fazem parte da visão da equipe, com sua organização sendo utilizada para atrair novas oportunidades. A implantação e a escolha de *softwares* seguem objetivos estratégicos para a execução. O conhecimento integra-se em sistemas organizacionais, estando armazenado de forma acessível e facilmente recuperável. A produtividade é previsível. As normas e critérios de desempenho BIM integram-se no sistema de melhoria e gestão de desempenho de qualidade;

e) Nível de maturidade E – otimizado: os agentes envolvidos no processo têm a visão cultural do BIM e permanecem engajados. A estratégia de implementação BIM é continuamente revista e alinhada com as demais diretrizes, a seleção de ferramentas de *softwares* é revista continuamente para melhorar a produtividade. Os modelos de contratação são modificados para melhorar as práticas e trazer valor às partes interessadas. Os valores de referência são constantemente revisitados para garantir um sistema de gestão da qualidade em processos, em produtos e em serviços.

A verificação da maturidade BIM no DNIT extrapolou os conceitos desenvolvidos por Succar (2009), a nível específico, conforme detalhado a seguir. Definiu-se, de forma

inicial, o parâmetro de maturidade geral BIM, como o responsável por fornecer uma métrica para avaliação dos conhecimentos BIM a níveis superficiais, norteando não apenas a implementação BIM como também a interpretação dos resultados obtidos através da maturidade específica BIM. A maturidade geral é avaliada por uma pesquisa elaborada e aplicada pelo núcleo de implantação do BIM, que determinou o grau de conceituação, a sua implementação no órgão e a familiaridade com seus recursos e conceitos (DNIT, 2021)

A sequência da avaliação divide os resultados da maturidade em cinco pesquisas aplicadas separadamente, que verificam as competências BIM na autarquia. As pesquisas são sobre os processos, as tecnologias, as políticas, os estágios de organização e a escala da organização. As três primeiras áreas podem ser visualizadas através da figura 22.

Figura 22: Competências específicas BIM



Fonte: DNIT (2021, p.3).

Conforme definição do DNIT em sequência são descritos os principais itens que abrangem as competências analisadas.

**Competências de tecnologia:**

- *Software*: quais as ferramentas utilizadas, como elas são utilizadas e como se trata a informação;
- *Hardware*: quais os equipamentos utilizados, qual é a capacidade destes para processamentos e compartilhamentos característicos do BIM;
- *Redes*: quais os sistemas de compartilhamento utilizados.

**Competências de processos:**

- *Infraestrutura*: quais as disponibilidades físicas do ambiente de trabalho e de gestão conhecimento;
- *Recursos humanos*: conhecimentos, habilidades, papéis e dinâmicas;
- *Produtos e serviços*: diferenciais de produtos e serviços, especificações, pesquisa e desenvolvimento de serviços;
- *Liderança*: atributos estratégicos, organizacionais, comunicacionais e gerenciais.

**Competências de políticas:**

- *Regulatórias*: regras, diretrizes, padrões, classificações, códigos e regulações
- *Contratuais*: requisitos, Responsabilidades e riscos;
- *Preparatórias*: Esforços e entregas em pesquisa, formação e programas de treinamento.

**Classificação dos estágios de organização:**

- *Estágio 1*: modelagem baseada em objetos - avaliação da colaboração em uma disciplina aplicada em uma fase do ciclo de vida do projeto;
- *Estágio 2*: colaboração baseada na modelagem - avaliação do intercâmbio de informações BIM entre modelos e multidisciplinar;
- *Estágio 3*: integração baseada em redes - avaliação do intercâmbio simultâneo e interdisciplinar de modelos através do ciclo de vida do projeto.

### **Classificação da escala da organização:**

- Escala Micro: organizações (dinâmicas e entregáveis BIM);
- Escala Meso: equipes de projeto (colaboração multidisciplinar);
- Escala Macro: *markets* (componentes de projeto e repositórios).

Desta forma, possibilitou-se o preenchimento da Matriz de Maturidade BIM, que consiste em quantificar as competências através do panorama definido pelos níveis de maturidade, conforme demonstrado anteriormente. A tabela 11, apresenta os 12 (doze) parâmetros de avaliação supracitados, incluindo os referentes ao estágio de colaboração avaliado e a escala da organização:

Tabela 11: Matriz do grau de maturidade BIM (adaptado de SUCCAR)

MATRIZ DO GRAU DE MATURIDADE BIM						
COMPETÊNCIAS BIM		Inicial	Definido	Gerenciado	Integrado	Otimizado
		10 pts	20 pts	30 pts	40 pts	50 pts
<b>Tecnologia</b>	Software					
	Hardware					
	Rede					
<b>Processos</b>	Liderança					
	Recursos Humanos					
	Infraestrutura					
	Produtos & Serviços					
<b>Políticas</b>	Contratual					
	Normativa					
	Capacitação					
<b>Estágio</b>	Colaboração					
<b>Escala</b>	Organização					
<b>subtotal</b>		TOTAL - A	TOTAL - B	TOTAL - C	TOTAL - D	TOTAL - E
<b>TOTAL DE PONTOS</b>						<b>TOTAL</b>
<b>GRAU DE MATURIDADE</b>					<b>GRAU (%)</b>	

Fonte: DNIT (2021, p.4).

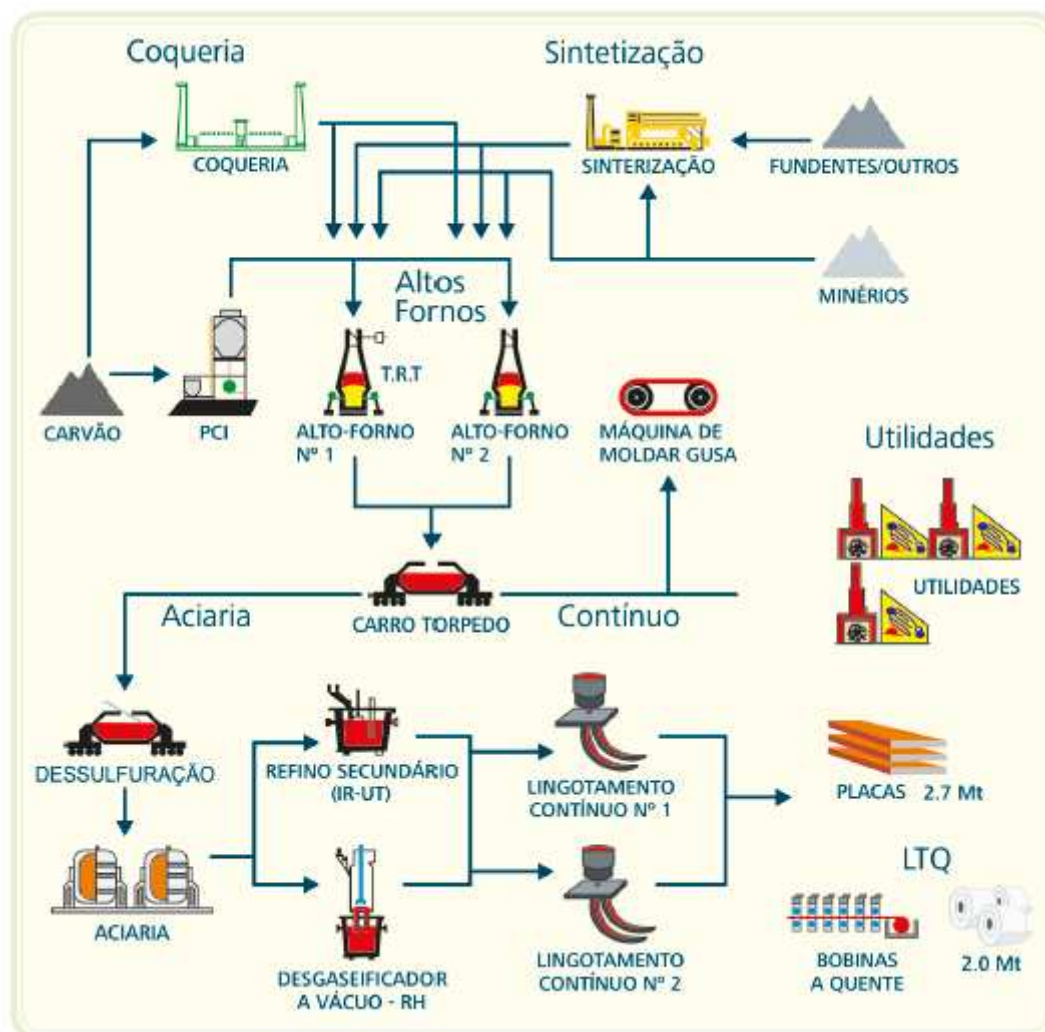
A partir dos resultados das pesquisas, cada competência avaliada é quantificada percentualmente, originando o parâmetro do preenchimento da matriz acima. Após o preenchimento da matriz é obtido o parâmetro de maturidade específica, o qual é definido pela soma dos pontos avaliados e dividido pelo total de parâmetros, que são 12 (DNIT, 2021).

### 2.3 Conceitos industriais de siderurgia e de planejamento

Conforme preconiza Silva (2011, p.16), um dos grandes indicadores de desenvolvimento econômico de um país é a produção industrial de aço. O consumo desse material reflete proporcionalmente na medida em que setores estratégicos como a construção civil, a fabricação de automóveis e a instalação de meios de produção de equipamentos industriais, aumentam a produção. A tecnologia da produção de aço tenderá a uma instrumentação mais aprimorada, mudanças culturais e tecnológicas nos processos produtivos que forneçam dados aos computadores que controlarão todas as fases da fabricação do aço e que corrigirão imediatamente qualquer variação durante o processo. O uso de robôs para as operações perigosas ou insalubres como desmontagens ou reparos dos revestimentos de fornos difundir-se-á com rapidez.

Segundo Silva (2011, p.17), a metalurgia pode ser conceituada como a ciência e a tecnologia de extração dos metais a partir dos minérios, visando a sua transformação para utilizá-los industrialmente. No caso particular da metalurgia do ferro, dá-se o nome de siderurgia. A siderurgia consiste, basicamente, na redução dos seus óxidos por meio de um redutor que, em geral, é um combustível carbonoso. Dentre as diversas matérias-primas necessárias à produção do aço, a mais importante é o minério de ferro, tanto em quantidade, quanto em custo. O Brasil possui uma das maiores reservas de minério de ferro do mundo, acima de 49 bilhões de toneladas, apenas a Índia e a Rússia podem equiparar-se ao nosso país. Para demonstração da relevância do setor siderúrgico para o país e geração de empregos, pode-se exemplificar um projeto da Vale para a verticalização mineral no Pará. Esse empreendimento será destinado à obtenção de placas de aço e de produtos laminados à quente como bobinas e chapas que serão base para produtos automotivos como peças para indústria mecânica, gerando 17 mil empregos no auge das obras de instalação do empreendimento e 3 mil postos de trabalho durante a fase de operação. A figura 23 exemplifica a cadeia produtiva em formato de um fluxograma para a obtenção do aço em diversas tipologias de produtos.

Figura 23: Fluxograma de um processo siderúrgico



Fonte: SILVA (2011, p.16).

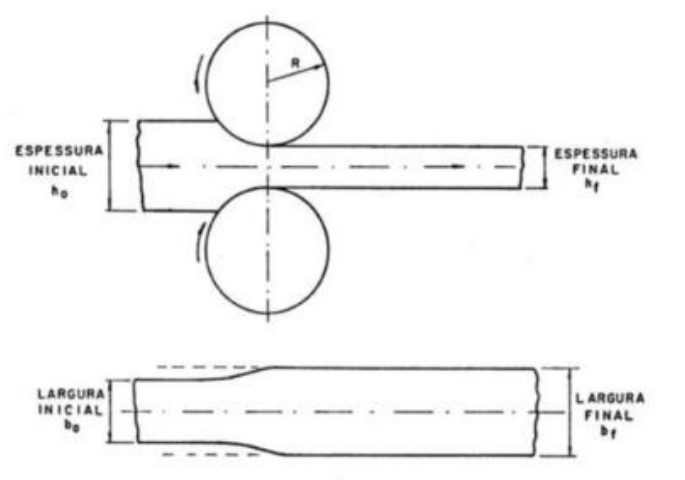
### 2.3.1 Principais conceitos da laminação de produtos planos

Conforme estudos da Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais (ABM, 2007), é estimado que aproximadamente 80% de todo o aço utilizado é submetido a no mínimo uma operação de transformação mecânica. O principal exemplo de transformação mecânica é a laminação que engloba, dentre muitos produtos, as chapas, as placas, as tiras, as folhas, e as barras de aço, esses produtos são nomeados como produtos laminados.

A laminação é definida como um processo de conformação do aço que, basicamente, consiste na passagem de um corpo sólido entre dois ou mais cilindros que rotacionam

na mesma frequência, porém em sentidos contrários. Dessa forma o corpo da peça inicial, que se denomina de placa, tem uma dimensão (espessura) superior que à distância entre as superfícies laterais dos cilindros sofre uma deformação plástica na passagem entre os cilindros. Isso resulta na redução de sua seção transversal e no aumento de suas dimensões. Para se obter determinadas dimensões da placa deve-se submeter a peça a sucessivas passagens através dos cilindros, decrescendo as distâncias, como destaca a figura 24.

Figura 24: Esquema do processo de laminação



Fonte: Bresciani *et. al.* (1991, p.85).

A passagem da placa entre os cilindros ocorre através da força de atrito que atua na superfície de contato entre as peças e os cilindros. Essa força é proporcional ao coeficiente de atrito entre a peça e os cilindros e aquela na superfície de contato. Essa última é a pressão exercida pelos cilindros que resulta na deformação plástica da peça. O processo de laminação pode ser a com a presença ou ausência de calor, usualmente denominado de “a quente” ou “a frio”. O modo vai variar conforme a as dimensões e a estrutura final do material da peça especificada (ABM, 2007).

### 2.3.2 Conceitos de gestão de projetos aplicados na indústria AECO

O *Building Information Modeling* pode ser considerado um dos maiores avanços na indústria AECO, a sua implantação preconiza alterações substanciais na cultura e nos meios de trabalhos de profissionais e de organizações. O conceito associado ao BIM

envolve, dentre outras vertentes, um conjunto de processos vinculados ao planejamento de para melhorar os meios de produção, de comunicação e de análise dos modelos. As alterações culturais dos meios de planejamento e de execução dos projetos e das obras estão vinculadas a metodologias consagradas e praticadas na implantação de empreendimentos (EASTMAN *et. al.*, 2014).

**O *Integrated Project Delivery (IPD)*** é uma abordagem na forma de gerir e executar os empreendimentos onde a confiança e a integração entre toda a equipe de trabalho são plenas. O IPD é uma forma de trabalho que integra as pessoas, os sistemas, as estruturas dos negócios e as práticas. Ele visa à colaboração máxima para obter o melhor produto, da maneira mais eficiente, com uma alta redução de desperdícios e otimizando os resultados nas fases de projeto, de fabricação, de construção e de operação (AIA, 2007).

Segundo Mesa *et. al.* (2016), o IPD tem como vertente principal a condição contratual entre os agentes envolvidos no negócio. A definição do contrato deve ser bem explícita, incluindo uma estrutura organizacional que propicie um ambiente onde exista um aumento de confiança e de comunicação entre os agentes. O grande diferencial dessas relações contratuais é a inserção de responsabilidades, de riscos e de compensações para os agentes, em caso de resultados positivos. A estratégia mais contundente para o sucesso do empreendimento é a escolha da equipe, visando o alinhamento dos interesses e dos objetivos, o compartilhamento de ganhos, a prontidão em atender as expectativas do contratante, a confiança entre os agentes, o trabalho em equipe, o alto nível de comunicação, a troca de habilidades, de conhecimentos e a elevada capacidade de resolução de conflitos.

Segundo a AIA (2007), os princípios que devem reger um empreendimento com o propósito de ser executado no padrão IPD são:

- Respeito e envolvimento entre os agentes;
- Benefícios mútuos;
- Definições antecipadas de objetivos e metas;
- Grande aprimoramento da comunicação;
- Definição clara dos padrões e tecnologias a serem utilizados;

- Manter um elevado desempenho e resultados de alto nível.

Para alcançar esses princípios é necessário que o alinhamento dos objetivos seja claro, que a equipe de trabalho tenha um envolvimento em todas as fases, inclusive nas etapas preliminares. Outros fatores determinantes são a transparência da possibilidade de riscos e de recompensas, a definição das responsabilidades e a implementação de uma estrutura de gerenciamento para a tomada de diretrizes e decisões.

O conceito de **Lean Construction** ou produção enxuta foi trabalhado nos diversos setores industriais e pode ser transportado para a construção civil. Conforme estudos de Jorgensen e Emmitt (2008) a sua definição é bem ampla e se refere a um conjunto de medidas que visam reduzir etapas do processo de produção consideradas improdutivas, com a finalidade de diminuir o desperdício, maximizar a produção, aumentar a qualidade dos produtos e atender as demandas do consumidor final. As práticas *Lean* possuem uma tendência de analisar todo o ciclo de vida do empreendimento adaptando e melhorando os produtos para atender as necessidades dos agentes envolvidos no processo de produção.

A produção enxuta pode ser agregada no mercado da AEC por meio do *Lean Project Delivery System* (LPDS) que é uma metodologia que integra as fases de projeto e de construção dentro de um único sistema de produção. Esse conceito visa à redução de desperdício, o aumento de valor agregado, com melhores soluções para a construção e para o cliente e deve ser aplicado em etapas preliminares de planejamento do empreendimento (OGUNBIYI *et. al.*, 2012).

Os autores Rezek, Freitas e Scheer (2021) verificaram diversos artigos e apontam que existe uma sinergia entre o BIM e o *Lean Construction*. Dentre as contribuições proporcionadas pela utilização desses processos destacam-se a redução de desperdícios, aumento da geração de valor, a melhoria do gerenciamento que é facilitado por uma plataforma para a troca e compartilhamento de informações relacionadas a produtos.

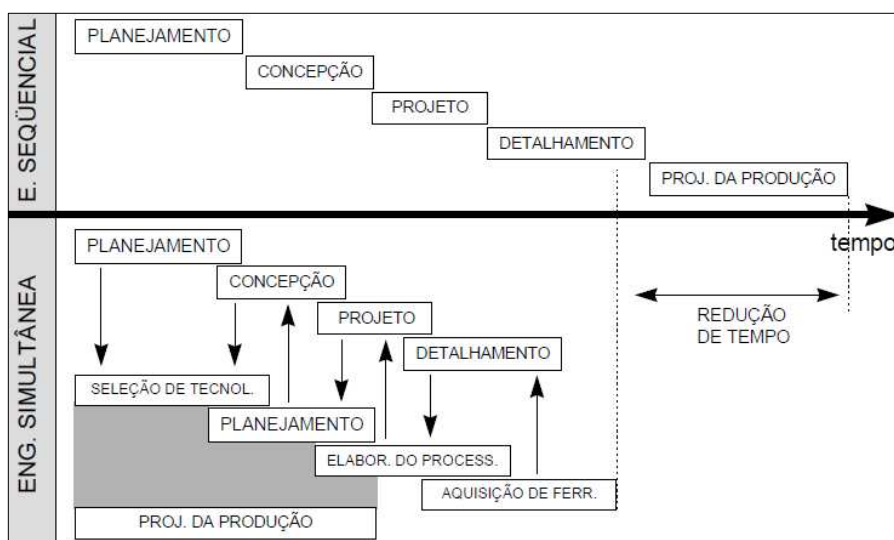
A **Engenharia Simultânea (ES)** é tema específico de diversos trabalhos acadêmicos e pode ser conceituado como:

Uma abordagem sistemática para o desenvolvimento integrado de produtos que enfatiza o atendimento das expectativas dos clientes. Inclui valores de trabalho em equipe, tais como cooperação, confiança e compartilhamento, de forma que as decisões sejam tomadas, no início do processo, em grandes intervalos de trabalho paralelo incluindo todas as perspectivas do ciclo de vida, sincronizadas com pequenas modificações para produzir consenso (ASHLEY, 1992; PRASAD, 1996 *apud* CRESPO, 2014, p. 3).

O objetivo da Engenharia Simultânea é substituir as tentativas de compatibilização, em etapas já acabadas de projetos, por uma integração entre uma equipe multidisciplinar nas fases de concepção e desenvolvimento deles. Isso possibilita maior assertividade nas decisões tomadas e a execução de etapas da produção paralelamente (CRESPO, 2014).

A figura 25 representa a redução de tempo com a aplicação da Engenharia Simultânea, em comparação com os processos executados sequencialmente. Com essa metodologia as etapas devem ter uma execução paralela com mais dinamismo e integração de todos os agentes envolvidos na produção.

Figura 25: Engenharia sequencial e engenharia simultânea.



Fonte: adaptado de Weck *et. al.* (1991) *apud* Takahashi (1996).

Segundo Minto (2002) a Engenharia Simultânea gera benefícios ao longo de todas as etapas do empreendimento. O autor ressalta que nesse processo devem ser

efetivados esforços para aumento da tomada de decisões, da colaboração e da integração em etapas preliminares como no desenvolvimento do escopo de serviços, na concepção e no planejamento. Quando isso acontece são gerados uma série de benefícios ao longo de todo o ciclo de vida do produto.

A metodologia do **First End Loading (FEL)** é conceituada como um processo implantado por empresas e autarquias que almeja a definição detalhada de um empreendimento em etapas prévias de sua execução. Essa ferramenta foi desenvolvida pelo instituto norte americano *Independent Project Analysis* (IPA), que pode ser definida como um planejamento antecipado (MENDES *et al.* 2011).

O FEL visa a identificação, a definição do escopo do projeto e o alinhamento das necessidades e objetivos do investimento. Com esse planejamento existe uma maior assertividade que os recursos serão conduzidos de forma correta e apenas os empreendimentos economicamente vantajosos serão efetivados. Os principais objetivos, desse método de planejamento, são reduzir os riscos do projeto, aferir a maturidade na etapa de desenvolvimento, elevar a confiança dos investidores, eliminar custos e soluções onerosas e propiciar medidas de performance do projeto para controle e avaliação (MENDES *et al.* 2011).

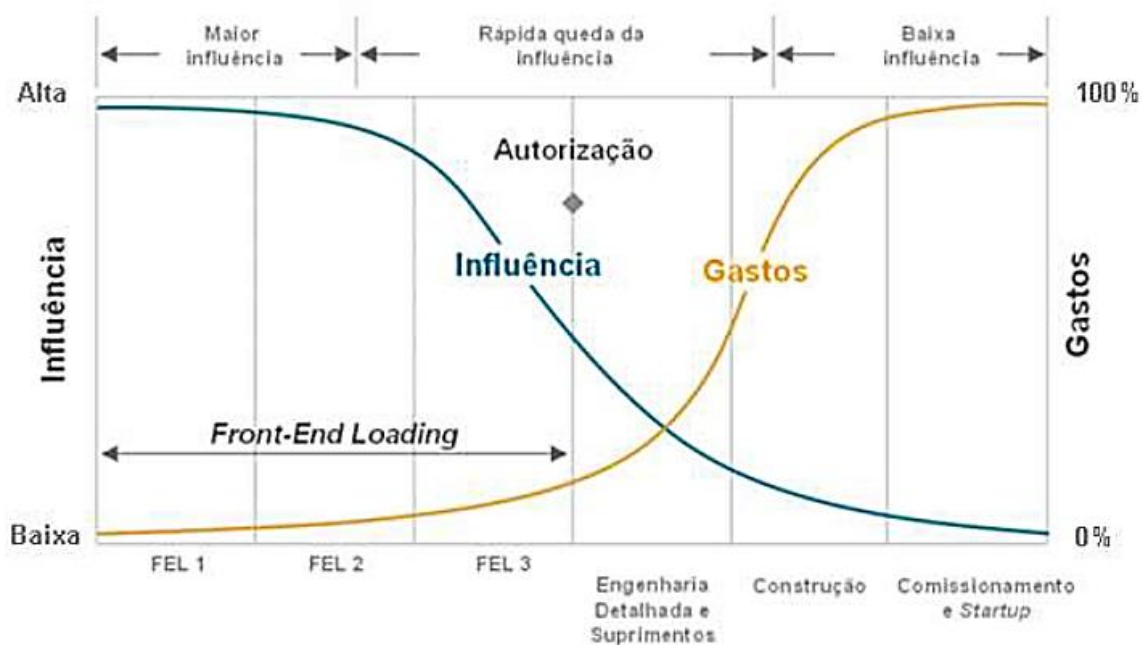
Dentro do ciclo de vida dos empreendimentos são associados diversos processos ao planejamento e a execução. As etapas que antecedem a construção e operação de um empreendimento são divididas em três, e agrupadas em uma fase denominada de “desenvolvimento”. Esses três passos são caracterizados por serem sequenciais, distintos e são denominados como FEL 1, FEL 2 e FEL 3. As fases são conhecidas e conceituadas como:

- FEL 1: Análise do negócio;
- FEL 2: Verificação e seleção de alternativa;
- FEL 3: Planejamento da construção.

A metodologia FEL é um instrumento eficiente que norteia a tomada de decisões, pois preconiza a previsibilidade, a transparência e a competitividade entre os empreendimentos das empresas. O FEL contribui para melhorar os resultados de

segurança, para garantir a excelência nas etapas de operação e resulta em grandes benefícios na comunicação entre os agentes envolvidos nas etapas do ciclo de vida do empreendimento. O IPA define que nas fases do FEL são empenhados 5% até 10% do valor total do projeto. Esse montante pode representar uma influência superior a 90% do custo total do projeto. Além disso o instituto mostra que a influência sobre o empreendimento é maior nas etapas do FEL e reduz gradativamente com o início da construção, onde há o maior empenho de recursos. A figura 26 elucida essa proporção (MENDES *et. al.* 2011).

Figura 26: Grau de influência e gastos nos projetos ao longo do tempo

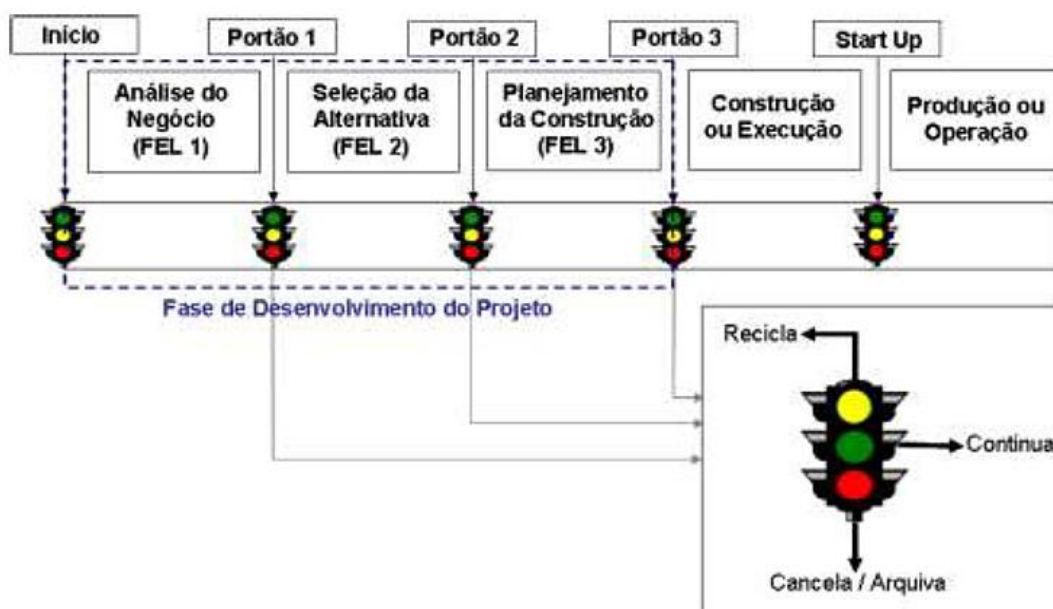


Fonte: Motta *et. al.* (2011, p.105).

Para os autores Mendes *et. al.*, o maior objetivo da metodologia FEL é vincular os itens de custo, de prazo e riscos à estratégia da empresa. Com isso nas etapas de desenvolvimento do FEL deve-se detectar e tratar possíveis desvios antes que os mesmos ocorram e possam prejudicar o andamento do projeto, como por exemplo, gastos desnecessários, retrabalhos e a desconfiança dos investidores. A estratégia adotada dessa metodologia é utilizar documentações técnicas, voltadas para as áreas de engenharia, como base para o gerenciamento do projeto. Isso garante que o projeto atenda as especificações técnicas necessárias.

Conforme apresentado anteriormente o FEL é composto por fases sequenciais que não se sobrepõem, para cada etapa existem um conjunto de informações e entregáveis. Após a execução dos objetivos entregáveis de cada etapa o projeto passa para uma tomada de decisão denominada de portão (*gate*), caracterizada pelo final da fase. A avaliação do resultado da etapa pode ser vinculada a três ações, que são a aprovação (segue para a próxima etapa), a reciclagem (retorna para fases predecessoras) e o arquivamento em que o projeto é interrompido e finalizado (MENDES; POZNYAKOV, 2022). A figura 27 representa esses cenários dentro das fases que englobam o FEL.

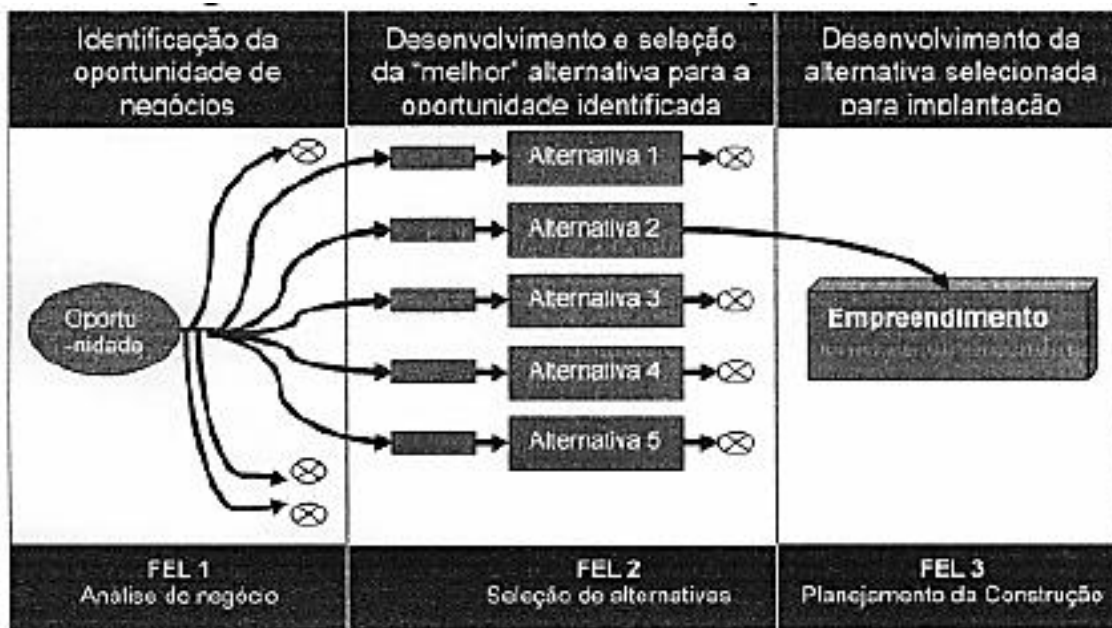
Figura 27: Processo de validação dos portões



Fonte: Motta *et. al.* (2011, p.103).

A figura 28 ilustra que o processo decisório é composto por diversas alternativas e que todas passam pelas avaliações e somente um chega na etapa do FEL 3. Essas avaliações asseguram o aumento da assertividade na tomada de decisões e possibilitam a redução de custos e tempo para execução.

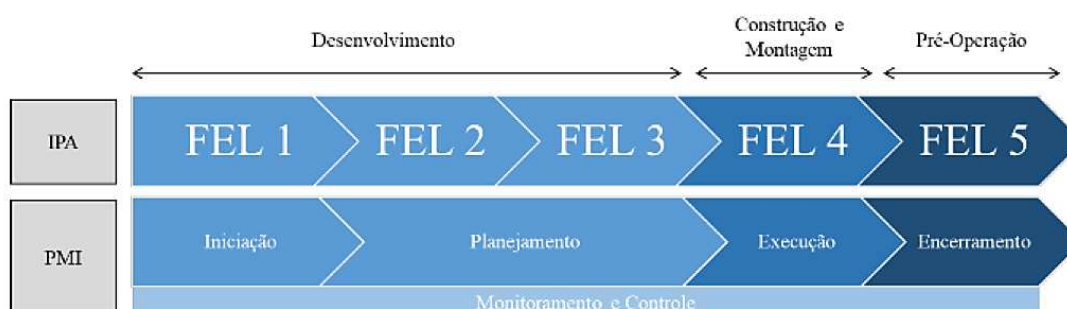
Figura 28: Processo de execução do FEL



Fonte: Mendes e Poznyakov (2022, p.46).

Segundo o autor Mendes e Poznyakov (2022, p.48), é possível atribuir e comparar as abordagens do IPA (FEL) com os cinco grupos de processos do *Project Management Institute* (PMI). Essa equivalência é possível com a ampliação da metodologia do FEL para abranger as etapas de construção e montagem e operação, em FEL 04 e Fel 05. A seguir é apresentada a figura 29 que ilustra essa comparação.

Figura 29: Comparação das abordagens IPA e PMI



Fonte: Mendes e Poznyakov (2022, p.46).

**O *Advanced Work Packaging* (AWP)** e o BIM podem ser caracterizados como processos que proporcionam a modelagem e a gestão de informações de projetos de construção através da confluência e manuseio de dados, que propiciam uma visão

integral do empreendimento e asseguram condições para que as decisões sejam mais precisas (Dalcero *et. al.* 2024, p.2).

A AWP é um método de planejamento e de execução de projetos que consiste na criação de pacotes de trabalho detalhados para aplicação ou construção. Esse método pode ser classificado como uma etapa do processo de melhoria da produtividade, da assertividade e da previsibilidade do projeto que, associado aos trabalhos em um projeto EPC (*Engineering, Procurement and Construction*), estabelece o planejamento inicial e, em sequência, o projeto detalhado para a execução da construção (CII, 2020).

Conforme os conceitos trabalhados pela *Construction Industry Institute* (CII, 2020) A estrutura da AWP é dividida em quatro fases que são explicadas nos tópicos a seguir:

1. Visão Geral (conceito do projeto): nessa fase o projeto é definido e seus objetivos são estabelecidos. Deve-se definir o escopo do projeto, identificar as partes interessadas, seus requisitos e expectativas, avaliar os riscos e desafios.

2. Planejamento (definição do projeto): a fase de planejamento é o detalhamento do projeto e a constituição dos pacotes de trabalho de forma a facilitar suas aplicações e execuções. A divisão dos pacotes de trabalho do projeto é executada através das CWAs (*Construction Work Areas*), que são macro áreas do empreendimento divididas estrategicamente. Essa divisão gera as CWPs (*Construction Work Packages*) que são organizadas por disciplinas. A estruturação das CWPs é interligada e é uma referência para a criação das PWP (*Procurement Work Packaging*) e EWP (*Engineering Work Package*). Nestes pacotes de trabalho devem estar dispostos serviços de suprimentos e engenharia. Esses atributos devem ser organizados por meio de uma análise das necessidades e objetivos das partes integrantes e da compreensão do projeto.

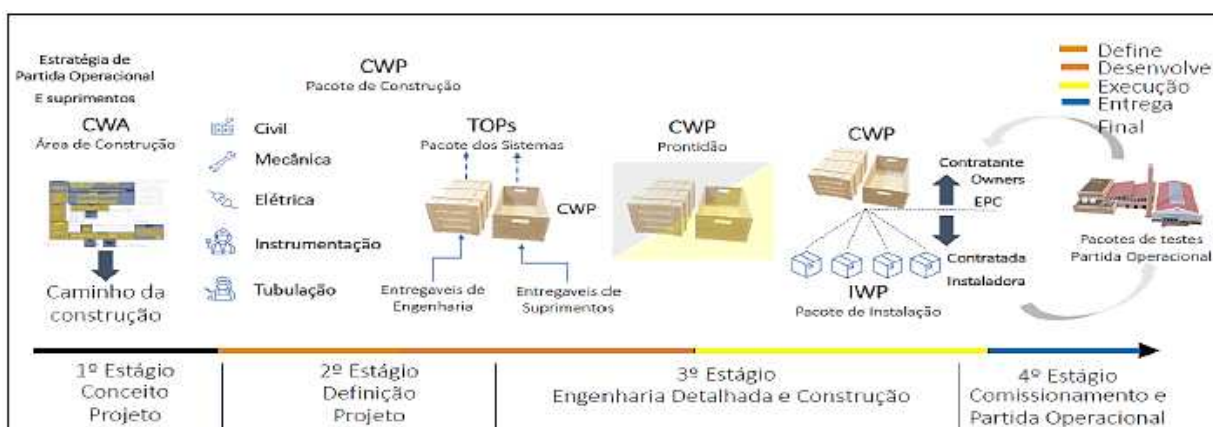
3. Execução (engenharia detalhada e construção): nesta fase executiva das AWP, os pacotes de trabalho são executados e o monitoramento do seu progresso deve ser realizado periodicamente, podendo ser ajustados mediante a nova avaliação de cenários.

4. Encerramento (comissionamento e operação): essa fase compreende a conclusão do empreendimento e a avaliação de seus resultados. Com isso, é

importante documentar as lições aprendidas e as boas práticas para serem implementadas em projetos futuros.

A metodologia AWP preconiza a definição de escopo no início de um projeto, isso garante que as partes integrantes estejam alinhadas de forma proativa, resultando em pacotes mais detalhados e menos retrabalhos. A figura 30 apresenta a divisão desse método conforme as áreas de construção e os pacotes de construção divididos entre as etapas da AWP.

Figura 30: Visão geral da metodologia AWP



Fonte: Carvalho (2024, p.6)

Conforme Carvalho (2024, p.7) a metodologia AWP possui codificação própria e os termos que se aplicam aos métodos de construção para pacotes de construção são divididos em nomenclaturas principais como CWA, EWP, PWP, IWP e SWP. De acordo com o CII (2020), esses termos são definidos da seguinte forma:

- Áreas de trabalho de construção (CWA): essa área de trabalho é definida pela construção, equivalente a divisões de locais de trabalho;
- Pacote de trabalho de construção (CWP): pode ser definida pela divisão lógica e controlável do trabalho na construção;
- Pacote de trabalho de engenharia (EWP): normalmente incluem as listas de documentos, os desenhos, as especificações de instalação, os dados de fornecedores e as listas de materiais;

- Pacote de trabalho de aquisições (PWP): os pacotes de trabalho de aquisições que devem fornecer os insumos necessários para execução das atividades e coordenação dos serviços;
- Pacote de trabalho de instalação (IWP): os pacotes de trabalho que são executados, operados e mantidos através dos dados fornecidos pela EWP e PWP;
- Planejamento presencial de trabalho (WFP): é o processo de organização das informações necessárias para desenvolver um pacote de trabalho completo antes de iniciar uma atividade.

A metodologia AWP pode ser aplicada em projetos de diferentes escalas, uma vez que não apresenta particularidades. Esse método se destaca dos convencionais em projetos de maior porte, uma vez que a divisão física das obras poderá ser mais explorada onde há complexidade, pode ser implantada nas diversas fases do projeto, o uso pode ser feito também por empresas de serviços especializados de engenharia. Os benefícios da implantação são o amadurecimento da organização interna dos projetos, aumento de previsibilidade, melhora na qualidade das entregas, ganho de produtividade e redução de custos (Dalcerro *et. al.* 2024, p.5).

As ferramentas aplicadas em gestão de projetos possuem aspectos complementares que se aplicadas simultaneamente propiciam resultados mais condizentes ao anseio da aplicação. Em um estudo de caso exposto por Andery e Basilio (2025, p.7) verificou-se que a implementação dos conceitos e ferramentas de *Lean Construction* e *Advanced Work Packaging* proporcionou benefícios e resultados positivos nos processos do objeto de estudo. O principal objetivo aferido foi a disseminação das informações e transparência em métodos de gestão o que gerou uma visão uniforme e geral da implantação e a compreensão por todo o time de colaboradores. Os meios de gestão supracitados propiciam o controle e o acompanhamento preciso das atividades planejadas. Esse fato garante a resolução mais rápida de eventuais problemas, o sequenciamento adequado das tarefas e a aderência do cronograma ao executado.

### 3 METODOLOGIA

O método de pesquisa ou metodologia científica é uma importante referência que tem como principal objetivo descrever a maneira que o estudo foi desenvolvido. De acordo com Dresch *et al.* (2015) o objetivo do método de pesquisa é nortear ou direcionar o pesquisador para as respostas e resultados de seu trabalho. Quando feito de forma coerente ele contribui para assegurar a confiabilidade da pesquisa, dos resultados e das respostas aos questionamentos levantados.

Dentro da aplicação conceitual listada nos estudos de Hevner *et.at.*(2004), destaca-se que o *Design Science Research* (DSR) é um meio de pesquisa que deve aplicado com o estudo de um processo que pode ser controlado onde são apresentadas as suas métricas e qualidades. O autor descreve as sete diretrizes básicas que norteiam os trabalhos de DSR, as mesmas podem ser vistas no quadro 03.

Quadro 3: Principais diretrizes do DSR

Diretrizes do DSR conforme Henver et al	
Diretriz	Conceito
1	Desenvolver um produto ou obter resultado aplicável.
2	Objetivo é obter soluções tecnológicas para problemas relevantes.
3	A utilidade, a qualidade e a eficiência da pesquisa devem ser demonstradas por métodos de avaliações.
4	A pesquisa deve fornecer dados claros e contribuições verificáveis na área de conhecimento.
5	Aplicação metodológica no desenvolvimento e avaliação da pesquisa.
6	Utilização de meios adequados para alcançar os resultados e satisfazer as normas de pesquisa.
7	Apresentação dos resultados de forma eficaz nos meios de interesse.

Fonte: Adaptado de Hevner *et.at.*, 2004.

Para o desenvolvimento do trabalho foram incorporados de métodos mistos no escopo do DSR, isso representa uma estratégia metodológica capaz de ampliar substancialmente a robustez e a validade empírica do processo de investigação. De acordo com Creswell (2007), a adoção de métodos mistos possibilita a integração sistemática de procedimentos quantitativos e qualitativos, permitindo que diferentes

formas de coleta, análise e interpretação de dados sejam articuladas de modo complementar, fortalecendo a compreensão multidimensional do fenômeno estudado. Essa perspectiva integradora converge com os princípios fundacionais do DSR, que demandam, simultaneamente, rigor científico, relevância prática e avaliação iterativa do artefato em desenvolvimento. No âmbito desse método, a fase de identificação e estruturação do problema tende a beneficiar-se de abordagens qualitativas, as quais permitem captar nuances contextuais, percepções de *stakeholders* e requisitos não explícitos, que são elementos essenciais para a formulação adequada das especificações do artefato. Posteriormente, a etapa de avaliação se ancora em procedimentos predominantemente quantitativos, que possibilitam mensurar desempenho, eficácia, eficiência e demais métricas necessárias para validar objetivamente a solução proposta. Assim, ao articular métodos mistos ao DSR, a pesquisa estabelece um ciclo investigativo mais completo, no qual compreensão contextual, construção e avaliação sistemática se inter-relacionam de maneira coerente, favorecendo a produção de conhecimento científico aplicável, metodologicamente consistente e alinhado às demandas complexas dos ambientes organizacionais e tecnológicos contemporâneos.

Segundo definições recentes (Vom Brocke, Hevner e Maedche, 2020), o DSR visa criar artefatos que melhorem contextos reais de aplicação, ao mesmo tempo em que gera conhecimento de *design* capaz de explicar por que e como esses artefatos funcionam em determinados contextos. Em síntese, o DSR contemporâneo não se limita a construir soluções; ele busca produzir teorias de design, princípios e conhecimento transferível para outras situações similares.

Os autores Hevner e Gregor (2013) conceituam que os estudos e trabalhos elaborados com DSR sejam executados seguindo passos metodológicos que possam contribuir para a pesquisa e compor uma base de conhecimento sólida. A seguir são apresentadas, em tópicos, as etapas da pesquisa associadas aos conceitos do DSR, em sequência à descrição de cada item.

- a) Identificar o problema ou uma situação para estudo;
- b) Definir a solução e os objetivos dentro dos conceitos publicados;

- c) Exemplificar e demonstrar as características do desenvolvimento de um projeto em BIM;
- d) Verificação da maturidade dos processos e conceitos do estudo de caso;
- e) Avaliação dos resultados e proposição de aperfeiçoamentos;
- f) Comunicação com os meios de interesse.

### **Identificar o problema ou uma situação para estudo**

A etapa preliminar do trabalho foi referente à contextualização do tema por meio de pesquisas em projetos existentes, de análises, de estudos e da verificação de publicações de autores que atuam no campo do BIM. A presente tese ilustrou essa etapa com a formalização do problema de pesquisa, da contextualização e da justificativa que foram descritas no capítulo de introdução. Essa obteve subsídios teóricos e práticos que definiram a solução do problema, os métodos das avaliações, a análise comparativa dos resultados e as propostas de aperfeiçoamentos nos meios de aferir a maturidade do BIM. Ressalta-se que o presente trabalho foi uma sequência de estudos elaborados pelo autor, o que resulta na consolidação de conceitos e fundamentos.

### **Definir a solução e os objetivos dentro dos conceitos publicadas**

A análise dos principais dados e informações obtidos na etapa anterior subsidiou o desenvolvimento da fundamentação teórica que abrangeu os principais paradigmas que envolvem o tema do BIM, os conceitos de gestão de projetos e da verificação do grau de maturidade. Parte dos fundamentos e conceitos foram extraídos de estudos de estudos anteriores executados pelo autor. As análises consistentes dos dados e das informações sobre os principais pontos que abrangem a pesquisa subsidiaram as propostas de soluções para o aperfeiçoamento do processo que envolve a avaliação da maturidade do BIM. Essa solução de aperfeiçoar os meios de avaliações, vinculada à exposição do grau de maturidade de implantação do BIM se fundamentou na necessidade de disseminação de informações para subsidiar futuros trabalhos técnicos e práticos. Essa etapa definiu, também, os principais objetivos da pesquisa, que foram divididos em objetivo geral e objetivos específicos.

## **Exemplificar e demonstrar as características para o desenvolvimento de um projeto em BIM**

Essa etapa pode ser considerada fundamental para a aplicação da solução proposta e obtenção dos resultados da pesquisa. Nessa fase descreveu-se o estudo de caso, que foi o objeto das avaliações. Essa exposição foi feita para que sejam associadas as suas características aos principais conceitos atribuídos ao BIM por meio da execução das avaliações do grau de maturidade.

O empreendimento analisado foi inserido no contexto industrial de engenharia de projetos de capital, que é descrito no capítulo 04 da presente tese. A escolha desse objeto de estudo se fundamentou em dois aspectos. O primeiro é que ele se enquadrou em um empreendimento que foi desenvolvido com aplicações dos conceitos do BIM. Esse fato foi uma premissa para avaliar o grau de maturidade e para expor os critérios utilizados, o que subsidia a disseminação de informações no mercado da AECO. O segundo fundamento foi a facilidade de dispor das informações necessárias para verificar as métricas e as competências avaliadas. O autor participou ativamente como integrante da equipe de projeto do empreendimento. A empresa autorizou a análise do empreendimento nos moldes descritos na metodologia sem que fosse explicitado o seu nome.

## **Verificação da maturidade dos processos e conceitos do estudo de caso**

Para verificar a maturidade dos processos foi importante validar a aplicação dos conceitos trabalhados na fundamentação teórica ao estudo de casos e nas proposições de aprimoramentos. Essas concepções subsidiaram, ainda, o desenvolvimento das avaliações da maturidade do BIM através de duas metodologias expostas na fundamentação teórica. Ressalta-se que o autor analisou de forma imparcial o cenário e os meios de aplicação do BIM no empreendimento.

A implantação do BIM foi avaliada por dois métodos que foram a Matriz de Maturidade do BIM e o *Virtual Design Construction (VDC) Scorecard*. As duas avaliações propiciaram uma análise comparativa dos resultados e a verificação de etapas passíveis de aprimoramentos. A escolha desses métodos foi fundamentada nos

critérios de disseminação das informações e da aplicabilidade ao objeto de estudo. Ambos são consagrados dentro do meio acadêmico, que envolvem práticas de gestão de projetos, eles têm uma escala de mercado elevada por possuírem disposição de informações e são referências para aferir o grau de maturidade do BIM. Os resultados das avaliações vão subsidiar, nessa etapa, as oportunidades de melhorias nas práticas do projeto analisado.

O projeto analisado possuiu um ciclo de vida com etapas definidas pela organização. A avaliação da maturidade se limita as etapas de engenharia de projetos (conceituais e detalhados), a fabricação, a construção e montagem que se encerraram com a entrega dos resultados para os setores de manutenção e operação. Outro fator limitador da avaliação foi a dimensão do empreendimento, o qual foi caracterizado como de grande porte. Com isso, a avaliação foi direcionada para uma seção do projeto que foi denominada de *Construction Work Area (CWA) 03*. A escolha de um pacote foi necessária devido à dimensão do empreendimento que é incompatível com a possibilidade de exposição e de avaliação dentro da tese.

### **Avaliação dos resultados e proposição de aperfeiçoamentos**

A avaliação dos resultados foi uma etapa da pesquisa que expõe os principais resultados obtidos em três campos, que são divididos nos itens do capítulo 06. A primeira análise foi a comparação entre os resultados da maturidade do BIM encontrados na avaliação do empreendimento executada pelos dois métodos. Em sequência, no mesmo item, desenvolveu-se uma correlação entre as competências e as métricas das avaliações. A segunda análise comparativa se iniciou com a exposição dos critérios de avaliação que foram vinculados às etapas e aos processos de ambas as metodologias. Sendo assim, essa análise comparativa visou aferir pontos que dentro das avaliações tiveram oportunidades de aperfeiçoamento. A avaliação do empreendimento é essencial para o aprofundamento no modo de aplicação da Matriz de Maturidade BIM e o VDC *Scorecard* e subsidiou grande parte das proposições de melhorias. A terceira análise contempla as proposições de melhorias e a vinculação das etapas de cada método a elas, com a finalidade de aperfeiçoá-las.

## Comunicação com os meios de interesse

A presente pesquisa teve como meta mitigar o problema de implantação dos procedimentos do BIM com baixa assertividade. Esse fato se concretizou através da comunicação e da disseminação de informações com todos os meios de interesse vinculados ao tema. Por envolver um estudo de caso vinculado aos fundamentos teóricos, às principais empresas do mercado da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) devem ter acesso, para isso foram publicados artigos em periódicos de ampla comunicação. Os capítulos 06 e 07 expuseram as contribuições teóricas e práticas da tese. O capítulo de considerações finais abrangeu os principais objetivos alcançados e as principais informações expostas ao longo do trabalho. O quadro 04 associa as fases da pesquisa DSR, supracitada às principais atividades necessárias para a sua execução e para a solução do problema.

Quadro 4: Principais atividades desenvolvidas em cada fase do DSR

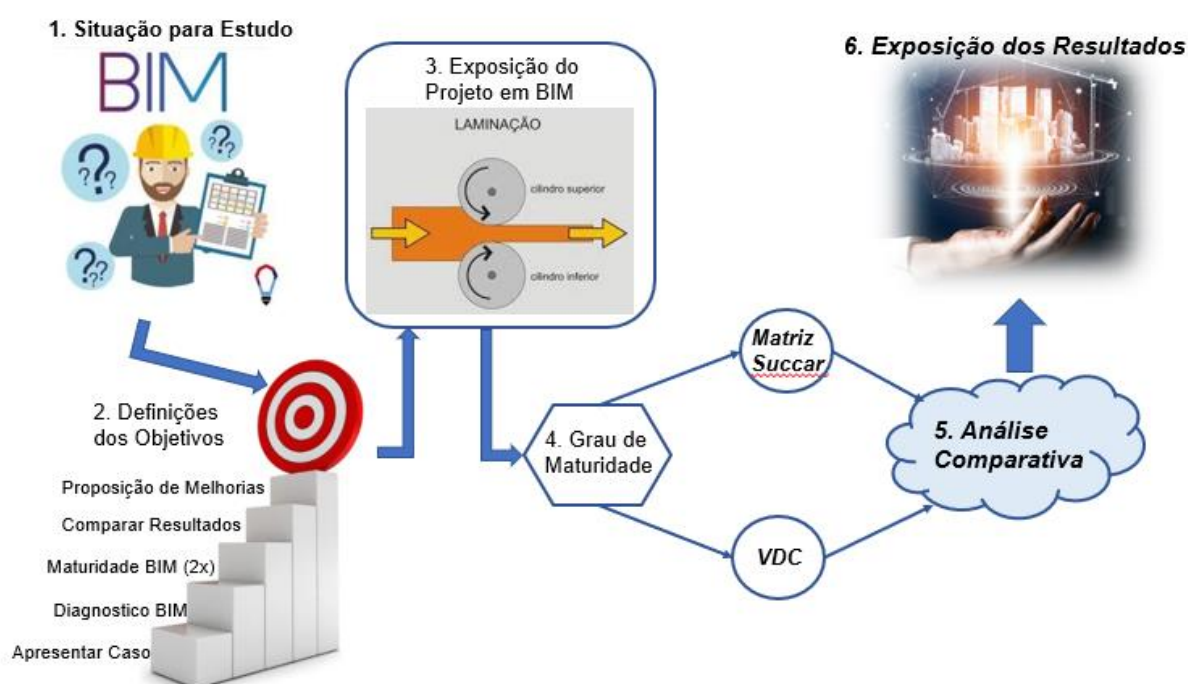
<b>Fases da Pesquisa</b>	<b>Atividades</b>
<b>Fase 1 Identificar o problema</b>	-> Contextualizar o tema de gestão de projetos em BIM; -> Definir o problema de pesquisa; -> Obter a base de dados e informações teóricas e práticas para definir e identificar possíveis melhorias de um processo.
<b>Fase 2 Definição da solução e objetivos</b>	-> Exemplificar metodologias de avaliação da maturidade para empreendimentos e implantações do BIM; -> Elaborar a fundamentação teórica; -> Definir os objetivos que podem ser alcançados com o pesquisado.
<b>Fase 3 Exemplificar o objeto de estudo</b>	-> Expor os principais conceitos utilizados no projeto estudado e o material coletado para a avaliação/diagnóstico. -> Apresentar os principais conceitos de BIM e gestão de projetos utilizados no empreendimento; -> Justificar a escolha do objeto de estudo.
<b>Fase 4 Verificação da maturidade</b>	-> Executar as avaliações dos níveis de maturidade BIM do projeto por dois métodos consagrados; -> Definir as limitações da análise; -> Indicar melhorias no projeto objeto de estudo.
<b>Fase 5 Avaliação dos resultados</b>	-> Análise comparativa dos níveis de maturidade; -> Avaliação dos métodos utilizados; -> Proposição de melhorias pontuais em cada método; -> Avaliar os resultados perante os objetivos da pesquisa;
<b>Fase 6 Exposição</b>	-> Exposição dos principais objetivos alcançados e as principais informações expostas ao longo do trabalho; -> Aferir a contribuição teórica e prática da tese.

Fonte: Autor, 2023.

## Estrutura das fases da pesquisa (framework)

A figura 31 ilustra as fases da pesquisa de maneira gráfica com as suas etapas e os resultados alcançados. A estrutura apresenta os tópicos numerados relacionados as fases da pesquisa expostas anteriormente.

Figura 31: *Framework* das fases da pesquisa



Fonte: Autor, 2025.

A execução da pesquisa com as diretrizes metodológicas expostas propicia a aplicação das avaliações em trabalhos e projetos. O empreendimento foi finalizado no final de 2024 e as avaliações foram iniciadas no mesmo período. O caráter imparcial do autor foi fundamental para atribuir lições aprendidas e aperfeiçoamentos nas práticas de gestão de projetos. O objeto de estudo real fomenta a implantação de avaliações em empreendimentos similares proporcionando a aplicação dos benefícios preconizados no BIM e em futuras expansões.

## **4 ESTUDO DE CASO – APLICAÇÃO DO BIM EM UM EMPREENDIMENTO INDUSTRIAL**

A análise do empreendimento, detalhado a seguir, foi válida com o fato de que o autor da tese participou ativamente como especialista de uma disciplina de projetos desde a fase de desenvolvimento da engenharia até a implantação. Como um membro da equipe de colaboradores que participaram do projeto, o acesso a informações e a vivência nas rotinas de gestão de projetos foram grandes diferenciais para aferir o seu grau de maturidade da implantação do BIM. Os fatores supracitados são as principais justificativas para a escolha desse objeto como estudo de caso.

Os empreendimentos implantados com o uso da metodologia do BIM possuem características específicas em cada etapa do ciclo de vida. A avaliação do grau de maturidade proposta para o estudo de caso abrange as fases de desenvolvimento das engenharias conceituais e detalhadas, a elaboração da documentação, a fabricação, a logística de construção, a execução, a montagem e a entrega para os setores de operação e manutenção. Ressalta-se que apesar da avaliação ser limitada até a entrega dos documentos dos serviços para esses setores, os resultados inerentes com a implantação do BIM se perpetuam em todo o ciclo de vida do empreendimento. O objeto de análise é o projeto que teve algumas práticas inerentes as normas organizacionais.

### **4.1 Introdução ao escopo do estudo de caso**

O projeto a ser analisado se trata de um *Construction Work Area* (CWA) de uma ampliação de grande porte na linha de montagem de uma das maiores e mais relevantes empresas de siderurgia atuantes no Brasil. Essa expansão faz parte de um plano diretor estruturado que tem como objetivo a melhoria e ampliação contínua dentro dos processos de laminação de planos da empresa em questão. A etapa da ampliação consiste em inserir diversos equipamentos e construir uma infraestrutura para alcançar um acréscimo na produção estimado em 40%.

O empreendimento a ser estudado envolve diversas obras dentro do setor de laminação que melhoraram a produtividade. O acréscimo da produção de bobinas

resultou na necessidade da construção, ainda, de um galpão de armazenamento, uma sala de controle, vias e ramais ferroviários para acesso e escoamento da produção, um sistema de drenagem e esgotamento sanitário para as novas instalações. Os benefícios do BIM e propiciam a implantação de empreendimentos de grande porte, o que beneficia diversos setores inclusive empreendimentos conforme o objeto de estudo.

Para o presente trabalho foram analisados os pacotes de serviço que envolvem os projetos do galpão de armazenamento de bobinas, denominados CWA 03. Esses pacotes englobam diversas disciplinas de projeto que foram elaboradas com as tecnologias em BIM. O galpão de bobinas possui interface com as redes ferroviárias e o sistema viário para o escoamento dos produtos. A figura 32 ilustra esse pacote da intervenção para a ampliação do processo de laminação.

Figura 32: Ilustração da projeção do novo galpão



Fonte: Autor, 2025.

Na imagem anterior estão representados a projeção da estrutura metálica do novo galpão de bobinas, ao centro, e a esquerda a linha de produção com os galpões de armazenamento existentes. A figura 33 apresenta uma ilustração dos acessos ferroviários para a expedição de bobinas. Ele está ilustrado com em branco e no meio do seu eixo seis composições de vagões na cor amarela.

Figura 33: Ilustração do novo ramo ferroviário



Fonte: Autor, 2025.

Um fator considerável para a obra foram as infraestruturas de obras viárias, que contemplam a geometria, a terraplenagem e pavimentação para novos acessos. A figura 34 apresenta os acessos rodoviários para transporte e expedição de bobinas. Essas vias são compostas por uma rotatória e por duas alças em nível que interligam o galpão na malha rodoviária local.

Figura 34: Ilustração dos novos acessos viários



Fonte: Autor, 2025.

Essas ampliações e as demais da linha de montagem foram divididas em pacotes de execução nomeados CWAs. Os CWAs foram fundamentais para organizar as etapas

de serviço, para planejar os recursos, para definir os prazos e as responsabilidades. Ressalta-se que essa metodologia de planejamento não é um dispositivo que preconize a implantação do BIM, mas que auxilia as boas práticas de gestão.

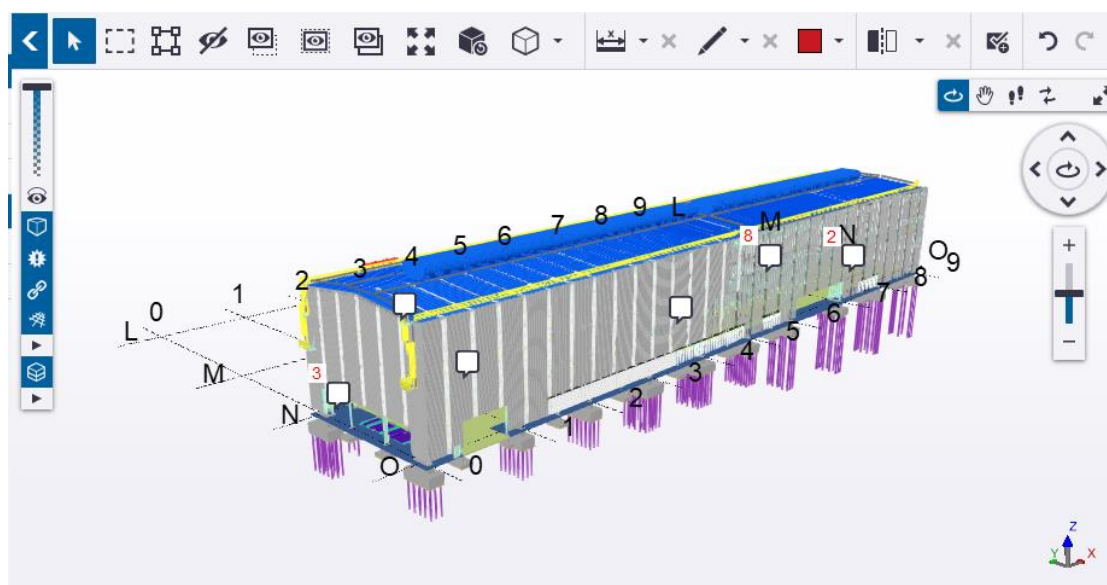
#### **4.1.1 Descrição inicial do CWA analisado**

O Galpão de Bobinas do projeto analisado é uma construção que integra o investimento de melhorias na linha de montagem de uma siderurgia, a sua função primordial é o armazenamento de bobinas e a expedição desses produtos. Com isso ele consiste em uma construção fundamental para o pleno funcionamento da linha de produção. Essa fração do empreendimento foi nomeada como CWA 03 e possui as características físicas descritas a seguir:

- Área = 6.300,00 m<sup>2</sup>;
- Altura (pé direito) = 31,50 metros;
- Largura = 35,00 metros;
- Comprimento = 180,00 metros;
- Capacidade de carga do piso industrial = 23,5 toneladas/m<sup>2</sup>;
- Capacidade de bobinas armazenadas = 1.048 bobinas;
- Número de Pontes Rolantes = 2 unidades;
- O Galpão possui um eletrocentro e uma sala de controle.

A seguir é apresentada a figura 35 que representa o modelo 3D do galpão representando as disciplinas de Concreto Armado e Estruturas Metálicas. O modelo foi desenvolvido em plataformas consagradas e exportado em IFC, todas as versões e revisões estão nessa extensão universal. Todos os modelos foram analisados e compatibilizados nas plataformas *Trimble Connect* e no Ambiente Colaborativo de Dados (CDE) de dados da Autodesk, o *Construction Cloud*.

Figura 35: Vista do modelo do galpão de bobinas CWA 03



Fonte: Autor, 2025.

#### 4.1.2 Projetos desenvolvidos para o galpão de armazenamento de bobinas

Para a construção do galpão de armazenamento de bobinas foram necessários trabalhos multidisciplinares que envolveram profissionais de diversas disciplinas de projetos e todos os agentes envolvidos na cadeia de implantação do empreendimento. As disciplinas de projeto envolvidas foram de concreto armado, drenagem, esgoto sanitário, geometria viária e ferroviária, estruturas metálicas, iluminação, elétrica, mecânica, tubulação, sistema de proteção e combate a incêndio, aterramento e Circuito Fechado de Televisão (CFTV). A seguir são destacados os aspectos mais relevantes de parte das disciplinas de projeto que são alvos desse estudo.

*Projeto de concreto armado:* a disciplina de concreto armado envolveu a elaboração dos projetos e construção das fundações em estacas metálicas, blocos de coroamento e sapatas. Ressalta-se que os carregamentos dos pisos industriais são elevados que geraram a necessidade de cálculos para serem concebidos em concreto armado e com a previsão de reforço da camada de solo anterior ao piso.

*Projetos de drenagem e esgotamento sanitário:* para essa parte do empreendimento foram desenvolvidos projetos de drenagem da cobertura do galpão, das vias de

acesso e da sala de controle. A sala de controle envolveu, ainda, os projetos referentes ao esgotamento sanitário.

*Projetos de geometria viária:* essa disciplina de projeto envolve o dimensionamento das vias de acesso rodoviário ao galpão, isso abrange os projetos geométricos, de terraplenagem, pavimentação e da drenagem viária. Ressalta-se que esses projetos foram desenvolvidos por uma plataforma tradicional sem a modelagem 3D, porém o sistema de acompanhamento, reuniões e disseminação da informação foi feito conforme as demais disciplinas do projeto.

*Projetos ferroviários:* essa disciplina envolveu projetos de adaptações no ramal ferroviário existente, inclusão de um novo Aparelho de Mudança Via (AMV) e a construção de uma nova linha ferroviária para entrar no galpão de bobinas e agilizar o escoamento. A linha que entra no galpão possui aproximadamente 250 metros. Ressalta-se que esses projetos foram desenvolvidos por uma plataforma tradicional sem a modelagem 3D, porém o sistema de acompanhamento, reuniões e disseminação da informação foi feito conforme as demais disciplinas do projeto.

*Projetos de estruturas metálicas:* essa disciplina envolve o desenvolvimento da engenharia detalhada, modelagem e construção da estrutura de fechamento do galpão, de suporte das pontes rolantes e demais acessórios metálicos do galpão, tais como as passarelas, os guarda corpos e corrimãos, os acessos, suportes para os bandejamentos e as escadas.

*Projetos de iluminação:* essa disciplina envolve a iluminação necessária para as funcionalidades externas e internas do novo galpão de bobinas, a iluminação dos acessos de pessoas e veículos e da sala de controle.

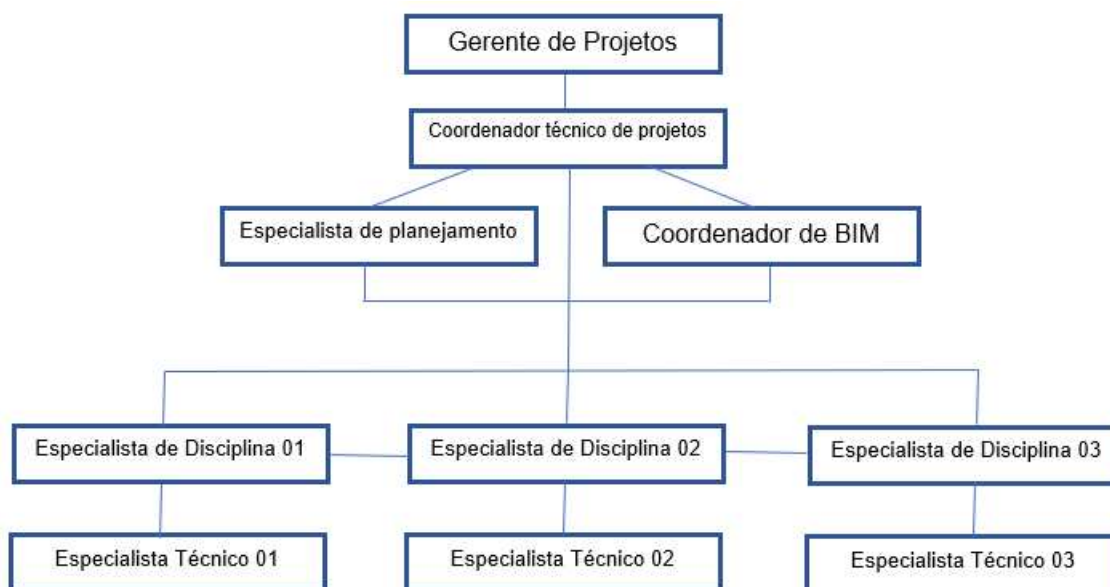
*Projetos referentes aos dispositivos de elétrica e automação:* essas disciplinas envolvem o dimensionamento das bandejas para a passagem de cabos, os pontos de alimentação, o dimensionamento do eletrocentro, as rotas de cabos para a alimentação elétrica do galpão e dos equipamentos inerentes a sua operação e funcionamento da sala de controle. Dentro desse tópico destacam-se os circuitos de CFTV e os sistemas de automação.

*Projetos de mecânica e de tubulação:* Essas disciplinas envolvem o dimensionamento e o desenvolvimento das engenharias de duas pontes rolantes para transporte interno de bobinas no galpão. As tubulações dimensionadas e executadas no galpão foram aquelas de Proteção e de Combate a Incêndio (PCI) e para as redes de água industrial.

#### 4.1.3 Organograma

Para a execução das engenharias de um grande empreendimento é necessária uma robusta equipe de projeto, dentro dessa realidade foram avaliadas as funções fundamentais para compor a equipe de projeto. A figura 36 apresenta um organograma básico com as principais funções que participaram diretamente da elaboração dos projetos de engenharia em BIM para o Galpão em estudo. Ressalta-se que nesse tópico são apresentadas as funções que participaram da análise e da verificação dos projetos, dos modelos, da definição dos parâmetros de modelagem e das reuniões com os agentes envolvidos no empreendimento.

Figura 36: Vista do organograma do projeto do galpão de bobinas



Fonte: Autor, 2025.

Para a execução dos projetos e modelos foram contratadas empresas especializadas em projetos utilizando as plataformas e os métodos preconizados no BIM. Com isso o

organograma supracitado não contempla os projetistas e os especialistas das empresas contratadas. A seguir são apresentadas algumas das funções dos cargos, que se limitam à aquelas que possuem maior interface com as características de um empreendimento desenvolvido em BIM.

*Gerente de Projetos:* a principal responsabilidade desse cargo é a interface e gestão da equipe de projetos interna com os demais *stakeholders* do empreendimento. Dentro dessa tarefa incluem-se as delimitações dos escopos, as elaborações das especificações técnicas de construção, de montagem e a interface com os demais gestores que englobam o restante das áreas de construções ou CWAs.

*Coordenador Técnico de Projetos:* a principal função para a implantação do BIM no empreendimento é a coordenação do desenvolvimento das soluções de projeto e o detalhamento da engenharia, que engloba a compatibilização das soluções, a verificação de interferências, a interface com os agentes de operação, de produção, a designação de funções para os especialistas e a análise do desempenho das empresas contratadas para o desenvolvimento dos projetos. Ressalta-se que a metodologia de modelagem e execução dos projetos em BIM foi uma diretriz do Coordenador de Projeto que participou ativamente da seleção dos especialistas e do coordenador que gerenciou o BIM.

*Especialista de Planejamento:* o Especialista de Planejamento teve como principais funções o controle dos prazos e das entregas, das alterações de escopo, o agendamento da rotina de reuniões, de visitas técnicas, o acompanhamento das reuniões internas e externas nas empresas contratadas e o repasse de informações gerenciais sobre o andamento dos serviços para os demais gestores do empreendimento.

*Coordenador de BIM:* o Coordenador de Projetos em BIM é o principal responsável pela estruturação do Ambiente Comum de Dados, pelo envio de diretrizes, dos parâmetros de modelagem para a empresa projetista, pela análise e verificação dos modelos com a compatibilização dos parâmetros interdisciplinares. Dentre as funções destacam-se a estruturação do Ambiente Comum de Dados, a definição dos acessos

aos modelos, a verificação do andamento das pendências, o auxílio na criação dos problemas das soluções de projeto e de interferências multidisciplinares.

*Especialista 01 das Disciplinas de Projetos:* o Especialista 01 é um profissional com expertise em uma disciplina de projeto, porém com a visão que abrange a elaboração das soluções integradas com outras especialidades. As principais funções desenvolvidas foram a aprovação das engenharias detalhadas, as verificações das interferências dos projetos, dos modelos com o existente, a validação e o fornecimento de dados e informações globais do empreendimento.

*Especialista Técnico das Disciplinas de Projetos:* O especialista técnico desenvolveu uma função de análise e verificação técnica dentro da disciplina de projeto na qual ele é especializado. Dentre as suas funções estão a validação da engenharia, o acompanhamento do desenvolvimento técnico dos projetos, dos modelos e das soluções propostas pelas empresas projetistas.

As características fundamentais de todos os agentes listados para o desenvolvimento das engenharias são possuir histórico de trabalhos desenvolvidos de forma multidisciplinar, se possível em BIM, ter participado de empreendimentos com o envolvimento de diversos agentes de projetos e demais *stakeholders*, como aqueles responsáveis pela operação e manutenção.

Essa intervenção na linha de produção teve como objetivos principais a melhoria contínua dos métodos de fabricação e a grande ampliação da capacidade produtiva da empresa em análise. Dentro dessa realidade a interface com os responsáveis pela operação e manutenção foi uma rotina e uma preocupação eminente. Aproximação dos agentes (manutenção e operação) com as soluções de projeto eram aplicadas como metas e inclusive essas pessoas eram descritas como clientes a serem atendidos. O escopo esteve definido desde as primeiras entregas, porém sempre com a preocupação da validação dos responsáveis que iriam operar a ampliação do sistema produtivo. Além da modelagem de todos os projetos e soluções executadas foi implantada a possibilidade de visualização de realidade virtual em algumas reuniões de que os clientes participaram. A realidade virtual foi feita com simulações de passagens, validação de acionamento de equipamentos e rotas de emergência.

## **4.2 Conceitos aplicados referentes à gestão de projetos**

O item estudado apresenta as principais práticas de gestão de projetos aplicadas ao objeto de estudo. Essas práticas foram aplicadas em diversas etapas do ciclo de vida do empreendimento e as suas metodologias fomentam a implantação do BIM.

### **4.2.1 Estudos de viabilidade do projeto**

O projeto em análise tem um grande porte e um impacto elevado em investimentos e um prazo de implantação longo. Com isso foram utilizadas as metodologias de análise e estudos que envolvem as etapas do *Front-End Loading* (FEL).

Estudos de viabilidade no contexto da metodologia FEL são estudos realizados na fase inicial de um projeto, visando avaliar a sua viabilidade técnica, econômica e ambiental, antes de investir significativamente em seu desenvolvimento. Esses estudos são fundamentais para determinar se o projeto é uma oportunidade viável para a organização e se deve prosseguir com a sua implementação. Sendo assim, o empreendimento, incluindo o CWA 03, passou por todas as etapas conceituadas no FEL (FEL 1, FEL 2 e FEL 3), que são definidas no referencial teórico. .

### **4.2.2 Rotinas de planejamento e acompanhamento dos entregáveis**

Pode-se considerar como grandes desafios das obras e empreendimentos de grande porte, que envolvem investimentos substanciais, o sistema de planejamento, o controle das entregas e a execução com qualidade dos serviços. No empreendimento em análise existia uma equipe robusta de engenheiros, de técnicos e de especialistas de planejamento para atender às rotinas necessárias e para viabilizar as entregas dentro dos prazos definidos nas etapas de estudo de viabilidade.

Essa equipe foi dividida para abranger todos os pacotes nomeados como CWAs, com isso, para a elaboração dos projetos e a construção do galpão de armazenamento de bobinas teve-se um agente de planejamento dedicado aos entregáveis e à rotina de acompanhamento. O acompanhamento e o desenvolvimento dos projetos foram verificados e apresentados semanalmente para os envolvidos na gestão de projetos.

Para garantir que os produtos entregáveis se consolidassem dentro do prazo e com a dimensão adequada para as etapas subsequentes, foram definidas rotinas de reuniões que seguiram em todas as áreas e serviços do empreendimento. As principais rotinas de reuniões desenvolvidas estão descritas de forma breve em sequência.

*Reuniões de acompanhamento semanais:* as reuniões de acompanhamento semanais eram executadas com os representantes dos fornecedores de serviços. O objetivo principal foi vincular as entregas técnicas aos cronogramas e aos prazos estabelecidos pelo planejamento integrado entre a equipe da empresa e da fornecedora. Nessas reuniões eram discutidas as diretrizes técnicas para elaboração das engenharias, os prazos para fornecer os entregáveis, as definições dos direcionamentos de construção e das entregas dos documentos. Os principais agentes que participaram dessas reuniões foram o Coordenador Técnico de Projeto, o Especialista de Planejamento, o Especialista 01 das Disciplinas de Projetos e o Especialista Técnico das Disciplinas de Projetos. Se o produto fosse uma entrega multidisciplinar, participariam da reunião todos os especialistas envolvidos nas disciplinas, o Coordenador BIM e a equipe designada para a execução do serviço da contratada.

*Reuniões de Design Review:* o *Design Review* é uma reunião que não ocorreu com uma periodicidade definida e poderia ser feita apenas com a equipe interna de análises do projeto ou com o envolvimento dos projetistas colaboradores da empresa fornecedora e dos agentes da operação. Essa reunião é caracterizada por ser multidisciplinar e visa a integração de todas as disciplinas de projeto, inclusive dos profissionais de planejamento. Os entregáveis eram apresentados em forma de modelos e os especialistas avaliavam de forma preliminar as soluções e detectavam possíveis melhorias e interferências entre as disciplinas de projeto e aperfeiçoamentos para a etapa de construção e de execução dos serviços. Essa rotina era fundamental para a entrega de produtos interdisciplinares e com um grau de maturidade elevado.

Em diversos *design reviews* contava-se com a participação de representantes da operação e da gerência do projeto. Essas reuniões seguiam marcos de entregas

multidisciplinares e ocorriam em média de uma externa e uma interna por mês. Classificam-se como externas as reuniões com a participação da empresa fornecedora e internas aquelas com os membros da equipe de projeto.

*Reuniões interdisciplinares com a equipe de engenharia:* as reuniões interdisciplinares com a equipe de engenharia interna ocorreram com uma frequência semanal e incluía a participação do gerente do projeto, do coordenador técnico, do coordenador de BIM, dos especialistas de todas as disciplinas, dos especialistas técnicos e dos especialistas de planejamento. Nessas reuniões se demonstravam a interface entre todas as disciplinas de projeto, as apresentações dos modelos, as verificações de pendências, os atrasos, as interferências, as incompatibilidades e os prazos dos entregáveis, incluindo a quantidade de produtos verificados e aprovados no fluxo de serviço de cada colaborador interno do projeto.

*Reuniões de apresentação das entregas:* as reuniões de entregas foram eventos onde os fornecedores expunham e detalhavam os principais produtos entregues para os especialistas técnicos das disciplinas, elas seriam uma formalização dos projetos entregues e um critério para medição. A recorrência desses eventos não era definida, eles ocorriam sob a demanda dos fornecedores e na finalização de entregáveis.

*Reuniões de exposições dos comentários:* a responsabilidade pela análise técnica dos projetos e produtos entregues era dos especialistas de disciplinas e técnicos. Com isso os produtos recebiam comentários os quais poderiam reprovar ou aprovar com ressalvas esses documentos. Uma boa prática desenvolvida ao longo do empreendimento era a realização de reuniões prévias às entregas definitivas dos produtos comentados. Esses eventos auxiliaram na clareza da comunicação, no entendimento dos comentários e o tempo de tratativa por parte dos fornecedores projetistas reduziu consideravelmente.

#### **4.2.3 Fluxo de análise de documentos**

O empreendimento gerou diversos documentos, dentre eles, relatórios técnicos, projetos básicos, conceituais, detalhados, executivos, planilhas de quantidades e memórias de cálculo. Existe um repositório, a nível organizacional, com todos os

arquivos gerados, que são armazenados em uma cadeia de pastas com siglas que representam a área, tipologia de projetos, fase de execução e a disciplina de projeto para acesso de todos os colaboradores.

Esse repositório gera inúmeras possibilidades de relatórios, de planilhas com filtros, com definições de dados, como por exemplo, os profissionais que verificaram e aprovaram os documentos. Dentro do projeto existiu uma área que era responsável pelo recebimento e encaminhamento para as análises dos documentos entregues dos fornecedores ou gerados internamente. Com isso os arquivos eram direcionados para os profissionais envolvidos em cada disciplina e comentados via repositório. O sistema armazena todos os comentários executados e todas as revisões dos arquivos gerados em cada etapa do empreendimento.

No fluxo de análises dos documentos, existem basicamente duas etapas que são aquelas de verificação e de aprovação. A verificação é feita pelos especialistas técnicos de cada disciplina e o prazo limite para a análise e conclusão dos comentários são de 5 dias. A aprovação era desenvolvida pelos especialistas 01 das disciplinas de projetos e o prazo para a consolidação dos comentários é, também, de 5 dias. Ao longo do projeto um grande desafio era desenvolver métodos para reduzir o prazo de análises e um deles foi a execução de reuniões de apresentação dos entregáveis com elaboração de comentários prévios e de exposição dos produtos comentados.

#### **4.2.4 Rotinas de projetos**

Dentro do empreendimento analisado, os principais entregáveis foram produtos de engenharia, prioritariamente projetos que subsidiaram a construção e montagem dos equipamentos e das estruturas. Grande parte das soluções foi gerada por meio de modelos 3D com a participação multidisciplinar. Os arquivos 2D, inerentes aos mapeamentos e as soluções apresentados nos modelos, foram analisados individualmente pelos especialistas de cada disciplina de projeto. Um fator relevante para o êxito do projeto foi que grande parte dos profissionais envolvidos possuíam experiência em implantações semelhantes e uma visão multidisciplinar a qual integra mais especialidades de projetos e de soluções construtivas.

Dentro dos principais produtos analisados destacam-se as tipologias de projetos básicos e executivos. Usualmente os projetos básicos foram oriundos das empresas fornecedoras dos equipamentos e que envolviam modelos preliminares. Os fornecedores foram, majoritariamente, internacionais, o que gerou uma necessidade de nacionalizar normativamente e validar as soluções em projetos executivos aplicáveis à construção civil nacional.

No caso do CWA 03, o galpão de bobinas, foi um projeto elaborado por empresas nacionais seguindo os níveis de detalhamento conceitual, básico e executivo gerados dos modelos 3D.

### **4.3 Premissas e utilização dos conceitos do BIM**

O objeto em análise se encontra no segmento industrial, onde uma grande parcela dos projetos e obras são investimentos caracterizados por serem do ramo de engenharia de *Capital Expenditure* (CAPEX). Esta sigla refere-se aos gastos que uma empresa realiza em ativos fixos, como equipamentos, máquinas, instalações e imóveis, com o objetivo de aumentar a capacidade produtiva ou de melhorar a qualidade dos produtos e dos serviços. No cenário supracitado existe pouca aplicação do BIM para a execução e implantação dos projetos, sendo assim sua utilização se resume a projetos de grande porte.

Os empreendimentos da indústria AEC se destacam pelas grandes possibilidades de implantações, de melhorias e de busca por inovações para atingir níveis de excelência e de competitividade. No projeto analisado foram dispendidos diversos recursos para alcançar melhorias reais no desenvolvimento e na execução dos serviços.

#### **4.3.1 Modificação na cultura organizacional**

Um aspecto relevante para a implantação de novas tecnologias e metodologias, inclusive aquelas preconizadas no BIM, é a mudança cultural dos participantes da organização e na forma de execução dos serviços.

Dentro desse empreendimento foram realizados diversos treinamentos organizacionais, dentre eles destacam-se aqueles para execução de avaliações e de verificações dos arquivos em desenvolvimento no repositório de armazenamento, o treinamento de verificação dos modelos e seus parâmetros, que inclui a criação de pendências, as proposições de melhorias, de tarefas, de interferências e o treinamento com as funcionalidades do ambiente comum de dados e as possibilidades de recursos que o envolvem. Um exemplo seriam os conhecimentos para implantação dos registros e condução das reuniões dentro dos CDEs.

Conforme mencionado anteriormente, todos os profissionais foram selecionados por terem trabalhado com projetos multidisciplinares e, se possível com o diferencial de terem trabalhado com premissas do BIM. Dentro dos parâmetros que foram verificados desde a etapa da concepção e os estudos de viabilidade, a cultura de uma equipe multidisciplinar foi destaque para o desenvolvimento da engenharia. Isso resultou em benefícios alcançados característicos do IPD. A equipe de trabalho despendia de confiança mútua, inclusive com os agentes contratados e com fornecedores, existia uma definição clara das responsabilidades conforme destacado nos tópicos anteriores e no organograma. A rotina de reuniões favoreceu um ambiente integrado com a possibilidade de troca de conhecimentos, de habilidades e da grande capacidade para resolver os conflitos e de interferências. Destaca-se que uma métrica do projeto é envolver o máximo possível de agentes da cadeia produtiva. A comunicação técnica foi muito satisfatória com destaque para os e-mails automáticos do repositório e do ambiente colaborativo de dados. A transmissão das informações, com toda a equipe do projeto, era feita mensalmente, essa frequência pode ter gerado defasagens no fluxo de informações.

O desempenho técnico sempre foi um objetivo a se alcançar, com isso, foram empenhados recursos que auxiliaram as atividades de cada especialista. Para isso foram definidos os melhores meios de verificação dos produtos bem como tecnologias para aferir interferências, destaca-se a nuvem de pontos com inserção dos projetos.

A organização tem como grande valor técnico a segurança dos colaboradores em executar projetos. Com isso todas as metodologias que possibilitem alcançar bons resultados são analisadas e implantadas. Sendo assim, os principais conceitos do

*Lean Construction* se enquadraram à aplicação desse empreendimento que geram possibilidades de economia de recursos, da assertividade de soluções, da redução de retrabalhos e como consequência o aumento da segurança técnica e física dos colaboradores. O aumento da segurança pode ser relacionado ao *Lean Construction* através do tempo de exposição dos colaboradores ao risco, com um planejamento enxuto e com a ausência de retrabalhos, serão menos horas trabalhadas e uma menor exposição dos funcionários aos riscos inerentes da área industrial.

Dentre a métrica do *Lean Construction* foram integradas as fases de execução do projeto com a empresa de obras dentro de um único meio de produção. No caso do CWA 03 a empresa responsável pelo desenvolvimento dos projetos e a mesma que executou a montagem das estruturas metálicas e o acompanhamento das disciplinas foi executado, de forma integrada, pelos membros da equipe do projeto analisado. Isso proporcionou grandes benefícios para o empreendimento e uma redução enorme de erros e uma grande assertividade no planejamento das atividades que poderiam ser sobrepostas.

Dentro das vantagens supracitadas, destaca-se a ligação interdisciplinar entre as fundações civis e as colunas da estrutura metálica. Essa ligação é feita por meio de chumbadores mecânicos instalados na fase de concretagem nos blocos ou sapatas. Eles são o dispositivo de ligação entre as disciplinas de civil e de estruturas metálicas. As peças da estrutura metálica são fabricadas com orifícios para encaixe no conjunto de chumbadores. Com isso a execução da concretagem deve ser feita com a precisão necessária para sobreposição das chapas das colunas na estrutura civil. No projeto foram utilizados aproximadamente 810 chumbadores dessa tipologia e em nenhum caso tiveram problemas de locação, ou seja, todas as colunas metálicas foram inseridas na posição e com assertividade. Nenhum orifício teve qualquer tipologia de intervenção. As plataformas de modelagem foram fundamentais para compatibilizar os dados das disciplinas de projeto inclusive aquelas inerentes ao exemplo supracitado. Os modelos geraram vistas 2D, que propiciaram a conferência da locação dos chumbadores nos projetos com as plantas de implantações estruturais das fundações.

Dentre os fatores que corroboraram com essa conquista destacam-se a compatibilização dos projetos de forma multidisciplinar, a elaboração da modelagem das soluções e peças em BIM, com objetos paramétricos de diversas disciplinas e a fiscalização da execução pela mesma equipe qualificada que acompanhou o desenvolvimento da engenharia.

#### **4.3.2 Rotina de reuniões com o foco interdisciplinar**

A tomada de decisões era feita pela equipe multidisciplinar, dentro das rotinas de reuniões técnicas ocorria a integração para desenvolver as soluções e as interfaces em conjunto, o que visava a reduções de etapas de compatibilização e verificações. Essa característica da engenharia simultânea possibilitou a redução de prazos de entregas e as aquisições das matérias-primas e dos equipamentos. Outro fator que potencializou a integração foi o Ambiente Comum de Dados, onde todos os participantes tinham acesso e eram enviadas notificações automáticas para os membros envolvidos. Esse ganho está detalhado nos capítulos subsequentes, aquele que será referência ao CDE da modelagem.

Para se obter esses benefícios foram desenvolvidas rotinas de reuniões que visavam a interação entre os especialistas e os demais agentes envolvidos no ciclo de vida do empreendimento, para convergir em soluções que possibilitaram entregas precisas e possibilidades de adiantamentos de prazos. Foram citadas anteriormente as rotinas de reuniões, dentre aquelas detalhadas destacam-se que as reuniões Interdisciplinares com a equipe de especialistas de engenharia, que foram fundamentais para alcançar as vantagens da engenharia simultânea.

#### **4.3.3 Modelagem e compartilhamento dos modelos e informações**

Um grande avanço da indústria da construção foi a elaboração de projetos em três dimensões (3D). Dentre as suas vantagens destacam-se a facilidade de entendimento e de verificações das soluções de projeto, a possibilidade de apresentação e de interface com diversos agentes da cadeia do empreendimento e a detecção de interferências, conflitos e incompatibilidades.

Dentro do cenário supracitado o projeto em análise utilizou majoritariamente plataformas de modelagem 3D, vinculadas ao BIM, para a elaboração dos projetos. As plataformas de modelagem utilizadas foram o Tekla Structures, o Autodesk Revit, o Navisworks e o Autodesk Steel. Todas essas plataformas são consolidadas e possuem ampla aceitação entre os projetistas e os desenvolvedores de soluções construtivas. Um importante aspecto é que todos os modelos foram exportados para a extensão do IFC para que tenham características universais e acesso.

Diversas disciplinas foram modeladas para o CWA 03 e os modelos foram compartilhados em plataformas de compartilhamento de dados, os *Common Data Environment* (CDE). No caso, do empreendimento analisado, tiveram-se duas plataformas, a *Trimble Connect* e a *Autodesk Construction Cloud*. Como os modelos foram desenvolvidos e exportados para o IFC, a sistemática de verificação e de compartilhamento ficou definida pela fornecedora dos projetos. A troca de CDE ocorreu devido ao término das entregas de um dos fornecedores de serviços. Com isso o projeto teve mais de um ambiente comum de dados conforme as expertises de cada empresa.

Os projetos originais do galpão de bobinas foram analisados dentro do *Trimble Connect*, os quais foram desenvolvidas soluções para as disciplinas de civil, de estruturas metálicas, de elétrica, de utilidades (tubulações), de automação, de circuito fechado de televisão (CFTV), de sistema de prevenção contra incêndios (SPCI), equipamentos mecânicos, de sistema de proteção a descargas atmosféricas (SPDA) e de arquitetura. O ambiente da *Trimble* possui a opção de acesso via site na web, com isso os agentes envolvidos precisaram apenas do cadastro e permissão para acessar os documentos dispostos nesse ambiente comum de dados de qualquer dispositivo com internet.

Todas as soluções das disciplinas que foram apresentadas nas estruturas dos itens da figura anterior e foram modeladas de forma individual e incluídas no CDE para a verificação de interferências e criar pendências multidisciplinares. Todos os objetos modelados foram desenvolvidos com parâmetros e com características específicas para os fins que seriam destinados, como por exemplo, a quantificação, a fabricação, para gerar vistas 2Ds, os arquivos para cadastro no repositório e os documentos para

a construção e montagem. A seguir é apresentada a tabela 12 que representa um mapa das plataformas de modelagem utilizadas em cada uma das disciplinas citadas anteriormente.

Tabela 12: Plataformas para modelagem BIM por disciplinas

<b>Mapa de plataformas para modelagem por disciplinas de projeto</b>	
<b>Disciplina de Projeto</b>	<b>Plataforma</b>
Compartilhamento em Nuvem CDE	<i>Trimble Connecte Autodesk Construction Cloud</i>
Estruturas Metálicas	Tekla Structures
Engenharia Civil	SketchUp e Revit
Engenharia Elétrica	Revit-Mechanical, Electrical and Plumbing (MEP)
Utilidades e Tubulação	Revit MEP
Sistema de Automação	Revit MEP
Circuito Fechado de Televisão (CFTV)	Revit MEP
Sistema de Prevenção Contra Incêndios (SPCI)	Revit MEP
Sistema de Proteção a Descargas Atmosféricas (SPDA)	Revit MEP
Suportes das Bobinas	CAD 3D e Navisworks
Equipamentos Mecânicos	Fornecimento externo apenas em IFC
Arquitetura	Revit
<b>Todos os modelos foram exportados para os CDEs em IFC.</b>	

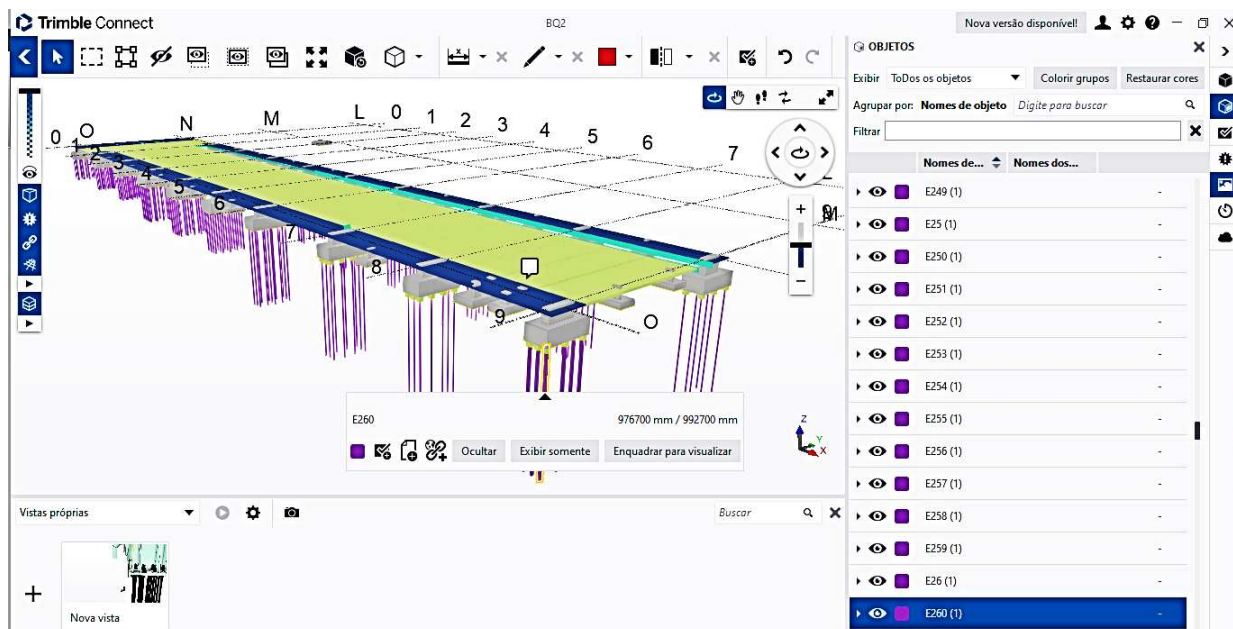
Fonte: Autor, 2025.

Na sequência da exposição são apresentadas imagens que representam vistas dos modelos de diferentes disciplinas de projeto. Alguns parâmetros são exemplificados sequencialmente a essas figuras.

*Modelo da disciplina de civil:* o primeiro modelo concebido foi das soluções civis para a fundação do galpão e piso industrial. A concepção da fundação é caracterizada por ser profunda e foi executada por meio de estacas e por ser rasa com a construção de sapatas. O piso industrial é uma laje armada para suportar o carregamento referente ao armazenamento, ao transporte e as movimentações de bobinas. As soluções de fundações foram dimensionadas por meios de cálculos tradicionais e modeladas para compor o grupo de projetos do galpão, o que possibilitou a verificação multidisciplinar.

A seguir é apresentada a figura 37 contendo uma vista do modelo da Civil com a seleção da estaca 260.

Figura 37: Vista do modelo da engenharia civil no *Trimble Connect*

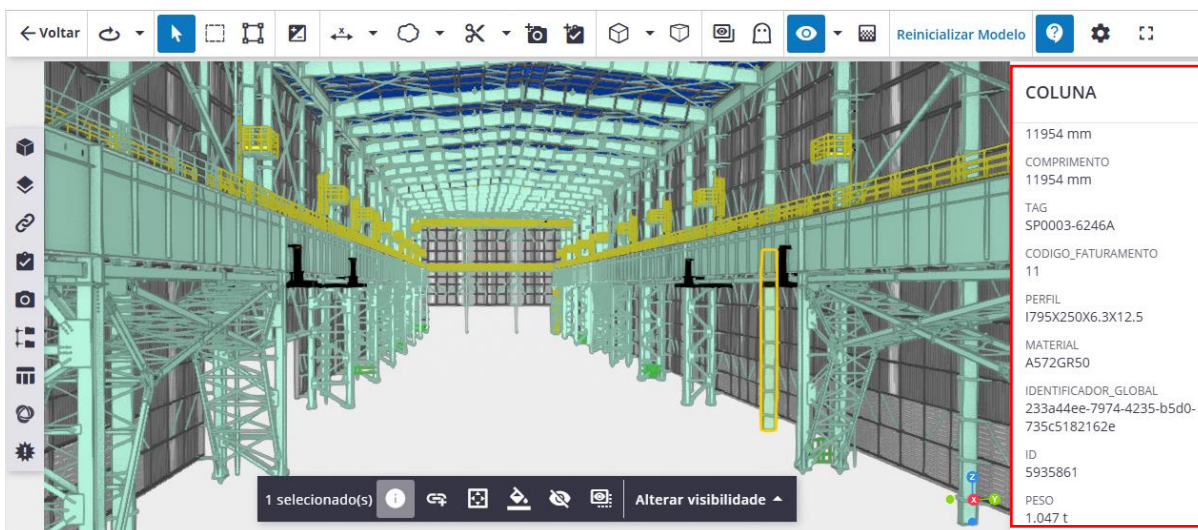


Fonte: Autor, 2025.

A imagem anterior apresenta os eixos topográficos, com coordenadas, nomeados como L, M, N e O para os horizontais e 0 até 9 para os horizontais. Esses eixos foram a referência fundamental para a locação e construção do galpão.

*Modelo da disciplina de estruturas metálicas:* dentre as disciplinas de projeto, destaca-se a de estruturas metálicas, onde os objetos foram modelados com critérios predefinidos pelos agentes envolvidos dentro do organograma do projeto. A seguir é apresentada a figura 38 que mostra uma vista interna do modelo de estruturas metálicas extraída do *Trimble Connect*, com o acesso pelo site na web. Essa imagem mostra um objeto selecionado, a coluna denominada como 6246A, com os principais parâmetros e os critérios apresentados no canto esquerdo da figura a seguir.

Figura 38: Vista do modelo do galpão com a seleção da coluna



Fonte: Autor, 2025.

Os parâmetros exemplificados para a coluna selecionada foram critérios predefinidos de projeto para adaptar as necessidades apresentadas no empreendimento. Esses critérios podem variar conforme as necessidades específicas de cada projeto ou empresa. Dentre essas características destacam-se as seguintes:

- Comprimento da peça: Esse dado é uma importante referência que auxilia no planejamento e na logística de transporte, no armazenamento e na montagem;
- Perfil: Esse dado é um importante para a identificação das matérias primas e checagem das peças na fabricação, no fornecimento, na construção e na montagem;
- Material: Tipo de material para o fornecimento e dimensionamento das peças;
- Peso: O peso é uma característica fundamental para definir as modalidades de transporte, a produtividade na montagem e os custos. Considera-se que a matéria prima das peças é vendida por quilogramas ou toneladas;
- Tag da peça: O rótulo é um dos parâmetros essenciais na modelagem que inclui, dentre outras funcionalidades, a nomenclatura da peça, a identificação para recebimento, os nomes das vistas 2D e é o código de interface para identificar as peças na fabricação e construção e montagem.

Todas as peças foram modeladas visando atender todas as etapas do ciclo de vida do empreendimento. Com isso o tag é o vínculo de diversas etapas como a fabricação, o desenvolvimento automático de vistas 2D, o transporte, o armazenamento, o

planejamento de montagem, a construção e montagem e a operação e a manutenção. Cada peça possui detalhes individuais como furações, reforços, nervuras, dimensões geométricas, a sequência construtiva, tipologias de soldas e as ligações específicas. A figura 39 mostra uma vista, mais próxima, da coluna 6246A no modelo onde se pode verificar as individualidades supracitadas.



Fonte: Autor, 2025.

Na imagem acima se pode observar as individualidades da coluna metálica em análise e todas as demais peças próximas que envolvem a sua montagem.

O Tag dos objetos foi uma funcionalidade que possibilitou o desenvolvimento ordenado de vistas 2D com detalhes construtivos individualizados para auxiliar na montagem e para facilitar a localização no armazenamento. O Tag foi uma referência fundamental que determinou a nomenclatura dos arquivos gerados para a verificação e aprovação no repositório. Por exemplo, a coluna metálica 4264 possui o mesmo número no final do arquivo que está inserido. A seguir é apresentada a tabela 13 que foi extraída do projeto específico da coluna exemplificada que compõem quantidades e detalhes para fabricação e montagem.

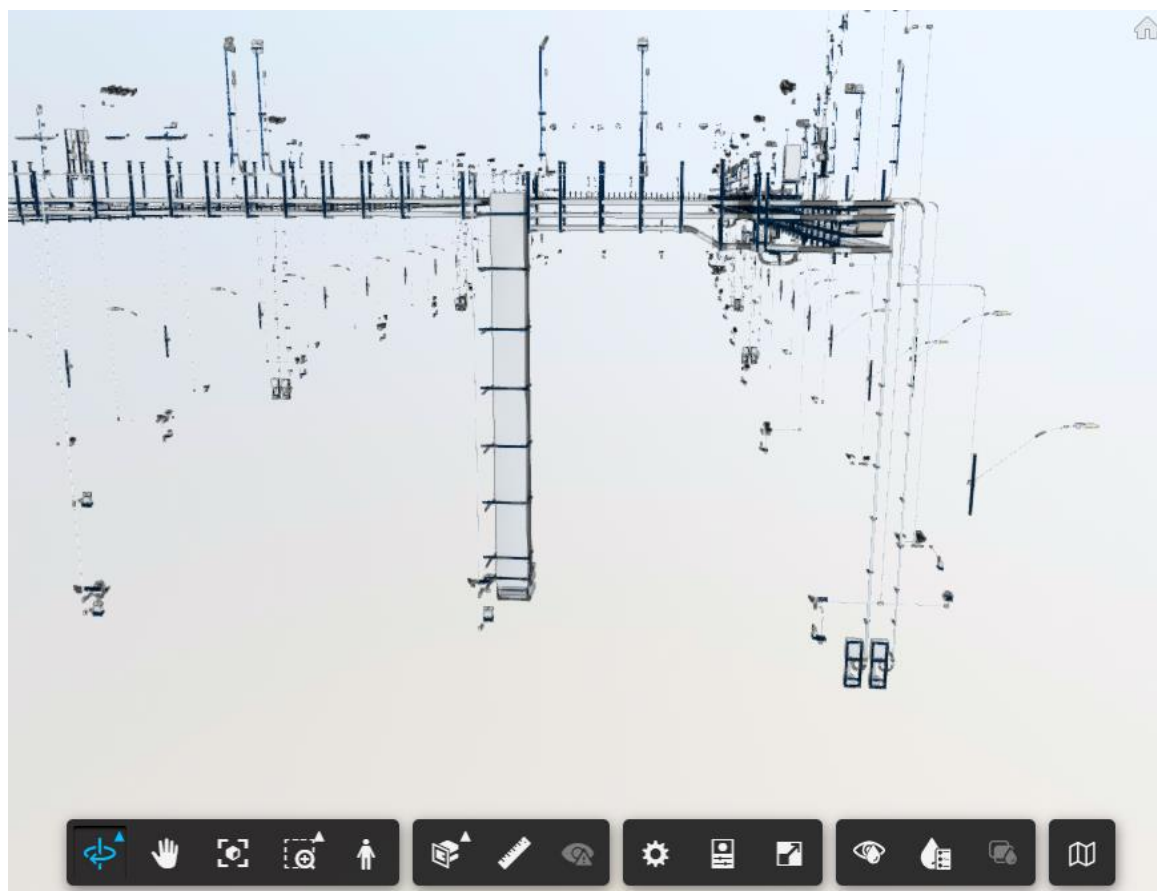
Tabela 13: Lista de materiais da coluna 6246A no projeto 2D

LISTA DE MATERIAIS								
POSIÇÃO	NUM.	DESCRIÇÃO / PERFIL	COMP.	MATERIAL	PESO (Kg)		AREA (m <sup>2</sup> )	NOTAS
					UNIT.	TOTAL		
SP0003-6246A	1	COLUNA			1138.6	1138.6	32.5	
p3-23	6	PL6.3X143.7	302	A572GR50	1.3	7.7	0.3	
p3-24	6	PL6.3X130	302	A572GR50	1.9	11.6	0.5	
p3-228	1	1795X250X6.3X12.5	11954	A572GR50	1047.2	1047.2	30.7	WL
p3-231	1	PL16X270	815	A572GR50	27.6	27.6	0.5	
p3-235	1	PL22.4X260	970	A572GR50	44.4	44.4	0.6	
TIPO ESTRUTURA =					P			
PESO TOTAL =					1138.56			
AREA TOTAL =					32.54			

Fonte: Autor, 2025.

Os detalhes dos componentes analisados anteriormente são específicos e ficaram disponíveis para o acesso de todos os agentes envolvidos na cadeia de execução do empreendimento em estudo. Esse acesso é feito via repositório. As pranchas 2D foram arquivos gerados do modelo 3D, sendo assim a qualidade dos arquivos foi muito elevada. Apesar da grande quantidade de arquivos a extração dos modelos gerou arquivos com poucas revisões. A grande maioria das revisões era referente aos parâmetros de apresentação de dados, de selos e de notas, que são padrões definidos na extração das informações do modelo.

*Modelo da disciplina de elétrica:* o empreendimento em análise englobou, dentre as disciplinas apresentadas, a de instalações elétricas. Ela se destaca pela definição das rotas dos cabeamentos, dos bandejamentos, do dimensionamento dos cabos, dos painéis, dos pontos de energia e da iluminação. A figura 40 contempla a vista do modelo da disciplina elétrica, com as luminárias, os painéis e as rotas de cabos (bandejamentos), dentro das coordenadas em que estão todos os outros modelos.

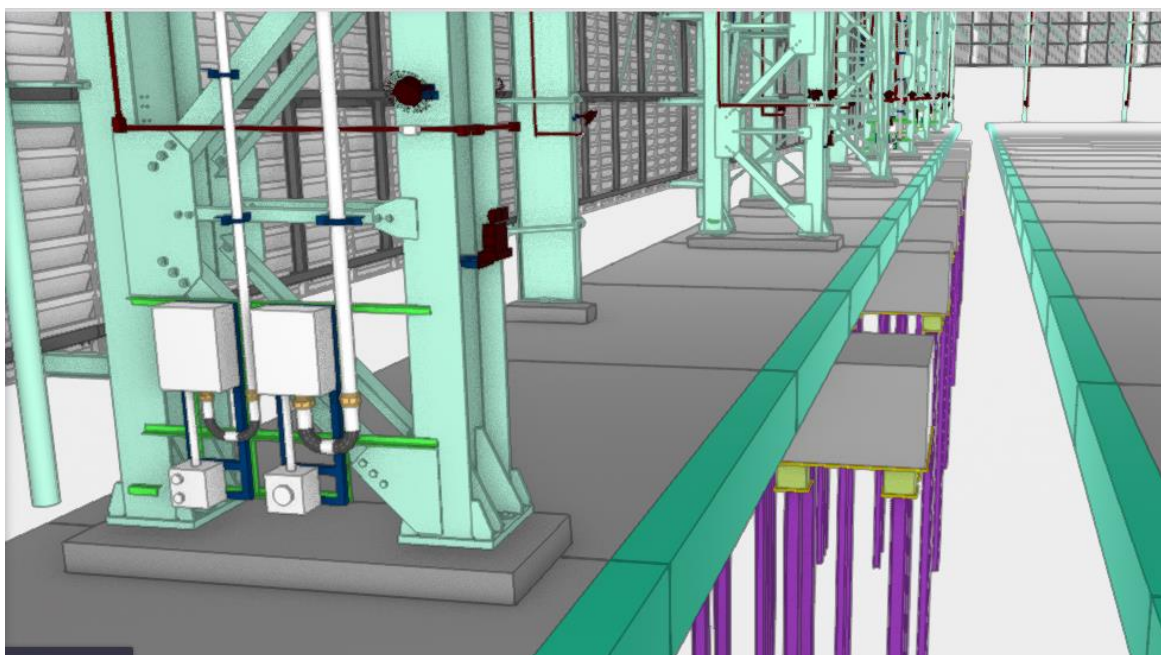
Figura 40: Vista do modelo de elétrica no *Autodesk Construction Cloud*

Fonte: Autor, 2025.

### Modelo Multidisciplinar

Dentro dos conceitos preconizados no BIM, destaca-se a mudança cultural das organizações que visa a busca pela integração entre os envolvidos no projeto e os especialistas de cada disciplina ou área de projeto. Com isso uma grande meta do empreendimento é a entrega de um modelo multidisciplinar, integrado, acessível e que se torne um legado para futuras consultas e projetos na organização em estudo. A seguir é apresentada a figura 41 que compreende uma vista do modelo do CWA 03 com objetos paramétricos de algumas disciplinas de projeto desenvolvidas.

Figura 41: Vista do Modelo do CWA 03

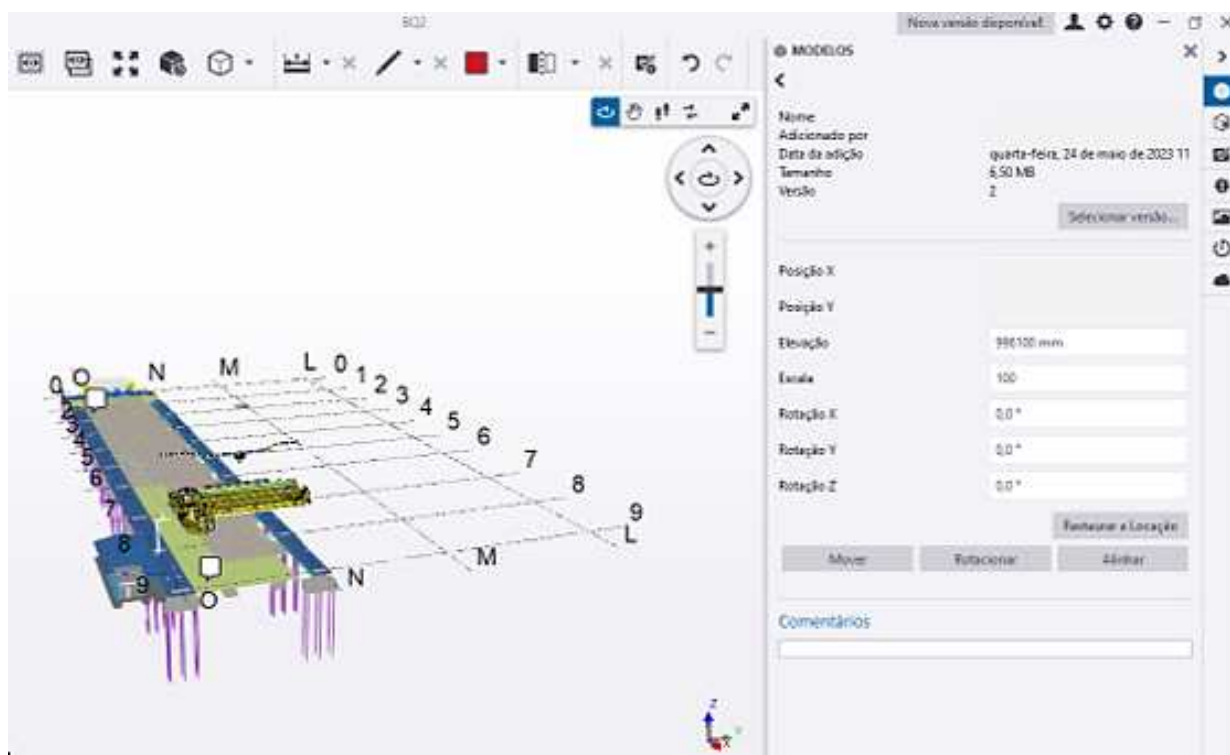


Fonte: Autor, 2025.

Ao analisar a figura 41 pode-se perceber elementos das disciplinas de civil, que são as fundações, as bases, as estacas e as lajes de piso, de estruturas metálicas, dentre elas, as colunas, alguns travamentos e o tapamento lateral, da elétrica, como painéis e eletrodutos e de CFTV, que são câmeras e de sistema de proteção e de combate a incêndio (SPCI).

Ao inserir cada modelo no CDE existiram critérios que deveriam ser considerados, conforme citado nos tópicos anteriores. Essas características deveriam existir em todos os modelos que seriam incluídos no CDE para que possibilite a verificação multidisciplinar com os pontos de referência equivalentes. A figura 42 apresenta uma vista com modelos multidisciplinares com as características para a sua compatibilização, como elevação e as coordenadas de um marco topográfico conhecido.

Figura 42: Vista do modelo multidisciplinar



Fonte: Autor, 2025.

#### 4.3.3.1 Níveis de desenvolvimento do projeto

A execução de empreendimentos em BIM é inerente ao nível de desenvolvimento que os modelos apresentam. Conceitualmente os modelos podem ser classificados nos seguintes níveis de desenvolvimento:

- LOD 100: nível conceitual com a possibilidade de análises construtivas;
- LOD 200: fase de anteprojeto com a representação parcial das edificações;
- LOD 300: modelo com a geometria refinada com a possibilidade de inserir cronogramas e do fornecimento de dados e documentos para a obra;
- LOD 350: modelo que possibilita a coordenação de projetos e a detecção de conflitos e interferências;
- LOD 400: modelo com dados suficientes para a fabricação e construção. Nessa etapa tem o envolvimento de todos os agentes envolvidos e a inserção do planejamento da execução;
- LOD 500: esse nível pode ser denominado como *As Built*.

O empreendimento em análise teve como objetivo o desenvolvimento de modelos multidisciplinares que possibilitassem a extração de informações sensíveis à aquisição, a tomada de decisões, ao planejamento e as visualizações de soluções integradas entre as disciplinas de projetos envolvidas.

Conforme descrito anteriormente o projeto foi aprovado e conceitualmente desenvolvido utilizando as metodologias e premissas do FEL. Nessa etapa, que poderia ser associada ao LOD 100, o desenvolvimento de modelos se restringiu aos fornecedores dos equipamentos e de materiais, sem muita atribuição aos objetos modelados.

Após a aprovação do empreendimento iniciou-se o aumento de critérios e de aquisições de modelos para diversas funcionalidades de cada fase do projeto. O modelo para o CWA 03, galpão de bobinas, se iniciou com características de um projeto básico com estimativas de quantidades superficiais para contratação da engenharia detalhada e para uma previsão de gastos com materiais.

Conforme descrito nos itens anteriores, que destacam a modelagem por disciplinas de projetos, o modelo cumpriu com as premissas de fornecer dados suficientes para a compatibilização e coordenação de projetos. Os modelos de todas as disciplinas foram coordenados e compatibilizados nos CDEs, sendo que os conflitos e as interferências foram avaliados em reuniões periódicas e os *designs review* com diversos agentes envolvidos no ciclo de vida dos empreendimentos. Com isso o modelo alcançou um nível de desenvolvimento de LOD 350.

Existem funcionalidades como o envolvimento na tomada de decisões e validações de soluções construtivas de projeto multidisciplinar que incluiu os responsáveis pela operação, os coordenadores, os gerentes e os especialistas de cada disciplina de projeto. Outra função foi a extração de informações suficientes para a fabricação e para a construção, inclusive vistas 2D com o detalhamento das peças utilizadas para a construção do galpão. Uma importante função é a extração de listas de quantidades com precisão suficiente para manufaturar, por exemplo, as peças da estrutura metálica. Os aspectos supracitados caracterizam a modelagem com o desenvolvimento de LOD 400, porém o planejamento não foi desenvolvido em BIM

4D. Dentro das funcionalidades do CDE foram disponibilizadas pastas com arquivos referentes a cronogramas e dados sensíveis à ordenação de atividades dentro da linha do tempo para o acesso de todos os agentes desenvolvidos.

Dentro do conceito de LOD 400 pode-se considerar uma característica de desenvolver parâmetros que possibilitem a extração de orçamentos. Os objetos foram modelados para possibilitar a extração de listas de materiais e quantidades. A política da empresa em estudo não permite que os colaboradores em desenvolvimento técnico tenham acesso a informações sensíveis ao custo dos projetos e dos insumos.

Os profissionais envolvidos no desenvolvimento desse empreendimento sempre tiveram como meta deixar um legado para futuras intervenções e projetos no setor onde foram realizadas as melhorias. Sendo assim, uma premissa em grande parte das contratações das empresas de construção é executar o “*as built*”, contendo todas as informações alteradas durante a fase de projetos. Esse conceito de registrar como foi construído foi aplicado nos modelos desenvolvidos no projeto e nos demais documentos gerados e armazenados no repositório da empresa. Ressalta-se que esses documentos contendo a solução construtiva adquiriram o status de “*as built*” e todos os colaboradores possuem acesso a eles. Mediante o exposto destaca-se que o modelo adquiriu características de desenvolvimento de LOD 500, que é a inserção dos detalhes de como foram construídos e montados os equipamentos.

Conforme relatado a modelagem atendeu aos parâmetros de desenvolvimento do LOD 350 e algumas premissas do LOD 400. Por meio da cultura organizacional foram inseridos os detalhes, as soluções construtivas e as alterações necessárias para a implantação dos projetos. Com isso a modelagem adquiriu o “*as built*” que é uma característica do nível de desenvolvimento de LOD 500.

### *Interoperabilidade*

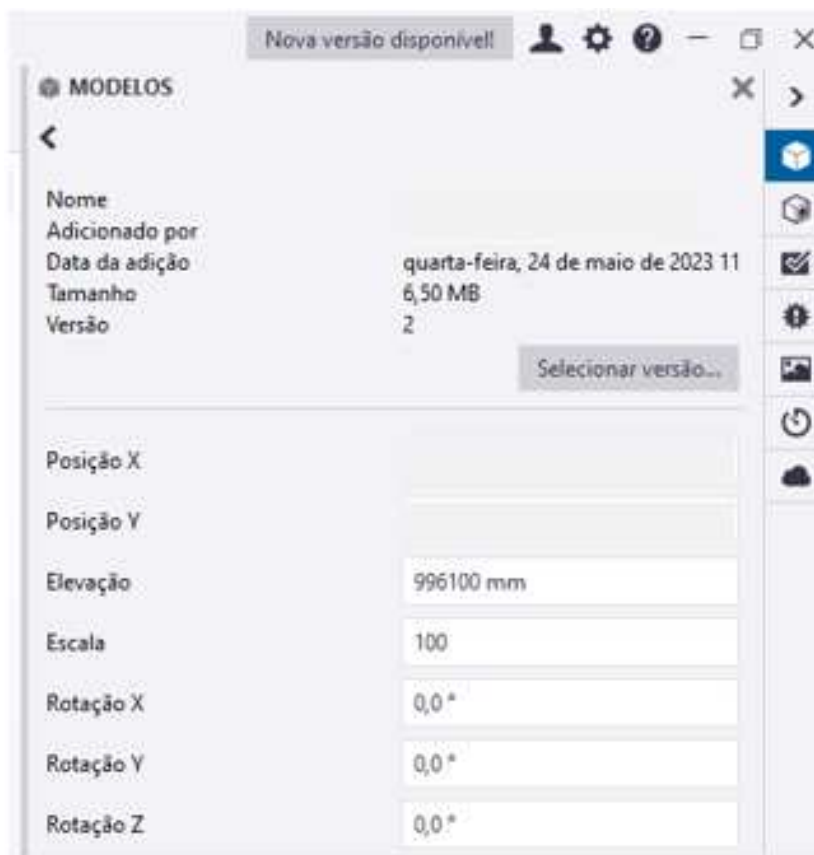
O projeto em análise teve como premissa a gestão de informações e o envolvimento dos agentes colaboradores nas diversas etapas de seu desenvolvimento. O desafio foi implementar um ambiente colaborativo em todas as etapas com destaque para as fases de projeto e de construção e montagem. No projeto a busca pela

interoperabilidade foi destaque, todos os fornecedores tinham como premissa a entrega de seus produtos de forma universal, acessível e com dados compartilhados para todas as etapas da cadeia produtiva do empreendimento. Isso ocasionou uma redução de tempo dos entregáveis, na assertividade das soluções construtivas e das validações das proposições.

#### *Sistema Federado - Industry Foundation Classes (IFC)*

O sistema federado foi uma importante premissa de entrega dos modelos das diversas disciplinas e dos equipamentos que compõem esse empreendimento. Todos os modelos foram entregues com a extensão original da plataforma de modelagem e em IFC, isso estabeleceu uma base e um banco de dados completamente aberto. Esse fato gerou a possibilidade de inclusão dos modelos nos ambientes comuns de dados e o compartilhamento com diversos agentes.

Um aspecto importante, que se destaca para a exportação dos modelos é a compatibilização das coordenadas de modelagem dentro de cada disciplina de projeto. O coordenador BIM foi o responsável, dentre outras atividades, pela aferição de diversos parâmetros como elevação e coordenadas. A figura 43 apresenta os dados padrões de modelagem dos objetos do modelo para que todos fossem locados na mesma região e possibilita-se a verificação efetiva de interferências.

Figura 43: Vista dos parâmetros de modelagem no *Trimble Connect*

Fonte: Autor, 2025.

#### 4.3.3.3 Ambiente Comum de Dados (CDE)

No projeto em análise foram disponibilizados os modelos em dois Ambientes Comuns de Dados, conforme supracitado. Destaca-se que ambos atenderam as necessidades de fornecimentos e desempenharam funções fundamentais para a verificação de interferências, análises de pendências, interposição de tarefas e atribuições de responsabilidades com a verificação de prazos. A troca de CDEs ocorreu devido a alterações, previstas, dos fornecedores, porém sem perdas de informações.

#### *Trimble Connect*

O *Trimble Connect* é uma plataforma em nuvem que permite a colaboração em projetos de construção e de arquitetura. Ele oferece funcionalidades como acesso, compartilhamento, revisão e comentários de projetos baseados em modelos, além de

facilitar a gestão de documentos e a comunicação entre as partes envolvidas. A seguir são descritas as principais funcionalidades utilizadas no objeto de análise:

- Armazenamento em nuvem: o *Trimble Connect* armazenou os projetos, documentos e informações em um ambiente centralizado e acessível em qualquer lugar;
- Compartilhamento e colaboração: permitiu que equipes trabalhassem juntas em tempo real, independentemente da localização geográfica;
- Revisão e comentários: facilitou a revisão e os comentários de modelos e de documentos, permitindo que as partes envolvidas forneçam *feedback* e discutam as alterações;
- Visualização e anotações: possibilitou a visualização de modelos 2D e 3D, além de anotações em modelos e documentos;
- Integração com softwares da Trimble e na extensão de IFC;
- Gestão de projetos: permitiu a criação de projetos, o gerenciamento de documentos, a organização de tarefas e a comunicação entre as partes envolvidas;
- Detecção de conflitos: ofereceu ferramentas de detecção de conflitos entre modelos, facilitando a identificação e resolução de problemas de projeto;
- Ferramentas de colaboração: possuiu ferramentas de comunicação em tempo real, como chats e videoconferências, para facilitar a interação entre as partes envolvidas;
- Controle de versões: Permitiu o controle de versões de documentos e modelos, facilitando o rastreamento de alterações e a reversão para versões anteriores;
- Acesso móvel: Permitiu o acesso a projetos e documentos através de dispositivos móveis, como *tablets* e *smartphones*.

As funcionalidades supracitadas foram utilizadas em diferentes intensidades, conforme as necessidades do empreendimento existem aspectos que tiveram mais relevância dentro das atribuições e das análises dos documentos no CDE. A seguir é apresentada a figura 44 que demonstra a página inicial desse ambiente que demonstra as pastas do CDE, com os arquivos compartilhados, na coluna destacada como “Explorador”. Destaca-se que eles podem ser acessados por qualquer agente envolvidos no ciclo de vida do empreendimento e de qualquer lugar. Na coluna denominada por “Vistas” se encontram os modelos selecionados, a qual se destaca a detecção de conflitos, as interferências e a análise das versões do modelo. Na última coluna destacam-se as tarefas e os conflitos atribuídos aos agentes de projetos.

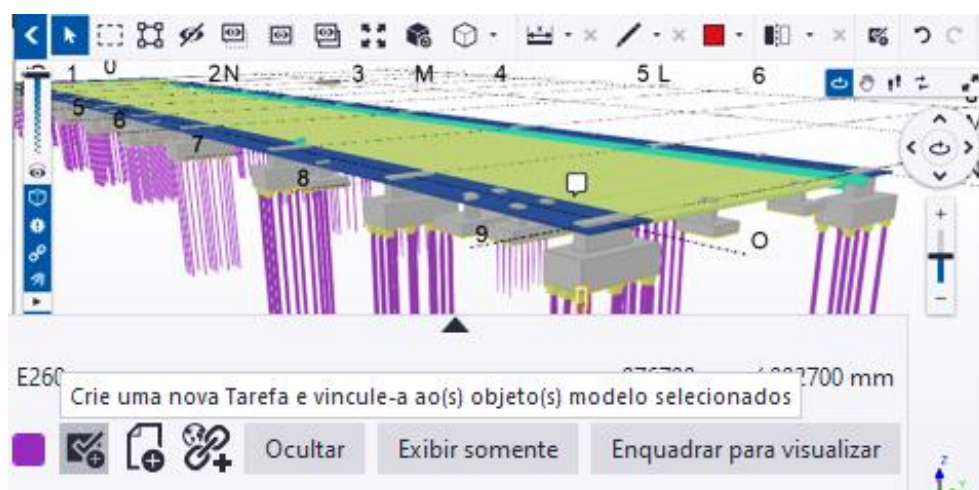
Figura 44: Vista principal das funcionalidades do *Trimble Connect*



Fonte: Autor, 2025.

Dentro das funcionalidades do CDE destacam-se as atribuições de tarefas, as marcações de conflitos, de interferências que envolvem os agentes do projeto e os responsáveis pela avaliação e pelo desenvolvimento das soluções dos projetos/modelos de cada disciplina de projeto. A figura 45 ilustra a seleção de uma estaca no modelo da engenharia civil com a funcionalidade de criar uma tarefa e vincular aos objetos ou modelos selecionados.

Figura 45: Seleção da estaca 260



Fonte: Autor, 2025.

A tarefa é vinculada aos responsáveis diretos e indiretos da disciplina e aos possíveis envolvidos na solução do problema. Com isso são criadas caixas de diálogos

acessíveis e visíveis para todos os participantes do projeto e um e-mail automático é direcionado aos responsáveis por solucionar o conteúdo destacado. Ressalta-se que a cada atualização da tarefa outro e-mail é encaminhado para os envolvidos e, inclusive, para o agente que destacou a interferência. A marcação dos problemas, dos conflitos e das interferências pode ser feita com o auxílio de vistas e imagens da localização da região que precisa da intervenção.

### *Autodesk Construction Cloud*

O projeto analisado foi avaliado em dois CDEs, conforme supracitado, os modelos e os documentos foram compartilhados nos sistemas da Trimble e da Autodesk. Por expertise dos fornecedores o compartilhamento iniciou com o *Trimble ConnectView* e com a evolução da maturidade do projeto ele migrou para o Autodesk *Construction Cloud*. Ressalta-se que no processo de migração não foram registradas intercorrências ou qualquer desvio. Um fator que corrobora com o sucesso desse processo é a interoperabilidade dos modelos e a exportação deles para IFC. Os parâmetros dos objetos e a locação foram mantidos em ambos os ambientes comuns de dados. Outro importante fator é o repositório da empresa, que contém todos os documentos gerados no projeto incluindo os modelos e suas revisões.

O Autodesk *Construction Cloud* (ACC) oferece um conjunto abrangente de funcionalidades para gestão de projetos de construção, desde o planejamento até a operação, com foco em colaboração, no controle de documentos, na gestão de custos e em qualidade, entre outros. A seguir são citadas as principais funcionalidades dessa plataforma de gestão que foram utilizados no objeto de estudo:

- Gestão de projetos: a plataforma permitiu a organização e acompanhamento de projetos de construção, incluindo planejamento, cronogramas, tarefas e recursos;
- Gestão de documentos (Autodesk Docs): a aplicação do CDE facilitou o armazenamento, controle, compartilhamento e a revisão de documentos de projeto, garantindo que a informação correta esteja disponível para as partes interessadas;
- Gerenciamento de custos: o ACC dispõe de ferramentas para orçamento, controle de despesas, gestão de mudanças e previsões financeiras, auxiliando no controle de custos do projeto. Essa funcionalidade não foi totalmente utilizada devido as políticas

internas da empresa que determinam que os cargos de especialidades técnicas não tenham contato com os custos dos insumos e dos projetos. Com isso o ambiente colaborou para a extração de listas de materiais e de quantidades, quando havia necessidade de planejar as execuções;

- Gerenciamento de qualidade: o compartilhamento na nuvem permitiu a identificação, registro e acompanhamento de problemas de qualidade, garantindo a conformidade com os padrões e exigências do projeto;

- Gerenciamento de segurança: o ACC auxiliou na gestão de riscos de segurança na obra, com ferramentas para registro de incidentes, checklists e acompanhamento de treinamentos;

- Colaboração em tempo real: promoveu a comunicação e colaboração entre as equipes, com ferramentas para compartilhamento de informações, marcações em documentos e gestão de tarefas. As reuniões eram realizadas com o acesso a nuvem e as decisões eram inseridas em atas, as quais identificavam tarefas e responsabilidades, além da criação de problemas dentro dos modelos;

- Rastreabilidade e gestão de dados: o ambiente colaborativo de dados permitiu o acompanhamento de todas as etapas do projeto, desde a criação de documentos até a entrega, com rastreabilidade completa de informações e da versão dos documentos e modelos.

- Integração com *software* Autodesk: o CDE permitiu a integração com outros produtos Autodesk, como AutoCAD, Revit, Navisworks e Civil 3D, facilitando o fluxo de trabalho e a troca de informações. Ressalta-se que essa integração ocorreu também para modelos exportados com a extensão de IFC.

- *PlanGrid Build*: o ACC oferece um aplicativo móvel que permite a colaboração e o acesso a informações de projeto em tempo real no local da obra. Esse recurso não foi utilizado no empreendimento em estudo.

- Análise de dados e *business intelligence*: o ACC ofereceu ferramentas para análise de dados do projeto, geração de relatórios e tomada de decisões estratégicas.

Dentre as funcionalidades supracitadas, destacam-se a utilização da ferramenta para a gestão de projetos e de modelos. Nessa funcionalidade estão inclusas as parametrizações dos objetos, os agendamentos de reuniões dentro CDE para cada disciplina e multidisciplinares, designar problemas, interferências nas soluções propostas pela projetista e gerir as revisões e as versões de projetos. A seguir é apresentada a figura 46 que ilustra a página inicial da gestão e da coordenação dos

modelos e no caso estão selecionados e listados todos os modelos referentes aos projetos do CWA 03, Galpão de Bobinas.

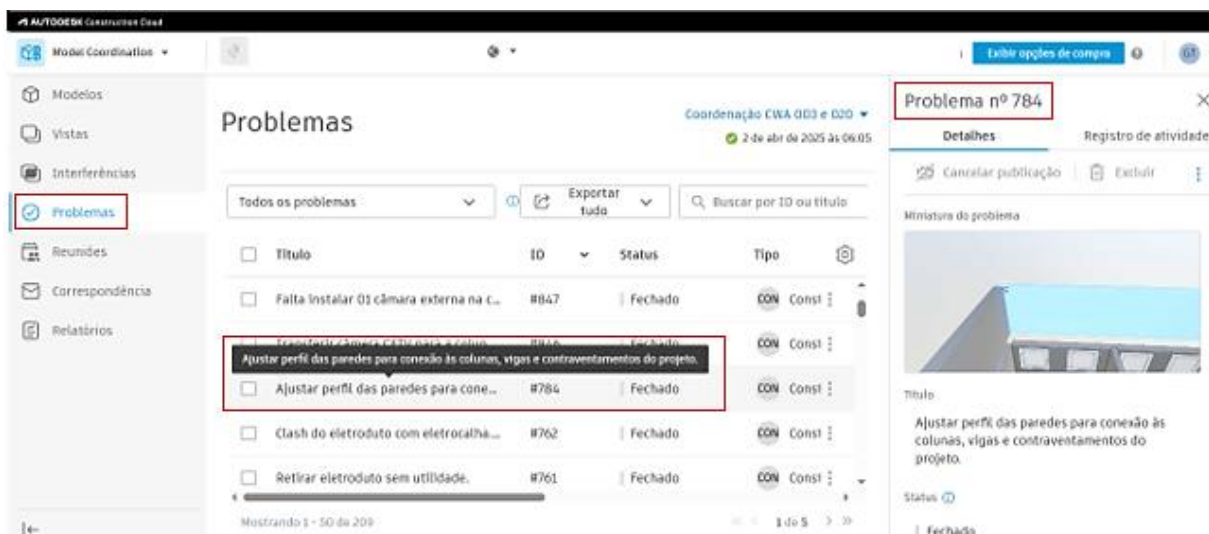
Figura 46: Página inicial da coordenação de modelos no *Construction Cloud*

Modelos	Versão	Caminho da pasta	Colaborador	Última atualização
M3D...nec	V1	...02-003/M - Mecânica		08:28
M3D-G...2.rfc	V2	...ação e Comunicação	RM	22 de mar de 2024 às 16:34
M3D-G...5.rfc	V8	...02-003/M - Mecânica	RM	24 de set de 2024 às 05:50
M3D-G...5.rfc	V1A	...ários e Infraestrutura	RM	13 de out de 2024 às 05:23
M3D-G08...025.rfc	V4	...ários e Infraestrutura	RM	1 de ago de 2024 às 08:47
M3D-B...2.rfc	V6	...struturas de Concreto	RM	6 de ago de 2024 às 06:13

33 de 33 modelos exibidos

Fonte: Autor, 2025.

Dentro da funcionalidade de gestão de projetos destaca-se uma aba que é a de problemas. Essa atribuição serve para criar tarefas e atribuí-las aos agentes envolvidos na elaboração do projeto. A figura 47 apresenta um problema, numerado como 784, o qual solicita ao responsável que os perfis das paredes sejam ajustados para se conectar com as colunas, com as vigas e com os contraventamentos do projeto de estruturas metálicas.

Figura 47: Vista de um problema no *Construction Cloud*

Fonte: Autor, 2025.

Ao criar um problema ou uma tarefa os envolvidos recebem um e-mail automático e em todas as atualizações são enviados e-mails para os participantes notificando o desenvolvimento, as dúvidas, as dificuldades, as soluções e o encerramento. Para o projeto em análise foi utilizado um critério onde os problemas gerados deveriam ser direcionados para os designados da empresa fornecedora da engenharia e especialistas terceiros de cada disciplina. O responsável por solucioná-lo teria 5 dias úteis para resolver a situação ou direcionar a solução para outros envolvidos.

Uma funcionalidade dentro do *Construction Cloud*, que teve uma grande relevância, foi a possibilidade de executar reuniões com registros dentro da plataforma. Conforme citado previamente, o projeto demandou uma grande rotina de reuniões, que proporcionaram a integração entre os agentes envolvidos nas etapas do ciclo de vida do empreendimento.

Na etapa de elaboração, de detalhamento das engenharias e de modelagem as reuniões foram dispostas no CDE. As rotinas de reuniões dentro do Ambiente Comum de Dados eram avaliadas conforme as necessidades de cada disciplina, a periodicidade dos *design reviews* e aquelas referentes às multidisciplinares. Nas reuniões foram verificados os avanços nos modelos, as entregas, as interferências, as soluções construtivas, os desvios de prazo e as compatibilizações entre o escopo e as demandas dos clientes.

Nas etapas de verificações das interferências e das soluções construtivas, os modelos eram apresentados, com a presença dos projetistas e dos demais agentes inerentes à solução de engenharia. Nessa apresentação eram passadas as pendências, as tarefas e os problemas para cada agente envolvido. Uma boa prática adotada pelos especialistas era analisar os documentos e os modelos previamente para que na reunião fossem expostas as tarefas e direcionadas as necessidades de soluções aos projetistas.

A plataforma possibilita a criação de registros técnicos do conteúdo abordado nas reuniões. Esses registros eram inseridos no CDE por meio das atas de reuniões. Cada especialidade, a coordenação e planejamento tinham a possibilidade de criar uma pasta de armazenamento dos registros. A seguir é apresentada a figura 48 que mostra a pasta da disciplina de engenharia civil, com todas as atas de reuniões.

Figura 48: Vista da pasta de reuniões com as atas da civil no *Construction Cloud*

Nº	Status	Data	Hora	Localização
29	Atas	2 de jan. de 2024	10:30 para 11:30	-
28	Atas	26 de dez. de 2023	10:30 para 11:30	-

Fonte: Autor, 2025.

A imagem apresentada 29 atas das reuniões técnicas de Civil e todas elas podem ser acessadas dentro do Ambiente Comum de Dados. Com isso a rotina de reuniões tornou-se eficiente, as tarefas podem ser verificadas e as pendências aferidas por qualquer colaborador com acesso ao CDE. No início das reuniões, ao criar uma ata, todos os itens registrados com pendências ou que não foram solucionados são inseridos nos novos registros para a verificação e o acompanhamento.

A figura 49 que retrata uma ata de reunião da civil, referente ao CWA 03, fundações da sala de controle. Esse item se encontrava em aberto, com pendências de entregas no modelo da sala de baterias.

Figura 49: Vista da ata 29 da reunião técnica de civil no *Construction Cloud*

The screenshot displays the 'Reunião Técnica Civil' interface. At the top, there are filters for 'Atas' and '29'. The main content is organized into sections: 'Descrição' (Reunião Técnica de Acompanhamento Civil), 'Discussão da reunião', and a list of items under 'CWA-03 - Fundações da Sala de Controle'. The first item, 'Item 11 - 05/09/2023: SALA DE BATERIAS (Modelo)', is marked as 'Aberto' (Open) and includes a detailed description of the modeling work and subsequent updates on 19/09/2023, 10/10/2023, and 17/10/2023.

**Atas** | **29** | **Reunião Técnica Civil**

**Descrição**  
Reunião Técnica de Acompanhamento Civil.

**Discussão da reunião**

▼ **CWA-03 - Fundações da Sala de Controle**

1. **Item 11 - 05/09/2023: SALA DE BATERIAS (Modelo)** Aberto  
A modelagem da sala de baterias e das baias para os transformadores será executada pela Drawind, que retornará até o dia 08/09, com as informações de prazo e a inclusão no cronograma da engenharia.

**19/09/2023:** O Modelo já está consolidado e será postado no dia 22/09/2023. A GERDAU informou que deverá ser executado um modelo separado apenas para a civil.

O modelo foi postado no prazo, ressalta-se que deve-se postar os portões, divisórias e porta corta fogo.

**10/10/2023:** As adequações supracitadas estão em andamento.

**17/10/2023:** As adequações supracitadas estão em andamento e serão postadas até o dia 20/10/2023.

Fonte: Autor, 2025.

As demais funcionalidades descritas anteriormente, sobre o Ambiente Comum de Dados da Autodesk, foram utilizadas com menores intensidades e mais restrições de uso, em que os principais responsáveis por verificar as funções foram os coordenadores técnicos e do BIM. O CDE teve diversas aplicações como a extração de dados para reuniões gerenciais e para a apresentação de interferências aos clientes.

A abordagem de um empreendimento concreto gera benefícios na aplicação do BIM e esse avanço propicia melhorias em futuras implantações. Nos capítulos subsequentes foram apresentadas as avaliações do grau de maturidade BIM e as possibilidades de melhorias de implantação, que são as lições aprendidas.

## 5 AVALIAÇÃO DA MATURIDADE BIM NO OBJETO DE ESTUDO

O presente capítulo expõe as diretrizes básicas e a utilização das ferramentas de avaliação da maturidade BIM aplicadas ao empreendimento analisado no tópico anterior. Ressalta-se que as avaliações foram executadas com a abrangência no CWA 03. Dentro dos critérios de execução do empreendimento algumas características são inerentes às práticas da empresa, porém os resultados da aferição têm o direcionamento para o projeto.

O capítulo de Revisão de Literatura retrata a descrição das ferramentas de avaliação. Ao analisar as características dos métodos, a sua aplicação e a abrangência em trabalhos técnicos e acadêmicos foram definidas as ferramentas utilizadas na avaliação. Os métodos que serão utilizados estão listados a seguir e na sequência da exposição existe uma breve descrição dos métodos.

- *Verificação da Matriz de Maturidade conforme metodologia Succar;*
- *Análise do grau de maturidade VDC/BIM através do VDC Scorecard – Stanford.*

### 5.1 Método Matriz de Maturidade BIM – Succar

O método descrito nos estudos do Succar é amplamente utilizado na indústria AECO, sendo uma referência nos fundamentos e nas citações de inúmeros trabalhos acadêmicos. A escolha desse método se respalda pela amplitude da sua disseminação dentro do universo BIM. Além dessa característica, a metodologia é fundamentada para abranger empreendimentos e empresas devido aos múltiplos fatores transitórios em cada projeto específico. O autor destaca que as competências dos projetos podem ser singulares e similares e os avaliadores devem determinar qual seria o nível de avaliação para mensurar as suas características.

A aplicação da Matriz de Maturidade BIM envolve o estudo e análise de três áreas, sendo a primeira de tecnologia, a segunda de processos e a terceira de políticas. Essas áreas são subdivididas em competências e os seus critérios, os quais são passíveis de avaliação e estão expostos a seguir.

A área de tecnologia está subdividida nas três competências a seguir:

- Software: plataformas, entregáveis e dados;
- Hardware: equipamentos, entregáveis, localização e mobilidade;
- Network: soluções de rede, entregáveis, segurança e controle de acesso.

A área de processos está subdividida nas quatro competências a seguir:

- Infraestrutura: física e de conhecimento;
- Recursos Humanos: conhecimento, habilidades, experiência, papéis e dinâmica;
- Produtos e serviços: especificações, diferenciações, entregas, pesquisa e desenvolvimento;
- Liderança: inovação, renovação, estratégias, atributos organizacionais, gerenciais e de comunicação.

A área de políticas está subdividida nas três competências a seguir:

- Regulatórias: diretrizes, padrões, classificação, referências e regulações;
- Contratuais: responsabilidades, gestão de riscos e recompensas;
- Preparatórias: programas de treinamento, educacionais, esforços de pesquisa e definição de entregáveis.

A avaliação proposta pelo autor é direcionada pela definição inicial de alguns parâmetros que estão expostos na figura 50, que contempla o fluxo de trabalho em etapas, as quais são descritas na sequência desse tópico.

Figura 50: Fluxo de trabalho da análise de maturidade



Fonte: Autor, 2025.

A primeira etapa é a definição da escala de avaliação que se divide em Macro, que são mercados e indústrias, Meso para os empreendimentos e Micro para organizações, unidades, equipes e membros. A etapa subsequente é definir o filtro de aplicação que são níveis de avaliações condicionados aos recursos e a profundidade do estudo, conforme detalhado no capítulo de referencial teórico.

A terceira etapa é delimitar a avaliação em um estágio real e em um estágio alvo. Os estágios são explicitados nos capítulos anteriores e podem ser definidos, de uma forma breve, como o estágio 01, modelagem baseada em objetos, o estágio 02, a colaboração fundamentada em modelos e o estágio 03 que é a integração fundamentada em redes. Em sequência, na etapa 04, são avaliadas as competências, a escala e o estágio, que totalizam 12 parâmetros. Os níveis de maturidade, os resultados da avaliação, são definidos como, (a) inicial 10 pontos, (b) definido 20 pontos, (c) gerencial 30 pontos, (d) integrado 40 pontos e (e) otimizado 50 pontos. O resultado é avaliado e analisado em uma tabela onde são aferidas a pontuação individual e uma média, o que possibilita de visualização de melhorias e de planos de ações.

As tabelas conceituais que se referem à matriz de maturidade do BIM, com todos os critérios e parâmetros, estão no capítulo de referências bibliográficas. Os dados estão

expostos, de uma maneira resumida, sem a descrição dos parâmetros, na tabela a seguir.

Tabela 14: Plataformas para modelagem BIM por disciplinas de Maturidade BIM

Competências em BIM			Índices de Maturidade
Tecnologia	Processos	Políticas	a INICIAL (pts. 10)
Software	Infraestrutura e fluxos	Preparatória	b DEFINIDO (máx. pts. 20)
Hardware	Recursos Humanos	Regulatória	c GERENCIADO (máx. pts. 30)
Rede	Produtos e Serviços	Contratual	d INTEGRADO (máx. pts. 40)
	Gerenciamento Organizacional		e OPTIMIZADO (máx. pts. 50)

Fonte: Autor, 2025.

As competências que envolvem a avaliação serão descritas nos tópicos a seguir com o detalhamento de cada parâmetro avaliado. Após a análise individual de cada competência os resultados são expostos na tabela de resumo representada a seguir.

Tabela 15: Representação dos resultados da Matriz de Maturidade BIM

MATRIZ DO GRAU DE MATURIDADE BIM						
COMPETÊNCIAS BIM		Inicial	Definido	Gerenciado	Integrado	Otimizado
		10 pts	20 pts	30 pts	40 pts	50 pts
Tecnologia	Software					
	Hardware					
	Rede					
Processos	Liderança					
	Recursos Humanos					
	Infraestrutura					
Políticas	Produtos e Serviços					
	Contratuais					
	Regulatórias					
Estágio	Preparatórias					
	Colaboração					
Escala	Meso (Empreendimento)					
Subtotal		Total-A	Total-B	Total-C	Total-D	Total-E
Total de Pontos						
Grau de Maturidade						

Fonte: Autor, 2025.

## **5.2 Avaliação do empreendimento através da Matriz de Maturidade BIM**

Avaliação do projeto com a Matriz de Maturidade BIM se inicia com a definição de informações que seguem o fluxo de trabalho proposto pelo método do Succar. Esse fluxo é dividido em cinco etapas que estão descritas e definidas a seguir.

### **Etapa 01: estabelecer a escala organizacional**

A escala organizacional é definida pelo objeto de estudo, o presente trabalho descreve um empreendimento industrial de grande porte. Esse projeto foi seccionado em diferentes tipos de *Construction Work Areas* (CWAs), sendo assim a avaliação foi direcionada para uma área específica que é um CWA. Esses fatores geram um limite na avaliação onde não abrange o BIM no âmbito da organização e nem em mercados. Com isso, conclui-se, que a escala da avaliação é considerada como Meso, a qual avalia empreendimentos e equipes de projeto.

### **Etapa 02: definir o nível do filtro granular**

O Filtro de Competências Granulares propõe uma aplicação do método de forma flexível, que possibilita o enquadramento na profundidade de níveis de detalhes e nos agentes que se envolvem na avaliação. Ao analisar a possibilidade de avaliação do projeto constata-se que o nível de amplitude a ser avaliado é de descoberta. Ele se caracteriza por um nível de detalhes superficiais e tem como resultado esperado um grau básico de capacidade e de maturidade em BIM. A sua pontuação numérica é básica, pode-se aplicar em todas as escalas e implantar internamente. A análise é informal e autoadministrada.

### **Etapa 03: delimitar a avaliação em estágios**

Na presente etapa são determinados os estágios de avaliações caracterizados como real e aquele referente à meta. Os estágios do BIM são definidos por seus requisitos mínimos. O projeto teve a implementação de um *software* de modelagem, no qual a execução do modelo foi baseada em objetos, que atingiu ao estágio 01, que é a modelagem fundamentada em objetos. Os modelos foram executados de forma

multidisciplinar com a colaboração dos integrantes das diversas disciplinas de projeto em um ambiente comum de dados. A avaliação foi executada no estágio 02, que é a colaboração baseada em modelos.

O projeto teve algumas práticas que alcançaram o estágio 03 que é a integração fundamentada em redes, porém elas não abrangeram todas as áreas do serviço. Algumas práticas como a gestão de custos, proporção do modelo nas dimensões de BIM 4D, de BIM 5D e o compartilhamento total de dados não foram aplicadas de forma integrativa. Com isso, considera-se, que o estágio real da avaliação é o 02 e aquele definido como alvo ou meta é o estágio 03. A colaboração foi proativa e multidisciplinar, os protocolos foram bem documentados e gerenciados dentro do CDE e no repositório da empresa. A equipe de trabalho possuía confiança mútua e as demandas do projeto eram compartilhadas entre os membros.

#### **Etapa 04: avaliação das competências em relação a maturidade**

As competências preconizadas no método são avaliadas individualmente dentro de cada área conceitual do BIM, que é a política, os processos e as tecnologias. Sendo assim, existem doze pontuações individuais relacionadas, das quais dez são áreas de competências, o estágio de capacidade e a escala organizacional.

Os níveis de maturidade são classificados como, (a) inicial de 10 pontos, (b) definido de 20 pontos, (c) gerencial de 30 pontos, (d) integrado de 40 pontos e (e) otimizado de 50 pontos. Ao final da avaliação de uma competência é correlacionado um nível de maturidade.

#### ***Avaliação das competências na área de tecnologias***

O primeiro critério analisado é o grau de maturidade na utilização de *softwares* e plataformas. No empreendimento em análise o uso dos *softwares* foi monitorado e regulamentado pelo coordenador BIM com a anuência do coordenador do projeto e da gerência. A seleção do uso das plataformas foi gerida e criteriosamente escolhida relacionada aos entregáveis, ou seja, a coordenação da engenharia avaliou, aprovou a utilização de plataformas e dos ambientes comuns de dados fundamentada nos

serviços a serem fornecidos. O processo de modelagem foi executado de forma integrada, com sincronia e planejamento entre as disciplinas, o que gerou modelos interdisciplinares. Esse fato propiciou representações 2D, com quantificações, com análises e com estudos que propiciaram as melhores soluções de engenharia. O fluxo de dados foi documentado e gerenciado para as entregas dos modelos, para os critérios de aceitação e as características que foram requisitados. O Ambiente Comum de Dados era controlado e regulamentado, as trocas de dados e os armazenamentos foram executados no repositório da empresa de forma a garantir o acesso global dos envolvidos nas diversas etapas do ciclo de vida do empreendimento. A interoperabilidade foi um fator obrigatório, as características de exportação do modelo foram monitoradas e tratadas como requisitos de entregas, sendo assim todos os modelos foram entregues na extensão em IFC. Após a análise desses fatores, concluiu-se que o grau de maturidade em BIM dessa competência é classificado como “Gerenciado” e a pontuação atribuída a ele é de 30 pontos.

O critério de *hardware* é um fundamento essencial para o desenvolvimento adequado dos projetos e das demandas de grande parte dos projetos em BIM, o que necessita investimentos mais robustos. Grande parte dos equipamentos para o uso do BIM foi adequada, porém não existiam especificações técnicas mínimas para a aquisição e para o fornecimento, as demandas eram tratadas pontualmente por um colaborador ou representante das disciplinas de projetos. O fornecimento de equipamentos, de atualizações ou de aparelhos periféricos era tratado como custos e foi realizado quando havia extrema necessidade. A condição dos equipamentos não inviabilizou a execução do projeto, porém os entregáveis poderiam ter maior agilidade e o tempo em soluções para interferências e problemas se otimizaram. Ao analisar esse critério, nota-se um grande empenho para o desenvolvimento dos modelos em uma plataforma consagrada e com critérios de compartilhamento, porém, padrões baixos nos quesitos de *hardware*. Sendo assim, o grau de maturidade em BIM nessa competência é caracterizado como “Inicial” com nota atribuída em 10 pontos.

Os últimos critérios dentro da área de tecnologias são as soluções adotadas para redes. As soluções para compartilhamento de informações e o controle de acesso foram executadas dentro do repositório e via CDE que se aplica ao empreendimento e aos fornecedores. O compartilhamento, a coleta e o armazenamento de informações

foram realizados via Ambiente Comum de Dados, onde ocorriam as reuniões com registros, as tomadas de decisões e as soluções de interferências em tempo real e com o envio de notificações para todos os envolvidos. As soluções de rede permitiram diversas funcionalidades do processo BIM como a integração através do compartilhamento em tempo real de dados, de informações e de conhecimento. As soluções incluíram canais específicos que possibilitaram o intercâmbio de dados intensivos (troca interoperável) entre as partes interessadas. Essa competência em BIM foi bem desenvolvida e gerida pelos coordenadores, que por meio de treinamentos aperfeiçoaram as capacidades das equipes de projeto. O grau de maturidade em BIM desse critério foi considerado como “Integrado” e a sua nota foi 40 pontos.

### ***Avaliação das competências na área de processos***

A primeira competência avaliada na área de processos são os recursos de infraestrutura física e de conhecimento. O ambiente de trabalho foi identificado como fator que possibilitou o aumento de produtividade. O escritório foi montado para o desenvolvimento do empreendimento, com espaço adequado e amplo, com salas de reuniões, com auditório e em um local próximo à implantação. Esse fato resultou no aumento de produtividade e na execução de entregas com qualidade e ordem. O ambiente de trabalho propiciou as práticas de integração entre as disciplinas, a proximidade entre os agentes envolvidos, a cooperação interna entre os colaboradores e os fornecedores. O conhecimento foi sempre reconhecido como um ativo que era devidamente armazenado no repositório da empresa. Os colaboradores tinham entendimento dos processos em BIM, porém algumas informações gerenciais não eram amplamente compartilhadas. Após a análise desses fatores, conclui-se que o grau de maturidade em BIM dessa competência está entre “Definido” e “Gerenciado”, a pontuação atribuída foi de 30 pontos.

Os indicadores de recursos humanos são competências avaliadas dentro da maturidade BIM. Eles têm como critérios as atividades desenvolvidas, o fluxo de trabalho, o conhecimento, as habilidades, a experiência dos colaboradores, os papéis e dinâmicas relevantes que potencializam a gestão do empreendimento em BIM. No projeto analisado as funções foram bem definidas e os integrantes foram selecionados

por terem experiências prévias de participações em projetos similares. O fluxo de informação foi estabelecido, as funções em BIM foram visíveis e os objetivos, dessa gestão do projeto, foram atingidos de forma mais consistente. A cooperação interna ocorreu por meios de comunicação com ferramentas de lições aprendidas, porém sem a ampla divulgação. O principal fator que resultou no resultado da avaliação foi que o planejamento da implantação do BIM aplicou-se apenas a esse empreendimento independente, conforme a necessidade, e não como forma de cultura organizacional. O grau de maturidade atribuído a essa competência é de “Definido”, o que resulta na nota de avaliação de 20 pontos.

A avaliação exposta envolve a verificação das capacidades dos produtos e serviços. No caso desse empreendimento foram avaliados os entregáveis, as especificações, o desenvolvimento dos entregáveis e dos produtos fornecidos ao longo do processo. Os modelos foram uma grande entrega para o projeto, eles envolveram diversos profissionais das disciplinas de engenharia. Esse fato resultou na necessidade de uma quebra de detalhes para que se mantivessem as análises e verificações técnicas. A inovação foi um valor que o projeto conquistou, porém, a sua adoção algumas vezes foi sem progressões ou padrões especificados. O grau de maturidade nessa competência ficou aquém dos resultados alcançados no empreendimento. O projeto foi classificado como “Definido”, o que resulta na nota de avaliação de 20 pontos.

A última etapa de avaliação dos processos consiste em verificar os critérios de liderança que são o gerenciamento, a inovação, as estratégias de implantação, a comunicação e a renovação. Os líderes, os gerentes e os coordenadores adotaram uma visão comum sobre BIM, os colaboradores entendiam a importância da implantação, porém com algumas divergências sobre a necessidade. A implementação BIM poderia ser melhor caso fosse planejada conforme diretrizes e orientações em fases anteriores do empreendimento. O BIM foi tratado como uma mudança de processos baseada em uma tecnologia específica. Poucos colaboradores tinham a noção das outras áreas que envolvem o BIM, como a mudança dos processos, a política e a cultura do projeto. Esse aspecto direciona a avaliação para um conceito de maturidade BIM como “Definido”, que resulta em uma nota de 20 pontos. Destaca-se que a sua implementação muitas vezes foi conduzida

por diretrizes de tecnologias de modelagem, o que resulta em uma implantação inicial sem uma estratégia definida que foi se amadurecendo ao longo do projeto.

### ***Avaliação das competências na área de políticas***

A esfera de políticas abrange a avaliação das competências preparatórias, aquelas que foram aplicáveis ao empreendimento são os treinamentos e definição de entregáveis. Os treinamentos para os colaboradores foram integrados nas estratégias organizacionais e nas metas de desempenho. Os meios de treinamento foram incorporados ao conhecimento dos colaboradores através dos canais de comunicação. Para o empreendimento os colaboradores envolvidos participaram de treinamentos específicos e voltados ao desenvolvimento dos projetos em BIM. Os entregáveis foram definidos em todas as etapas do desenvolvimento do projeto, as construções dessas definições foram fomentadas pelas lideranças com o apoio do coordenador de projetos em BIM. Sendo assim, o grau de maturidade em BIM desse critério foi considerado como “Integrado” e a sua nota foi de 40 pontos.

A segunda competência avaliada nessa área abrange os critérios das políticas regulatórias, que são as diretrizes, os padrões, a classificação e as referências utilizadas no projeto. Para a modelagem e compartilhamento das informações existiram diretrizes para o BIM, que estavam em um controle de qualidade aferido pelo coordenador BIM com a participação dos especialistas de cada disciplina. As diretrizes do BIM foram executadas em conformidade com as necessidades do empreendimento e fornecidas para os colaboradores em treinamentos e ficaram disponíveis nas pastas do CDE, juntamente com os padrões de entrega do BIM. Os padrões de modelagem e de entrega da documentação foram bem definidos, inclusive nas especificações técnicas de contratação dos fornecedores. Essas definições foram executadas a partir das progressões das necessidades desconsiderando um plano específico. As características supracitadas direcionam a avaliação para um estágio de “Definido”, com a pontuação de 20 pontos.

A última competência avaliada na matriz de maturidade são as políticas contratuais. Os requisitos do BIM foram reconhecidos contratualmente, inclusive definindo as responsabilidades pela gestão da informação. Existiram mecanismos para gerir a

propriedade intelectual do projeto e o seu compartilhamento. Após a análise desses fatores, conclui-se que o grau de maturidade em BIM dessa competência é “Gerenciado” e a pontuação atribuída é de 30 pontos.

O estágio de avaliação foi caracterizado como Meso, o nível de maturidade atribuído a esse critério foi gerencial. Ao avaliar a escala do objeto de estudos define-se que ela está executada de forma colaborativa com características gerenciais de implantação do BIM.

### Etapa 05: avaliação dos resultados

A avaliação dos resultados compreende correlacionar os parâmetros e critérios adotados nas etapas anteriores na tabela 16 que demonstre as principais relações entre eles. O preenchimento das tabelas referentes à Matriz de Maturidade BIM está no Apêndice 01 do presente trabalho, porém os critérios adotados foram detalhados nos itens anteriores.

Tabela 16: Resultados da maturidade BIM na matriz do Succar

MATRIZ DO GRAU DE MATURIDADE BIM						
COMPETÊNCIAS BIM		Inicial	Definido	Gerenciado	Integrado	Otimizado
		10 pts	20 pts	30 pts	40 pts	50 pts
Tecnologia	Software			●		
	Hardware	●				
	Rede				●	
Processos	Liderança		●			
	Recursos Humanos		●			
	Infraestrutura			●		
	Produtos e Serviços		●			
Políticas	Contratuais			●		
	Regulatórias		●			
	Preparatórias				●	
Estágio	Colaboração			●		
Escala	Meso (Empreendimento)			●		
Subtotal		10	80	150	80	0
Total de Pontos						320
Grau de Maturidade						26,67

Fonte: Autor, 2025.

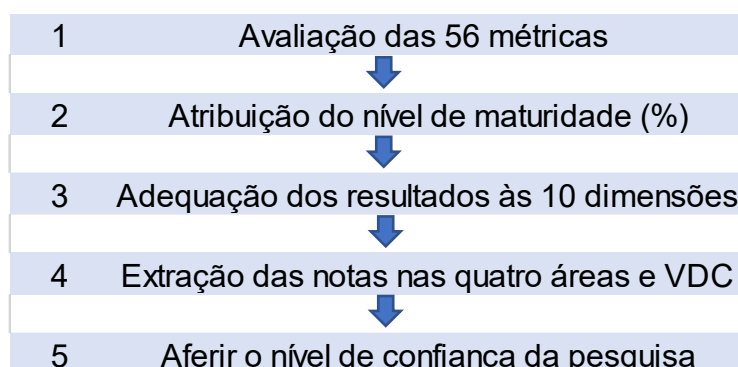
A tabela acima apresenta dados das avaliações de maturidade por área e competências e o resultado numérico do grau de maturidade que é 26,67. Para efeito

de comparações e estudos esse valor foi associado a um índice em percentual, que representa 53,34%. Conclui-se que o empreendimento em análise atingiu um grau de maturidade de 53,34%, que se refere à caracterização do BIM como definido e gerenciado.

### 5.3 Método VDC/BIM - VDC Scorecard

O VDC *Scorecard* tem como característica principal a função de adaptação aos diversos tipos de empreendimentos, de projetos e de implantações do BIM no AECO. Ao aferir a maturidade dos processos e das tecnologias o método preconiza melhorias contínuas que serão contempladas nas avaliações. A avaliação desempenhada nesse estudo vai ser orientada pelo fluxo de trabalho representado na figura 51.

Figura 51: Fluxo de trabalho da avaliação com o VDC *Scorecard*



Fonte: Autor, 2025.

A primeira etapa da avaliação consiste em avaliar as 56 métricas em níveis percentuais para que cada resultado componha as notas de cada dimensão do projeto. Essa avaliação consiste em uma descrição dos fatores adotados em cada métrica no empreendimento e a possibilidade de melhorias em cada quesito. Os critérios para a adoção da avaliação das métricas serão descritos de forma textual e as notas serão atribuídas a cada uma em uma tabela dividida entre as quatro áreas e as 10 dimensões. As notas de cada métrica serão definidas com uma pontuação de 0 a 10.

A segunda fase contempla a associação das notas, em percentuais que se referem ao nível de maturidade, em uma planilha a cada métrica. A etapa subsequente consiste na execução das avaliações de cada dimensão. Sendo assim, será

executada uma média das notas alcançadas individualmente em cada métrica e o resultado é a maturidade alcançada em cada dimensão.

A quarta etapa consiste em uma etapa posterior àquela que é relacionar os resultados de cada métrica à dimensão, ela envolve a associação das notas às áreas. Após verificar a média aritmética de cada dimensão serão associados percentuais, preconizados na metodologia, como parcelas do total. Eles contribuem para a nota final de cada área. Os resultados das médias serão multiplicados pelos percentuais e a soma gera o total das áreas. A figura 52 ilustra a composição da nota final dessa metodologia.

Figura 52: Etapas 03 e 04 do fluxo de trabalho do VDC Scorecard

		Composição da Avaliação VDC Scorecard											
Etapas	4	VDC Scorecard											
		Valor em percentual											
		Áreas		Planejamento (20%)			Adoção (20%)		Tecnologia (25%)		Desempenho (35%)		
		Total Dimensões											
3		Dimensões (%)	Objetivo (40%)	Padronização (30%)	Preparação (30%)	Processo (50%)	Organização (50%)	Maturidade (40%)	Cobertura (20%)	Integração (40%)	Quantitativo (70%)	Qualitativo (30%)	
		Valor em percentual											
		Média Métricas											

Fonte: Autor, 2025.

Na parte esquerda da imagem anterior são identificadas as etapas 3 e 4 para elucidar o entendimento na formação das notas e das composições dos resultados por dimensões e áreas. Um importante passo dentro da etapa 04 é associar os resultados obtidos por área e o resultado total do VDC Scorecard ao nível de maturidade proposto pela metodologia.

A última etapa se refere à verificação da confiabilidade da avaliação, o método analisado possui sete fatores que possibilitam informar o nível de confiança dos resultados. A figura 53 representa os fatores analisados e os percentuais que compõem a nota final.

Figura 53: Avaliação do nível de confiança do VDC Scorecard

Nível de Confiança - Percentuais e Critérios	
20%	Colaboração / Nível de conhecimento
	+
20%	Plenitude / Conclusão com os envolvidos
	+
10%	Duração Total da Pesquisa
	+
20%	Acesso a Documentação / Disponibilidade
	+
10%	Engajamento / Fase de Avaliação
	+
10%	Participação dos Stakeholders
	+
10%	Frequência de uso do VDC Scorecard
	=
Total - Nível de Confiança	

Fonte: Autor, 2025.

Ao finalizar a quinta etapa segue-se para a apresentação dos resultados e verificação das possíveis melhorias dentro da avaliação e nos critérios do nível de confiança da pesquisa.

#### 5.4 Avaliação do empreendimento através VDC Scorecard

A avaliação do empreendimento foi executada conforme o preconizado nas normativas do VDC Scorecard e as cinco etapas descritas no presente capítulo.

##### Primeira etapa da avaliação

A primeira etapa da avaliação consiste na avaliação das 56 métricas. Esse diagnóstico foi desenvolvido e dividido por dimensão e por área de verificação.

### ***Área de avaliação de planejamento***

A primeira área de avaliação consiste no planejamento que é subdividido em três dimensões, que são objetivo, padronização e preparação. Dentro dessas dimensões serão avaliadas 13 métricas.

#### *Avaliação da dimensão do objetivo*

As métricas que envolvem a dimensão dos objetivos do projeto analisado são:

- Formalização dos objetivos do empreendimento;
- Objetivos em BIM;
- Objetivos quantitativos em BIM;
- BIM e os objetivos gerais do projeto;
- Interação dos stakeholders e o BIM.

A formalização dos objetivos dentro do empreendimento destacou-se pela elaboração de metas claras de entregáveis e de planejamento nas etapas de projeto, de construção e montagem, de comissionamento a frio e a quente, de operação assistida e no início da operação. Existe um ponto passível de melhoria que é a comunicação contínua dos objetivos para toda a equipe do projeto. A nota atribuída para essa métrica foi de 8,0 pontos.

Os objetivos do BIM, que incluem a modelagem em objetos paramétricos, não foram claramente e totalmente definidos desde o início do projeto. Algumas metas na área do BIM foram aplicadas e definidas ao longo do desenvolvimento e do amadurecimento do projeto. Elas se alinharam às necessidades dos entregáveis e às demandas dos agentes envolvidos no ciclo de vida do empreendimento. Um aspecto positivo foram as especificações técnicas de serviços para a contratação de fornecedores que preconizavam o uso do BIM nos seus entregáveis. A nota atribuída para essa métrica foi de 5,0 pontos.

Os objetivos quantitativos retratam uma situação semelhante àqueles referentes ao BIM, os quais a implantação foi analisada sob a ótica de necessidade de implantação. Exemplos dessa aplicação foram os modelos interdisciplinares e a realidade virtual para as reuniões com os agentes dentro das necessidades eminentes. A nota atribuída para essa métrica foi de 4,0 pontos.

A relação entre os objetivos gerais do projeto e aqueles traçados com a implantação do BIM foi direcionada através da hierarquia das metas. A implantação do BIM se enquadrava como uma ferramenta para atender às necessidades e aos entregáveis do projeto. Em alguns casos existiu a oportunidade de integrar e de relacionar os objetivos e os marcos do empreendimento aos benefícios alcançados com o BIM e através dessa implantação seria possível cumprir as metas. Muitas vezes algumas lideranças não visualizavam o BIM como um meio eficaz de cumprir prazos e metas com excelência. A nota atribuída para essa métrica foi de 4,0 pontos.

A rotina de reuniões está vinculada à interação das práticas de gestão de projeto em BIM com os diversos agentes do ciclo de vida do empreendimento. As reuniões sempre eram executadas nas rotinas de aprovações, com o envolvimento dos *Stakeholders*, em *Design Reviews*. Para aprovações mais amplas foram utilizados métodos de apresentação dos modelos com realidade virtual. Esse aspecto, de interação, foi bem positivo no projeto. Um aspecto negativo foi a falta de diligência e de proatividade de alguns agentes como aqueles que representam a manutenção e operação das áreas entregues. A nota atribuída para essa métrica foi de 8,0 pontos.

#### *Avaliação da dimensão da padronização*

As métricas que envolvem a dimensão da padronização do projeto analisado são:

- Diretrizes BIM;
- Conteúdo das diretrizes BIM;
- Contribuições para futuras diretrizes.

As diretrizes para a implantação do BIM existem a nível empresarial, porém não tiveram aplicação direta no empreendimento. A organização possui um requisito

mínimo de implantação, o qual deveria ser seguido para a implantação do BIM. No empreendimento a implantação do BIM seguiu diretrizes de consultores e o conhecimento dos coordenadores e dos especialistas do projeto. Nessa avaliação conclui-se que a implantação deveria seguir os requisitos mínimos da empresa com alterações propostas pelos envolvidos para adequar as características específicas do projeto. A nota atribuída para essa métrica foi de 6,0 pontos.

O conteúdo das diretrizes foi amadurecendo em conformidade com as necessidades e com o desenvolvimento dos entregáveis. Esse fato poderia ser aprimorado com o planejamento integrado entre as metas do empreendimento e a utilização do BIM, conforme comentado nos tópicos anteriores. Um aspecto positivo foram as especificações técnicas para os fornecedores, prioritariamente de serviços, que tinham como premissa o desenvolvimento e o fornecimento dos produtos em BIM. Esse fato foi relevante, mas não impulsionou a avaliação dessa métrica, a nota atribuída para ela foi de 5,0 pontos.

As contribuições para futuras diretrizes foram apresentadas no final do projeto na forma de lições aprendidas, dentre elas está a aplicação do BIM. Uma possível melhoria seria a execução dos aprendizados no final de cada etapa ou de cada CWA do empreendimento, as fases subsequentes ou futuros projetos já teriam conhecimento. A nota atribuída para essa métrica foi de 7,0 pontos.

#### *Avaliação da dimensão da preparação*

As métricas que envolvem a dimensão da preparação do projeto analisado são:

- Forma de interação;
- Tipo de informação gerenciável;
- Orçamento em BIM;
- *Softwares* utilizados;
- Compartilhamento de dados.

A primeira métrica avaliada é a forma de interação entre os agentes envolvidos no ciclo de vida do empreendimento. As principais formas de interação foram em rotinas de reuniões com o envolvimento da equipe de serviço, dos agentes externos, multidisciplinares, focadas em uma disciplina, com a participação dos fornecedores, dos coordenadores e dos *stakeholders*, como por exemplo os *Design Reviews*. Grande parte das reuniões tinham uma rotina estabelecida com antecedência. A interação por meio de reuniões e pela comunicação de problemas, de soluções, de interferências era por meio do CDE, no qual era possível acessar os registros de reuniões com o envio de notificações automáticas. A nota atribuída para essa métrica foi de 9,0 pontos.

O tipo de informação gerenciável foi compartilhado através da equipe de planejamento. Muitas vezes essas informações não eram publicadas em meios oficiais ou eram fornecidas apenas para uma parte da equipe de projeto, isso é uma grande possibilidade para melhoria em serviços futuros. A nota atribuída para essa métrica foi de 5,0 pontos.

A métrica de orçamento em BIM não pode ser avaliada em virtude de normativas da organização, em que os colaboradores não têm contato com o custo dos serviços. Os modelos desenvolvidos foram capazes de gerar listas de quantidades dos objetos paramétricos, porém sem a característica de custo. Sem a possibilidade de avaliação não foi atribuída uma nota específica para essa métrica e ela não foi considerada para aferir a média da dimensão e o resultado.

Os *softwares* e plataformas utilizados possibilitaram a modelagem de objetos paramétricos, as verificações multidisciplinares, a análise de interferências, as aprovações e verificações por parte dos especialistas, da equipe de projetos e dos agentes envolvidos no ciclo de vida do empreendimento. A caracterização das plataformas está na descrição do empreendimento, no capítulo 04. Ressalta-se que todos os modelos tinham como premissa a entrega em IFC. A nota atribuída para essa métrica foi de 10,0 pontos.

A última métrica da preparação é o compartilhamento de dados, grande parte dessa avaliação foi mensurada com os dados compartilhados em BIM e aqueles referentes

ao desenvolvimento dos entregáveis. Os dados e informações foram compartilhados por meio do ambiente comum de dados. Com o CDE foi possível o acesso às regulamentações, aos critérios de modelagem e de projeto, às atas de reuniões com as tarefas associadas, à visualização dos modelos e suas revisões, aos comentários, às interferências, aos problemas e às adequações que deveriam ser executadas nos modelos. Existe um ponto de melhoria aferido que foi a falta de compartilhamento de informações, gerenciais, por meios oficiais com todos os membros da equipe de projeto. Esse último não influenciou substancialmente a avaliação final que teve como nota atribuída para essa métrica 9,0 pontos.

### ***Área de avaliação de adoção***

A segunda área de avaliação consiste na adoção que é subdividida em duas dimensões, que são os processos e a organização. Dentro dessas dimensões serão avaliadas 18 métricas.

#### *Avaliação da dimensão dos processos*

As métricas que envolvem a dimensão dos processos do projeto analisado são:

- Características da Informação, Colaboração e Engenharia (ICE);
- Aplicação BIM;
- Características *Integrated Project Delivery* (IPD);
- Eficiência das Reuniões;
- Latência dos pedidos de informações (request for information);
- Análise do processo.

As características do ICE dentro do empreendimento avaliado foram fundamentadas em uma gestão integrada em processos digitais. Ao avaliar o ICE foi verificada a forma como a informação, a colaboração e a engenharia foram integradas para proporcionar um ciclo de entregas com maior eficiência. Na fase de execução dos projetos a informação se concentrou no ambiente comum de dados de forma organizada e integrada o que otimizou as fases de planejamento, de desenvolvimento de projeto,

de construção e montagem. Os colaboradores receberam treinamentos para se capacitarem às funcionalidades do CDE. Conforme destacado nos tópicos anteriores a comunicação e a gestão da informação não foram plenamente eficientes em alguns aspectos. A colaboração entre equipes de trabalho e os especialistas de todas as disciplinas de projeto ocorreu de forma ordenada e com as rotinas de reuniões multidisciplinares, que englobaram a atribuição de responsabilidades e de tarefas atribuídas no repositório e no CDE. A proximidade entre os colaboradores foi um ponto positivo dentro da integração das disciplinas de projeto e recebeu um destaque para agilidade de resolução de interferências e soluções. A execução da engenharia com a equipe de projeto foi integrada e ocorreu de forma colaborativa. A equipe de projeto teve como objetivo o envolvimento de todos os *stakeholders* nas etapas de desenvolvimento e nas tomadas de decisão. O envolvimento dos responsáveis pela construção, montagem, manutenção e operação garantiu uma visão mais completa das soluções e propostas. Um ponto de atenção é a noção de que os agentes envolvidos têm rotinas e afazeres dentro da organização e não teriam a disposição plena para essa integração. A nota atribuída para essa métrica foi de 8,0 pontos.

A aplicação do BIM foi caracterizada pela adoção da ferramenta para atender às necessidades do projeto ao longo do desenvolvimento. Com isso, apesar dos bons resultados, a implantação do BIM não teve um planejamento inicial com diretrizes fundamentadas na etapa de estudos. Um aspecto muito relevante, previamente destacado, foi a existência de profissionais aptos a implantar o BIM. Isso resultou em especificações técnicas que preconizavam que os fornecedores executassem os serviços dentro dos parâmetros dessa tecnologia. A nota atribuída para essa métrica foi de 6,0 pontos.

Existe uma métrica de avaliação no VDC *Scorecard* que é as características IPD dentro do projeto analisado. Os principais padrões avaliados no IPD são apresentados, com as avaliações a seguir:

- Colaboração e integração: as reuniões dos envolvidos nas diversas etapas do empreendimento e o compartilhamento de informações elevou o grau de colaboração e integração e potencializou os resultados do BIM no projeto;

- Tecnologia em BIM: todos os fornecedores entregaram os seus produtos com o uso de tecnologias digitais em três dimensões e com a interoperabilidade via IFC. Destaca-se que algumas disciplinas de projeto como as fundações do galpão foram dimensionadas e depois modeladas devido a metodologias de cálculo;
- Compartilhamento de riscos e de responsabilidades: as responsabilidades foram definidas e compartilhadas de forma coordenada e gerenciada. A gestão de riscos não foi bem partilhada entre os especialistas de projeto e eram tratados como informações gerenciais sem ampla divulgação;
- Tomada de decisão: a tomada de decisão foi um aspecto positivo em que existe um valor fundamental do empreendimento e da organização e a responsabilidade partilhada em decisões e soluções multidisciplinares.
- Transparência e confiança: os principais integrantes da equipe de projetos multidisciplinares já haviam realizado serviços similares em conjunto, esse fator eleva o grau de confiança e transparência.
- Redução de custos e desperdícios: esse conceito foi bem assimilado por grande parte da equipe de projeto, de construção e montagem, porém existiram retrabalhos em algumas disciplinas em busca de alternativas menos onerosas. Esse conceito não foi amplamente assimilado pela equipe.
- Qualidade e eficiência: os profissionais envolvidos no empreendimento foram selecionados com processos e com premissas de experiências prévias em trabalhos correlatos o que proporcionou um aumento de qualidade do resultado.
- Gestão de mudanças: a gestão de mudanças foi direcionada como uma informação gerencial não divulgada amplamente.

Dentre as características expostas acima atribui-se a nota 7,0 pontos para a métrica do IPD.

A eficiência das reuniões foi aferida pela complexidade e agilidade na tomada de decisões multidisciplinares. O projeto teve uma rotina de reuniões bem estruturada que possibilitou o fluxo de informações e de soluções para incompatibilidades. Alguns profissionais demoraram para assimilar os objetivos e necessidades dos eventos, com

isso ocorreu uma perda inicial de eficiência das reuniões, o que impactou no resultado. A nota atribuída para essa métrica foi de 8,0 pontos.

A latência dos *requests for information* (RFI), que pode ser associada às consultas técnicas e solicitações de informações, é definida como o tempo de resposta e a frequência dessas solicitações por parte dos fornecedores. Existiu uma norma que determinou que o tempo de envio da informação não poderia extrapolar 5 dias, porém a equipe de projeto assimilou que seria uma prioridade responder o mais breve possível os RFIs. A frequência dessas solicitações pode ser considerada baixa, ocorreu um empenho dos integrantes em disseminar a informação e a documentação em estágios preliminares de desenvolvimento dos serviços. A nota atribuída para essa métrica foi de 8,0 pontos.

A análise do processo BIM ocorria com baixa organização na medida em que os entregáveis e os marcos se encerravam, sem definições prévias de critérios e padrões de análises. O empreendimento registrou as lições aprendidas e os pontos positivos ao encerramento das atividades. A nota atribuída para essa métrica foi de 5,0 pontos.

#### *Avaliação da dimensão da organização*

As métricas que envolvem a dimensão de organização do projeto analisado são:

- Motivo do uso BIM;
- Nível de habilidade do BIM;
- Treinamento;
- Forma de treinamento;
- Percentual do tempo de treinamento;
- Percentual do tempo integral equivalente ou *full time equivalent* (FTE) de uso do BIM;
- Envolvimento;
- Experiências BIM;
- Líder BIM;
- Atitude dos envolvidos;

- Ação dos stakeholders;
- Nível da organização.

O motivo do uso do BIM é alcançar benefícios de projetos, de planejamento e de construção e montagem. Alguns colaboradores possuíam a noção dos benefícios que poderiam ser alcançados com sua implantação, porém a otimização dos processos e das alterações culturais não foram os motivos preponderantes para o uso do BIM. A nota atribuída para essa métrica foi de 6,0 pontos.

O nível de habilidade da equipe e de familiaridade com as plataformas e com o ambiente comum de dados foi sendo consolidado ao longo do período do projeto. Esse foi o maior impacto no resultado final. Destaca-se que alguns colaboradores, especialistas e coordenadores tinham habilidades relevantes em BIM. Para a gestão do BIM foi contratado um consultor que tinha como função ser o coordenador de projetos em BIM, o qual possuía um nível de habilidade elevado nesse aspecto. A nota atribuída para essa métrica foi de 6,0 pontos.

No empreendimento em análise visualizou-se a necessidade de treinamento para que a equipe se familiarizasse com o BIM e com as suas aplicações no empreendimento. Com isso, ocorreu uma rotina de treinamentos a qual abrangia, dentre outras, a utilização de plataformas, as interfaces com os agentes envolvidos no ciclo de vida do empreendimento e as funcionalidades do CDE. Esses treinamentos eram ministrados a partir da demanda dos projetos e das funções em BIM que os colaboradores exerciam ao longo do empreendimento. Ressalta-se que eles tinham o apoio contínuo do coordenador de projetos em BIM. A nota atribuída para essa métrica foi de 7,0 pontos.

A forma de treinamento que foi utilizada variou com momentos presenciais e online. Os treinamentos eram ministrados pelos coordenadores de projeto ou de BIM e por agentes externos com a capacidade de transmitir o conhecimento para os colaboradores. Um ponto que poderia ser melhorado foi a densidade dos treinamentos, que muitas vezes foi superficial, o que gerou situações de “autoaprendizado” em algumas funcionalidades do BIM. A nota atribuída para essa métrica foi de 6,0 pontos.

O percentual de tempo dispendido em treinamentos foi um pouco aquém da magnitude da implantação. Os treinamentos eram ministrados sob demanda e de forma superficial, o que gerou diversas requisições e atendimentos realizados pelo coordenador BIM. Uma lição aprendida seria a capacitação ampla e com o nível de conhecimento adequado. Os treinamentos poderiam ter um planejamento como minicursos, com a possibilidade de acessos remotos e nos horários em que os colaboradores tivessem disponibilidade. A nota atribuída para essa métrica foi de 5,0 pontos.

O tempo integral equivalente ou FTE se refere ao índice que mediria a produtividade dos envolvidos no empreendimento no cenário do BIM. Essa métrica não pode ser avaliada devido a necessidade de implantação de medidas e de verificações com mais integrantes da equipe de projeto. Com isso não foi atribuída nota à presente métrica.

A avaliação do envolvimento nesse empreendimento foi realizada a partir de duas vertentes entre os agentes internos e externos. Os agentes externos forneceram grande parte dos produtos em BIM e atenderam às rotinas de gestão e às reuniões propostas para gerir os pacotes de serviços. O envolvimento dos agentes internos pode ser classificado como positivo e benéfico ao empreendimento, porém com uma ressalva à qual alguns colaboradores apresentaram resistência com a mudança de cultura e de processos que preconiza a implantação do BIM. A nota atribuída para essa métrica foi de 8,0 pontos.

As experiências BIM foram quantificadas individualmente por colaboradores. Grande parte da equipe possuía experiência em empreendimentos de grande porte, porém sem o uso amplo das tecnologias e processos preconizados no BIM. Com isso foi contratada uma consultoria externa com um coordenador de projetos em BIM para aplicar essas metodologias. A nota atribuída para essa métrica foi de 5,0 pontos.

O projeto dispôs de duas lideranças com o conhecimento em processos e habilidades em BIM. O coordenador de projetos em BIM e o coordenador de projetos foram os precursores e disseminadores dos conhecimentos práticos de implantação desse sistema. Uma lição que poderia ser adotada é a inclusão de mais lideranças em outras

áreas com o conhecimento em BIM, como a de planejamento e de construção e montagem. A nota atribuída para essa métrica foi de 8,0 pontos.

A atitude dos agentes internos foi, na maioria, de receptividade ao uso do BIM, das rotinas de gestão e dos processos que o preconizam. Existe uma ressalva, à qual alguns colaboradores apresentaram resistência com a mudança de cultura e de processos que preconiza a implantação do BIM. A nota atribuída para essa métrica foi de 6,0 pontos.

Os diversos *stakeholders* envolvidos no projeto possuíam ações de aprovações e verificações das interferências e dos meios de utilização das implantações. Com isso, eles não tiveram contas vinculadas aos modelos e dependiam das exportações do CDE ou da transferência das informações dos especialistas credenciados. A nota atribuída para essa métrica foi de 6,0 pontos.

O nível da organização da utilização do BIM foi um aspecto positivo no empreendimento. A padronização da modelagem, o acompanhamento das entregas, das tarefas, das interferências associadas, das dúvidas de projetos, a compatibilização dos entregáveis em modelos multidisciplinares e os treinamentos da equipe foram atribuições do coordenador de BIM, as quais foram bem estabelecidas e executadas. Com isso o empreendimento se organizou e se estruturou com o envolvimento e o trabalho desse coordenador BIM. A nota atribuída para essa métrica foi de 9,0 pontos.

### ***Área de avaliação de tecnologia***

A terceira área de avaliação consiste nas tecnologias que são subdivididas em três dimensões, que são a maturidade, a cobertura e a integração. Dentro dessas dimensões serão avaliadas 13 métricas. O detalhamento gráfico está no Apêndice 02.

#### ***Avaliação da dimensão da maturidade***

A métrica que envolve a dimensão da “maturidade” é a avaliação dos 5 níveis de maturidade BIM. Os 5 níveis são compreendidos pelos estágios inicial (20%), definido (40%), gerenciado (60%), integrado (80%) e otimizado (100%). A dimensão de

maturidade dentro da área de tecnologia foi avaliada em três critérios os *softwares*, o *hardware* e as soluções de rede.

A seleção e o uso de *softwares* foram gerenciados e controlados de acordo com o tipo de entregáveis. Os modelos BIM foram bases para as vistas 3D, representações 2D, quantificações, especificações e estudos analíticos. O uso de dados, armazenamento e as trocas foram monitorados e controlados. A interoperabilidade foi um diferencial no projeto, todos os entregáveis foram disponibilizados na extensão de IFC.

Os equipamentos para uso do BIM foram parcialmente inadequados. As especificações técnicas exigidas foram baixas para a implantação desse empreendimento. A troca ou atualização dos equipamentos foi tratada como itens de custo e realizada apenas quando foram inevitáveis.

As soluções de rede permitiram diversas funcionalidades do processo BIM. O CDE permitiu a integração através do compartilhamento, em tempo real, de dados, de informações e de conhecimento. As soluções incluíram redes de projeto específicas que permitiram o intercâmbio de dados, a análise de soluções e a integração entre as partes interessadas e agentes envolvidos no ciclo de vida do empreendimento. Ao analisar os aspectos conclui-se que a nota atribuída para a métrica que se refere aos níveis de maturidade é 6,0 pontos.

#### *Avaliação da dimensão da cobertura*

As métricas que envolvem a dimensão da cobertura do projeto analisado são:

- Elementos modelados;
- NOD por fases.

Os elementos modelados abrangeram todas as soluções das disciplinas que foram apresentadas nos itens do capítulo 4 e os objetos foram modelados de forma individual e incluídos no CDE para a verificação de interferências e para criar pendências multidisciplinares. Todos os objetos modelados foram desenvolvidos com parâmetros e características específicas para os fins a que seriam destinados, como por exemplo, a quantificação, a fabricação, para gerar vistas 2Ds, os arquivos para cadastro no

repositório e os documentos para a construção e montagem. A nota atribuída para essa métrica foi de 9,0 pontos.

O presente estudo tem como objetivo parcial a análise da aplicação do BIM em um empreendimento industrial. Essa premissa limita a avaliação da métrica *not optimized design* (NOD) nas fases do projeto. O NOD refere-se a um projeto cujo *design* não foi concebido ou revisado com os princípios do *Virtual Design and Construction* (VDC), ao relacionar isso aos objetivos do projeto, conclui-se que a métrica não pode ser avaliada.

#### *Avaliação da dimensão de integração*

As métricas que envolvem a dimensão de integração do projeto analisado são:

- Formas de exportar o modelo;
- Interoperabilidade (perda de informação);
- Média NOD;
- Adequação NOD;
- Adequação *softwares*;
- Adequação *hardwares*;
- Impacto da perda de informações;
- Percentual dos envolvidos que usam o modelo;
- Percentual dos membros que usam o modelo;
- Percentual de membro externos que acessam ao modelo.

As exportações dos modelos foram feitas na extensão original da plataforma de modelagem e, sempre, em IFC, o que estabeleceu uma base e um banco de dados completamente aberto. Esse fato gerou a possibilidade de inclusão dos modelos nos ambientes colaborativos de dados e do compartilhamento com diversos agentes. O coordenador BIM foi o responsável pela aferição de diversos parâmetros como as elevações e as coordenadas. A nota atribuída para essa métrica foi de 10,0 pontos.

A interoperabilidade foi executada, majoritariamente, pelo sistema federado o qual era uma importante premissa de entrega dos modelos das diversas disciplinas, dos diferentes fornecedores e dos equipamentos que compõem esse empreendimento. As entregas foram executadas em IFC e compatibilizadas pelo coordenador de projetos em BIM. Não foram registradas perdas de informações na exportação dos modelos, no compartilhamento e na divulgação para os agentes envolvidos no ciclo de vida do empreendimento. A nota atribuída para essa métrica foi de 10,0 pontos.

O presente estudo tem como objetivo específico a análise da aplicação do BIM em um empreendimento industrial. Essa premissa limita a avaliação das métricas e adequação do *not optimized design* (NOD) nas fases do projeto. O NOD refere-se a um projeto cujo design não foi concebido ou revisado com os princípios do *Virtual Design and Construction* (VDC), ao relacionar isso aos objetivos do projeto, concluiu-se que a métrica não pode ser avaliada.

Para a métrica de adequação de *softwares* e plataformas o projeto em análise utilizou majoritariamente plataformas de modelagem 3D, vinculadas ao BIM, para a elaboração dos entregáveis. Dentre as plataformas de modelagem utilizadas destacam-se o Tekla Structures, o Autodesk Revit, o Navisworks e o Autodesk Steel. Para compartilhamento de dados foram utilizados os ambientes comuns de dados da Trimble, o *Trimble Connect* e da Autodesk, *Construction Cloud*. Os modelos foram desenvolvidos e exportados para o IFC, a sistemática de verificação e de compartilhamento ficou definida pela coordenação dos projetos, com orientação e suporte do coordenador de projetos em BIM. A utilização de dois CDEs não impactou no fornecimento de projetos e na perda de dados, eles não foram utilizados simultaneamente. A nota atribuída para essa métrica foi de 9,0 pontos.

Os *hardwares* disponíveis para o uso do BIM foram adequados, porém não existiam especificações técnicas mínimas para a aquisição e para o fornecimento. As demandas eram tratadas pontualmente por colaboradores ou representantes de disciplinas de projetos. O fornecimento de equipamentos, as atualizações ou equipamentos periféricos eram tratados como custos e foram realizados quando havia extrema necessidade. Ao analisar esse critério nota-se um grande empenho para o desenvolvimento dos modelos em uma plataforma consagrada e com os critérios de

compartilhamento, porém padrões baixos nos quesitos de *hardware*. A nota atribuída para essa métrica foi de 3,0 pontos.

A informação técnica e o compartilhamento de dados ou de projetos ocorreram por meio dos ambientes comuns de dados, os profissionais envolvidos possuíam acesso real aos itens compartilhados. As perdas de informações ocorreram quando os dados eram repassados por meios não oficiais, o que dificulta o mapeamento e rastreio. A nota atribuída para essa métrica foi de 7,0 pontos.

O percentual de envolvidos que utilizavam e acessavam os ambientes comuns de dados foi bem satisfatório. Não tiveram registros de falta ou ausência de informações para colaboradores pelo não acesso aos dados. O controle da utilização de dados foi executado pelo coordenador de projetos. A nota atribuída para essa métrica foi de 8,0 pontos.

O percentual de membros que utilizaram e acessavam foi insuficiente para algumas posições e segmentos. Todos os especialistas tiveram acesso ao modelo, porém alguns cargos administrativos, de planejamento e de obra dependiam do acesso de terceiros para a busca de informações. A nota atribuída para essa métrica foi de 5,0 pontos.

O uso externo do modelo foi controlado pelo coordenador de projetos, o qual avaliava a necessidade e agentes que deveriam ter acesso aos dados e visualizações dos projetos. Os diversos agentes envolvidos na operação e manutenção participaram ativamente da elaboração dos modelos, porém em reuniões conduzidas pelos especialistas e/ou fornecedores, o que reduziu a necessidade de utilização do modelo. No final de cada fase de execução os projetos, os modelos e os documentos gerados foram cadastrados no repositório da organização, o qual garante amplo acesso externo para as demais fases do ciclo de vida do empreendimento. A nota atribuída para essa métrica foi de 8,0 pontos.

### ***Área de avaliação de desempenho***

A quarta área de avaliação consiste no desempenho que é subdividido em duas dimensões, que são as métricas quantitativas e aquelas qualitativas. Dentro dessas dimensões serão avaliadas 12 métricas.

#### ***Avaliação da dimensão de quantitativos***

As métricas que envolvem a dimensão de quantitativos do projeto analisado são:

- Alinhamentos aos objetivos;
- Medição de desempenho;
- Alinhamento ao uso do modelo;
- Percentual de RFI (controle);
- Taxa de alteração;
- Taxa de pedidos de alteração;
- Percentual de metas atingidas;
- Maturidade das metas.

A implantação do BIM se enquadrou como uma ferramenta para atender às necessidades e aos entregáveis do projeto. Em alguns casos existiu a oportunidade de integrar e de relacionar os objetivos e marcos do empreendimento aos benefícios alcançados com o BIM, porém não foram executados. Com isso, através dessa relação seria possível cumprir as metas e visualizar os benefícios globais do BIM. Muitas vezes algumas lideranças não visualizavam o BIM como um meio eficaz de cumprir prazos e metas com excelência. A equipe de projeto foi alinhada à implantação do BIM e com às premissas para a sua utilização, porém isso não ocorreu a nível do empreendimento. A nota atribuída para essa métrica foi de 5,0 pontos.

No empreendimento analisado não havia métodos de medição de desempenho estabelecidos previamente ou unificados para todos os recursos. O desempenho era medido individualmente e com critérios de cada liderança. Com isso a nota atribuída para essa métrica foi de 1,0 ponto.

O alinhamento relacionado ao uso do modelo ocorreu em treinamentos e em reuniões multidisciplinares. Cada especialista possui autonomia para execução das reuniões rotineiras de sua disciplina de projetos e das funcionalidades do modelo e do CDE que utilizaria para otimizar as soluções. A nota atribuída para essa métrica foi de 8,0 pontos.

O percentual de requisições de informações, os RFIs, era controlado de maneira multidisciplinar por profissionais da qualidade que executavam a interface entre as etapas de projeto, a construção, a montagem e as soluções estipuladas pelos especialistas. Um ponto de melhoria seria o cadastro de todas as RFIs no ambiente comum de dados. O registro se limitou a uma pasta compartilhada de projetos, com um controle simples. A nota atribuída para essa métrica foi de 6,0 pontos.

A taxa de alteração de soluções foi consideravelmente baixa, o ambiente colaborativo propiciou as soluções mais assertivas com a detecção de interferências em fases preliminares de projeto. Outro fato que contribuiu para a redução de alterações foi o mapeamento com nuvem de pontos das regiões de implantações do projeto. Algumas soluções de engenharia tiveram alterações devido a interferências não cadastradas e não mapeadas. Um exemplo constatado foi a não existência de um poço de visita de esgoto, o que resultou em um retrabalho na etapa de projeto e de obra para o direcionamento do esgoto até um local adequado. A nota atribuída para essa métrica foi de 8,0 pontos.

A taxa de pedidos de alterações das soluções projetadas ou das informações disponíveis foi bem reduzida e se concentrou em rotas de bandejamentos de cabos elétricos e de automação. O fornecedor que desenvolveu a engenharia foi o responsável pela construção e/ou montagem das soluções. Esse método propiciou um grande envolvimento entre as fases de projeto e de construção, como consequência uma redução nos pedidos de alterações. A nota atribuída para essa métrica foi de 9,0 pontos.

O percentual de metas atingidas foi avaliado com relação à implantação do BIM. A utilização desse avanço de processos inerentes ao BIM foi como um meio de suprir as demandas de projeto, à luz das necessidades ao longo da evolução das fases do

empreendimento. Com isso não foram definidas metas iniciais da utilização e da implantação do BIM. Essa métrica está relacionada a maturidades das metas, então a nota será igual para ambas. A nota atribuída para essas duas últimas métricas foi de 3,0 pontos.

#### *Avaliação da dimensão qualitativa*

As métricas que envolvem a dimensão qualitativa do projeto analisado são:

- Avaliação do desempenho;
- Avaliação do modelo;
- Eficiência das reuniões;
- Satisfação do cliente.

As avaliações de desempenho eram realizadas por entregáveis e aplicadas pelos líderes de cada escopo ou frente de serviço. As avaliações dos modelos e entregáveis em BIM eram executadas pelos especialistas e pelo coordenador de projeto. Os documentos passíveis das avaliações dos especialistas eram direcionados ao repositório da organização e nas reuniões semanais multidisciplinares internas eram apresentados. Nesses eventos se expunham os dados das verificações dos arquivos, o prazo, a qualidade, os reportes de atrasos e os pontos passíveis de melhoria. Na etapa da construção e montagem eram realizadas inspeções de segurança semanais e de qualidade que mediam o desempenho das empresas nas entregas e visavam a redução de acidentes. Um aspecto passível de melhorias é a inclusão da aplicação das avaliações de desempenho na etapa de elaboração da engenharia. A nota atribuída para essa métrica foi de 6,0 pontos.

Os modelos foram grandes entregáveis do projeto e foram enviados com critérios e com compatibilizações elaborados pelo coordenador de projetos em BIM. As avaliações de desempenho dos modelos multidisciplinares eram executadas mediante a entrega, a qual era vinculada a eventos de pagamentos. Uma possível melhoria seria fazer avaliações intermediárias antes da entrega final, esse fato reduziria o tempo de avaliação final. A nota atribuída para essa métrica foi de 8,0 pontos.

A rotina de reuniões foi muito bem estruturada e planejada. As reuniões das disciplinas isoladas foram fundamentais para o acompanhamento do desenvolvimento do projeto e das soluções técnicas individuais. As reuniões multidisciplinares foram essenciais para a tomada de decisões técnicas e para a resolução de interferências ou conflitos. Esse último grupo de reuniões, por questões de metodologia e sequência dos temas, se caracterizou por alguns encontros com menos produtividade. Esse fato pode ser considerado natural devido à maturidade das soluções divididas por disciplina, o ideal seria a participação sob demanda dos especialistas, mas entende-se que o acompanhamento é um quesito valioso para a entrega multidisciplinar. A nota atribuída para essa métrica foi de 9,0 pontos.

A satisfação do cliente foi visualizada a cada entrega e a cada participação dos agentes envolvidos na operação. Foram realizadas reuniões de *design review* com a participação dos clientes para verificação das soluções e dos aspectos passíveis de melhorias. O cliente, apesar de ser da mesma organização, sempre foi tratado como prioridade de atendimento. Nas etapas de construção e montagem a participação dos responsáveis pela operação foi intensa, o que gerou melhorias e entregas mais satisfatórias. A nota atribuída para essa métrica foi de 9,0 pontos.

### **Segunda etapa da avaliação**

A segunda etapa da avaliação consiste na atribuição das notas em percentuais referentes a cada métrica. Esses percentuais estão vinculados aos seguintes níveis de maturidade:

- Prática convencional (0%-25%);
- Prática típica (25%-50%);
- Prática avançada (50%-75%);
- As melhores práticas (75%-90%);
- Práticas inovadoras (90%-100%).

A seguir é apresentada a tabela 17 que representa o nível de maturidade associado a cada métrica avaliada. Aquelas que não puderam ser avaliadas foram destacadas como não se aplica (NA).

Tabela 17: Avaliação das métricas do VDC Scorecard

Composição da Avaliação VDC Scorecard										
Áreas	Planejamento (20%)			Adoção (20%)		Tecnologia (25%)			Desempenho (35%)	
Dimensões (%)	Objetivo (40%)	Padronização (30%)	Preparação (30%)	Processo (50%)	Organização (50%)	Maturidade (40%)	Cobertura (20%)	Integração (40%)	Quantitativo (70%)	Qualitativo (30%)
Métricas	Formalização dos objetivos	Diretrizes BIM	Forma de Interação	Características ICE	Motivo do uso do BIM	5 Níveis de Maturidade	Elementos Modelados	Forma de expor o Modelo	Alinhamento aos objetivos	Avaliação do desempenho
<b>Avaliações</b>	<b>80%</b>	<b>60%</b>	<b>90%</b>	<b>80%</b>	<b>60%</b>	<b>60%</b>	<b>90%</b>	<b>100%</b>	<b>50%</b>	<b>60%</b>
Métricas	Objetivos BIM	Conteúdo e diretrizes BIM	Tipo de inf. Gerenciável	Aplicação BIM	Nível de habilidade BIM		NOD por fase	Interoperabilidade (inf.)	Medição do desempenho	Avaliação do modelo
<b>Avaliações</b>	<b>50%</b>	<b>50%</b>	<b>50%</b>	<b>60%</b>	<b>60%</b>		<b>NA</b>	<b>100%</b>	<b>10%</b>	<b>80%</b>
Métricas	Objetivos quantitativos BIM	Contribuições para futuras diretrizes	Orçamento BIM	Características IPD	Treinamento			Média NOD	Alinhamento do uso do modelo	Eficiência das reuniões
<b>Avaliações</b>	<b>40%</b>	<b>70%</b>	<b>NA</b>	<b>70%</b>	<b>70%</b>			<b>NA</b>	<b>80%</b>	<b>90%</b>
Métricas	BIM e os objetivos dos projetos		Softwares Utilizados	Eficiência das reuniões	Forma de Treinamento			Adequação NOD	% RFI (Controle)	Satisfação do cliente
<b>Avaliações</b>	<b>40%</b>		<b>100%</b>	<b>80%</b>	<b>60%</b>			<b>NA</b>	<b>60%</b>	<b>90%</b>
Métricas	Stakeholders BIM		Compart. de dados	Latência RFI	% de Tempo			Adequação Softwares	Taxa de alteração	
<b>Avaliações</b>	<b>80%</b>		<b>90%</b>	<b>80%</b>	<b>50%</b>			<b>90%</b>	<b>80%</b>	
Métricas				Análise de Processo	% FTE (uso) BIM			Adequação Hardware	Taxa de pedidos de alteração	
<b>Avaliações</b>				<b>50%</b>	<b>NA</b>			<b>30%</b>	<b>90%</b>	
Métricas					Envolvimento			Impacto da Informação	% de Metas Atingidas	
<b>Avaliações</b>					<b>80%</b>			<b>70%</b>	<b>30%</b>	
Métricas					Experiências BIM			% de Envolvidos - Modelo	Maturidade das Metas	
<b>Avaliações</b>					<b>50%</b>			<b>80%</b>	<b>30%</b>	
Métricas					Lider BIM			% de membros com o Modelo		
<b>Avaliações</b>					<b>80%</b>			<b>50%</b>		
Métricas					Atitude dos Envolvidos			% uso externo do Modelo		
<b>Avaliações</b>					<b>60%</b>			<b>80%</b>		
Métricas					Ação de Stakeholders					
<b>Avaliações</b>					<b>60%</b>					
Métricas					Nível da organização					
<b>Avaliações</b>					<b>90%</b>					

Fonte: Autor, 2025.

### Terceira etapa da avaliação

A terceira etapa da avaliação consiste na adequação dos resultados de cada métrica para as 10 dimensões. As notas das dimensões foram atribuídas a partir de uma média aritmética dos resultados de cada métrica. Cada dimensão colabora com um percentual específico para a avaliação de cada área, como por exemplo, o objetivo corresponde a 40% do valor da nota da área de planejamento. Esse valor foi somado àqueles referentes às outras dimensões da área de planejamento e o valor da maturidade foi exposto na linha denominada como “total de dimensões”, a seguir é apresentada a tabela 18 com os valores totais por dimensão.

Tabela 18: Resultados das médias das métricas e total das dimensões

Total Dimensões	66%			68%		72%			62%	
Dimensões (%)	Objetivo (40%)	Padronização (30%)	Preparação (30%)	Processo (50%)	Organização (50%)	Maturidade (40%)	Cobertura (20%)	Integração (40%)	Quantitativo (70%)	Qualitativo (30%)
Valor em percentual	23%	18%	25%	35%	33%	24%	18%	30%	38%	24%
Média Métricas	58%	60%	83%	70%	65%	60%	90%	75%	54%	80%

Fonte: Autor, 2025.

### Quarta etapa de avaliação

A quarta etapa da avaliação consiste na extração dos valores por área. As notas atribuídas à linha denominada como “total de dimensões”, na tabela anterior, foram multiplicadas pelo percentual da avaliação que cada área contribui para a nota final do VDC *Scorecard*. A somatória dos valores encontrados em percentual de cada resultado na nota final do VDC *Scorecard*, foi de 66%. Esse percentual se enquadra em um nível de maturidade de uma prática avançada, que resulta em avaliações de 50% a 75%. A tabela 19 demonstra os resultados das áreas e aquele do VDC *Scorecard*.

Tabela 19: Resultados da avaliação do VDC Scorecard

Composição da Avaliação VDC Scorecard										
VDC Scorecard	66%									
Valor em percentual	13%			14%		18%			22%	
Áreas	Planejamento (20%)			Adoção (20%)		Tecnologia (25%)			Desempenho (35%)	
Total Dimensões	66%			68%		72%			62%	
Dimensões (%)	Objetivo (40%)	Padronização (30%)	Preparação (30%)	Processo (50%)	Organização (50%)	Maturidade (40%)	Cobertura (20%)	Integração (40%)	Quantitativo (70%)	Qualitativo (30%)
Valor em percentual	23%	18%	25%	35%	33%	24%	18%	30%	38%	24%
Média Métricas	58%	60%	83%	70%	65%	60%	90%	75%	54%	80%

Fonte: Autor, 2025.

### Quinta etapa da avaliação

A última etapa da avaliação consiste em aferir o nível de confiança do VDC. O nível de confiança é apresentado com a somatória em percentuais das avaliações a seguir:

- Colaboração: o conhecimento de colaboradores com maior experiência no processo eleva o nível de confiança da pesquisa. A nota atribuída à essa avaliação é de 6,0 pontos;
- Plenitude: disponibilidade dos envolvidos em participação e conclusão de todas as etapas da pesquisa. A nota atribuída à essa avaliação é de 7,0 pontos;
- Duração: quanto maior o tempo disponibilizado para desenvolvimento da coleta de dados, maior o nível de confiança. A nota atribuída à essa avaliação é de 4,0 pontos;
- Acesso à documentação: a pontuação referente à confiança da pesquisa aumenta com a disponibilização de documentos relacionados aos questionamentos. A nota atribuída à essa avaliação é de 7,0 pontos;
- Engajamento: quanto mais próximo da etapa de conclusão e entrega do projeto, maior o nível de confiança em comparação a um projeto em estágio inicial. A nota atribuída à essa avaliação é de 10,0 pontos;
- Participação de investidores: quanto maior for o nível de participação dos envolvidos, maior o nível de confiança da pesquisa. A nota atribuída à essa avaliação é de 0,0 pontos;

- Frequência de uso: quanto maior a frequência de coleta de dados, maior é a precisão dos resultados e, conseqüentemente, mais elevado seu nível de confiança. A nota atribuída à essa avaliação é de 5,0 pontos;

A figura 54 apresenta o nível de confiança da avaliação com os critérios adotados, o percentual referente a cada métrica na nota resultante e as notas individuais. As notas individuais foram multiplicadas pelos percentuais de composição da avaliação do nível de confiança e somadas. O total representa o nível de confiança da avaliação.

Figura 54: Resultados da avaliação do nível de confiança do VDC Scorecard

Nível de Confiança		
Percentuais	Critérios	Notas
20%	Colaboração / Nível de conhecimento	6,0
	+	
20%	Plenitude / Conclusão com os envolvidos	7,0
	+	
10%	Duração Total da Pesquisa	4,0
	+	
20%	Acesso a Documentação / Disponibilidade	7,0
	+	
10%	Engajamento / Fase de Avaliação	10,0
	+	
10%	Participação dos Stakeholders	0,0
	+	
10%	Frequência de uso do VDC Scorecard	5,0
	=	
Total - Nível de Confiança		59%

Fonte: Autor, 2025.

O nível de confiança encontrado foi de 59%. Foram pesquisados trabalhos correlacionados que apresentaram níveis menores. Sendo assim, conclui-se que o grau de confiança da avaliação está condizente. Ele é um parâmetro que pode ser utilizado como melhorias nas avaliações.

### 5.5 Lições aprendidas e pontos de aperfeiçoamento

Esse tópico expõe melhorias pontuais das competências e das métricas avaliadas. Os itens que serão demonstrados são aqueles em que existem maiores possibilidades de

pontos de aprendizados e aperfeiçoamentos. Ressalta-se que as lições aprendidas são focadas nas práticas inseridas ao empreendimento avaliado que podem ser aprimoradas. Com isso, nem todas as competências e métricas estarão contempladas nessa descrição, aqueles que possuem um nível de maturidade satisfatório se enquadraram como uma boa prática.

As proposições de melhorias nas práticas executadas no empreendimento são apontamentos que direcionam para soluções mais complexas, que podem ser aplicadas em projetos futuros. Sendo assim, as soluções não possuem a profundidade de um plano de melhorias ou aplicação. Elas são caracterizadas por indicações pontuais que direcionam para alguma aplicação. Os tópicos a seguir são divididos entre as competências da Matriz de Maturidade BIM e as métricas do VDC *Scorecard*.

#### *Aprimoramentos na competência de hardware da área de tecnologias*

A competência de *hardware* foi um critério que foi avaliado com um grau de maturidade BIM inicial. Essa avaliação tem possibilidades de melhorias. As sugestões se iniciam com uma mudança cultural a qual associa equipamentos a custos. Essa mentalidade deve ser transformada para a associação de equipamentos ao aumento de produtividade, de agilidade e a soluções de projeto mais precisas, o que reduz o tempo e os retrabalhos.

A segunda proposição de aperfeiçoamento é a padronização dos equipamentos disponíveis para a equipe de trabalho. Os gestores devem assegurar os mesmos recursos para todos os envolvidos e eles devem ter um desempenho favorável a aplicação do BIM e às plataformas de desenvolvimento do modelo. As máquinas devem ser capazes de manusear modelos e carregar as informações cadastrais, como nuvens de pontos e os projetos de referência. Dentro dessa padronização deve-se incluir outros recursos físicos como, por exemplo, monitores, suportes e autofalantes.

### *Aprimoramentos na competência de recursos humanos da área de processos*

A competência de recursos humanos foi um critério avaliado com grau de maturidade BIM como definido. Esse cenário foi avaliado na consistência do planejamento e na maneira que as informações foram repassadas aos colaboradores. A primeira proposição é a elaboração de meios de comunicação efetivos, para divulgar, por exemplo, as lições aprendidas e os resultados para toda a equipe de projeto.

O segundo ponto de melhoria se refere ao planejamento da implantação do BIM. A aplicação do BIM deve ser executada com um planejamento organizacional e fundamentado nele inserir características do empreendimento. Sugere-se que o planejamento para a aplicação do BIM e de suas técnicas de gestão seja implementada nos estudos de viabilidade do projeto.

### *Aprimoramentos na competência de capacidades dos produtos e serviços da área de processos*

A avaliação da competência de capacidade dos produtos e serviços constatou que foram alcançados grandes resultados relacionados a inovações e entregas de modelos. O resultado da avaliação da maturidade BIM para esse critério foi definido. A sugestão de aperfeiçoamento desse critério é adotar padrões predefinidos ou ajustados originados da etapa de estudos e previamente à implantação do BIM. Esses padrões devem ser ajustados com progressões e divulgados para os colaboradores envolvidos no empreendimento.

### *Aprimoramentos na competência de liderança da área de processos*

A aplicação do BIM muitas vezes era direcionada para tecnologias de modelagem. A competência de liderança foi avaliada com um grau de maturidade como definido. A figura do coordenador BIM impulsionou grandes resultados vinculados às tecnologias e entregas dos modelos, porém não foi implantada uma mudança cultural na política de colaboração entre os envolvidos.

A sugestão para esse critério seria a adoção de medidas para capacitação dos líderes da implementação completa do BIM, com a mudança dos processos, da política e da cultura do projeto. Essa capacitação poderia ser direcionada pelo coordenador BIM e atrelada a critérios de aferição da implantação do BIM. As medidas seriam para capacitar os líderes, que são coordenadores, gestores e gerentes, das esferas de aplicação do BIM.

#### *Aprimoramentos na competência de regulamentação da área de políticas*

A competência de regulamentação abrange os critérios e as diretrizes das políticas regulatórias. Para a modelagem, entregas dos modelos, dos projetos e o compartilhamento das informações existiam diretrizes que eram verificadas pelo coordenador BIM. Os critérios de verificação foram definidos conforme a evolução do projeto e das entregas. Com isso, a sugestão de aprimoramento seria desenvolver um plano de execução do BIM (BEP), em etapas preliminares ao recebimento dos entregáveis e à interação entre os agentes envolvidos no ciclo de vida do empreendimento.

#### *Aprimoramentos na dimensão do objetivo do projeto*

O presente item vai propor melhorias nas métricas dos objetivos em BIM, dos objetivos quantitativos em BIM e do BIM associado aos objetivos gerais dos projetos. Essas métricas receberam respectivamente as notas 4,0, 5,0 e 4,0 pontos. As proposições de melhorias se enquadram em todas as métricas supracitadas.

A primeira sugestão de aprimoramento, a qual se aplica às três métricas acima, é a ampla divulgação dos objetivos do projeto, inclusive com a vinculação aos objetivos quantificáveis em BIM. A segunda proposição é elaborar um plano de execução do BIM (PEB) nas etapas iniciais do empreendimento, o que pode ser inclusive nas etapas dos estudos (FEL), esse plano deve englobar os objetivos do BIM e aqueles quantificáveis. A terceira sugestão é associar os objetivos do BIM às metas e aos entregáveis gerais do projeto.

### *Aprimoramentos na dimensão da padronização do projeto*

A métrica passível de melhorias na dimensão de padronização é o conteúdo das diretrizes do BIM. No empreendimento em análise, as diretrizes para a implantação do BIM seguiram as demandas do projeto e o conhecimento de consultores, dos coordenadores e dos especialistas de projeto. A sugestão para melhoria é implantar um planejamento integrado para a execução do BIM que contemple as diretrizes para cada etapa do ciclo de vida do empreendimento.

### *Aprimoramentos na dimensão da preparação do projeto*

A métrica passível de melhorias na dimensão de padronização é a tipologia de informações gerenciáveis. Grande parte das informações gerenciáveis eram transmitidas apenas em núcleos de planejamento, sem ampla divulgação. Muitos dados deveriam ser divulgados por canais oficiais e para toda a equipe. Ao aferir essa falha sugere-se a criação de canais oficiais de comunicação incluindo toda a equipe do projeto e de rotinas de reuniões que transmitiriam e validariam as informações. A segunda parte da solução poderia ser empregada com um boletim de dados do projeto emitido com uma frequência planejada.

### *Aprimoramentos na dimensão dos processos do empreendimento*

A análise da dimensão dos processos possibilitou melhorias em duas métricas que são a aplicação do BIM e a análise do processo. O aperfeiçoamento que envolve a aplicação do BIM é correspondente a alguns itens supracitados que preconizam a criação de um plano de execução do BIM em etapas de estudos de viabilidade (FEL). Esse PEB deve seguir diretrizes organizacionais e o seu detalhamento deve estar vinculado aos objetivos do projeto.

A métrica de análise do processo ocorreu com ausência de planejamento e organização, as avaliações eram realizadas mediante entregas sem critérios estabelecidos. A sugestão é a avaliação periódica de implantação do BIM por algum método consagrado, por exemplo, o VDC *Scorecard* ou a Matriz de Maturidade BIM. Essa avaliação poderia ser executada em diferentes etapas do ciclo de vida do

empreendimento e possibilitaria a implantação de melhorias ainda dentro dos processos do projeto.

#### *Aprimoramentos na dimensão da organização do projeto*

A análise da dimensão da organização possibilitou melhorias em duas métricas que são o percentual de tempo de treinamento e as experiências em BIM. A métrica do percentual de tempo de treinamento foi um critério passível de melhoria. Os treinamentos foram insuficientes e não abrangiam fundamentos elementares do BIM. A sugestão para a melhoria é a estruturação dos treinamentos, com o padrão de um minicurso, com a participação não simultânea dos envolvidos no projeto. Os treinamentos poderiam ser gravados com acesso em diferentes horários, múltiplas vezes, pelos colaboradores com a aplicação de um teste de conhecimentos no final voltado para as diretrizes do projeto.

A métrica que envolve a experiência em BIM da equipe de projetos é passível de melhorias, porém algumas são relacionadas à capacitação no desenvolvimento do projeto. A sugestão inicial seria inserir a experiência em BIM como um critério de contratação dos profissionais. O mercado de contratações pode ser restrito a esse critério, a capacitação e os treinamentos poderiam ser fatores de nivelamento e disseminação do conhecimento dos processos do BIM.

#### *Aprimoramentos na dimensão da integração no projeto*

A avaliação da dimensão da integração resultou na proposição de melhorias em duas métricas que são a adequação dos *hardwares* e o percentual de membros que utilizam os modelos e no caso do empreendimento, o ambiente comum de dados. Para a métrica de adequações dos *hardwares* as proposições de melhorias estão vinculadas àquelas propostas nos itens anteriores. Dentre elas destacam-se a mudança de mentalidade cultural que visualiza o fornecimento de equipamentos como um investimento em produtividade, na qualidade para os colaboradores e a padronização para a sua aquisição.

A métrica do percentual de membros que possuíam acesso ao ambiente comum de dados ou aos modelos é passível de melhorias devido ao fato de que cargos importantes dependiam do *login* de terceiros. Esses membros são colaboradores do planejamento, de cargos administrativos e de acompanhamento de obra. A solução seria garantir amplo acesso aos colaboradores e quando não for possível elaborar um *login* por setor, por exemplo, um tipo de entrada para o planejamento e outro para os fiscais de obra.

#### *Aprimoramentos na dimensão de quantitativos do empreendimento*

A dimensão de quantitativos possibilitou aperfeiçoamentos nas métricas de medições de desempenho e o percentual de metas atingidas. No empreendimento não existiu um padrão de medição de desempenho individual ou coletivo. As avaliações foram executadas com critérios individuais das lideranças. A sugestão seria elaborar critérios de avaliação para os colaboradores mediante as entregas e processos do BIM. As avaliações devem ser contínuas e aplicadas com uma frequência planejada que possibilite a evolução dos envolvidos.

O percentual de metas atingidas e a maturidade das metas são métricas que estão correlacionadas. O empreendimento não possuía metas claras de implantação do BIM bem estruturadas em fase preliminares, devido a esse fato não foi possível medir o percentual de metas atingidas. A sugestão de melhorias é a inclusão das metas vinculadas aos objetivos do projeto no plano de execução do BIM.

## **6 ANÁLISE COMPARATIVA DOS RESULTADOS, MÉTODOS E PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS**

O presente capítulo expõe uma análise comparativa entre as metodologias utilizadas na avaliação do empreendimento, a Matriz de Maturidade BIM e o VDC *Scorecard*. A primeira comparação abrange os resultados da maturidade do BIM encontrados na avaliação do empreendimento com ambos os métodos. Em sequência, na mesma etapa, serão expostos os resultados correlacionados às competências e às métricas das avaliações.

A segunda comparação se inicia com a exposição dos critérios de avaliação que foram vinculados às etapas e aos processos de ambas as metodologias. Sendo assim, essa análise comparativa visa aferir pontos que dentro das avaliações tiveram oportunidades de aperfeiçoamentos. As proposições de adequações foram fundamentadas nos critérios com essas oportunidades. O resultado principal, da segunda comparação, é uma planilha resumo que expõe os métodos e os resultados dos critérios. A avaliação do empreendimento foi essencial para o aprofundamento no modo de aplicação da Matriz de Maturidade BIM e do VDC *Scorecard* e subsidiou grande parte das aplicações de melhorias. Ressalta-se que sem a avaliação do objeto muitos detalhes e possibilidades de melhorias não seriam constatados.

O terceiro item do presente capítulo contempla a proposição de melhorias e a vinculação das etapas de cada método a elas com a finalidade de aperfeiçoar a metodologia e de aferir o grau de maturidade para diferentes objetos e circunstâncias. Esse é o principal resultado do presente estudo que é fundamentado na execução das avaliações do projeto e nas análises comparativas descritas na sequência. A proposição de melhorias nos métodos foi possível com a execução do estudo de caso e avaliação dele como objeto de análise.

### **6.1 Comparações entre os resultados da Matriz de Maturidade BIM e do VDC *Scorecard***

A comparação entre os resultados alcançados nas avaliações com as duas metodologias foi possível mediante as adaptações numéricas para equalizar as

apurações. O primeiro ajuste é a transformação da nota obtida da maturidade através da Matriz do Succar em um percentual. O resultado obtido foi 26,67 pontos, para que ele seja transformado em percentual, o método preconiza que ele seja multiplicado por 2. Sendo assim, o empreendimento em análise atingiu um grau de maturidade de 53,34%, que se refere a caracterização do BIM como um estágio entre os níveis definido e gerenciado.

A segunda adaptação é a equiparação do grau de maturidade de ambos os métodos. A Matriz de Maturidade BIM preconiza os seguintes graus de maturidade e suas pontuações:

- a) Inicial = 10 pontos;
- b) Definido = 20 pontos;
- c) Gerencial = 30 pontos;
- d) Integrado = 40 pontos;
- e) Otimizado = 50 pontos.

Os graus de maturidade supracitados foram adaptados para que os seus pontos fossem refletidos em percentuais e em níveis que possam equivaler aos intervalos de caracterização. Esse critério resulta na seguinte caracterização do grau de maturidade:

- a) Inicial = 20% - Intervalo de 0% até 20%;
- b) Definido = 40% - Intervalo de 20% até 40%;
- c) Gerencial = 60% - Intervalo de 40% até 60%;
- d) Integrado = 80% - Intervalo de 60% até 80%;
- e) Otimizado = 100% - Intervalo de 80% até 100%.

O método do VDC Scorecard, preconiza a caracterização do grau de maturidade nos seguintes intervalos, os quais se correlacionaram aos resultados das avaliações das métricas:

- 1) Prática convencional = 0%-25%;
- 2) Prática típica = 25%-50%;

- 3) Prática avançada = 50%-75%;
- 4) As melhores práticas = 75%-90%;
- 5) Práticas inovadoras = 90%-100%.

O resultado obtido através da metodologia do VDC *Scorecard* foi de uma avaliação geral de 66%, o que confere a caracterização das aplicações do BIM como práticas avançadas. O resultado da maturidade do BIM executado pelo método do Succar resultou em uma nota global de 53,34%. Ambas as aferições se enquadraram no terceiro estágio de maturidade de cada método, o BIM gerenciado e as práticas avançadas. Isso demonstra uma uniformidade nas avaliações, que contribuem para um nível de assertividade e de consistência aceitáveis nos resultados.

Os resultados apresentados da maturidade BIM, para as duas metodologias, foram comparados nos graus de maturidade referentes aos intervalos de caracterização em ambos os métodos. A tabela 20 reflete o grau de maturidade do método do VDC com os critérios da matriz descrita por Succar e, também, a análise contrária.

Tabela 20: Comparações das classificações dos resultados por método de avaliação

Classificação dos Resultados			
Resultado Matriz de Maturidade BIM			53,34%
Grau	Percentual	Grau	Percentual
Inicial	0%-20%	Convencional	0%-25%
Definido	20%-40%	Típica	25%-50%
Gerencial	40%-60%	Avançada	50%-75%
Integrado	60%-80%	Melhores Práticas	75%-90%
Otimizado	80%-100%	Inovadoras	90%-100%
Resultado VDC Scorecard			66%
Grau	Percentual	Grau	Percentual
Inicial	0%-20%	Convencional	0%-25%
Definido	20%-40%	Típica	25%-50%
Gerencial	40%-60%	Avançada	50%-75%
Integrado	60%-80%	Melhores Práticas	75%-90%
Otimizado	80%-100%	Inovadoras	90%-100%

Fonte: Autor, 2025.

O resultado apresentado com a avaliação da Matriz de Maturidade BIM, destacado em verde na tabela anterior, se encontra em graus equivalentes de maturidade que são práticas avançadas e gerenciais. Esse fato corrobora a similaridade das

avaliações, dos critérios e do mapeamento das características e dados do empreendimento analisado.

A classificação exposta pelo VDC *Scorecard* está destacada em azul na tabela anterior e os resultados apontam uma divergência entre os graus de maturidade nos métodos. Com o VDC *Scorecard* obteve-se o resultado caracterizado como práticas avançadas, que ao associar a nota ao método da Matriz de Maturidade BIM tem-se a classificação como integrado. A diferença de percentual é suficiente para alterar o grau de maturidade ao inserir os resultados do VDC na matriz do Succar. A primeira constatação é que a diferença de aproximadamente 12% foi suficiente para elevar ao grau de maturidade do VDC, o que evidenciou uma divergência entre os resultados.

A nota do VDC é mais elevada, esse fato pode ser explicado pela quantidade superior de métricas avaliadas, que em empreendimentos que são executados com parâmetros de gestão consolidados, elevam por média os resultados de muitas dimensões. No caso do objeto em estudo, o volume de métricas com resultados positivos elevou a nota, ao executar a média, os pontos negativos ficaram ofuscados por aqueles positivos. O próximo item desse capítulo vai retratar a comparação entre as métricas e as competências de ambos os métodos.

### **6.1.1 Análise comparativa entre as métricas e competências dos métodos**

A análise comparativa entre as competências e as métricas, que são relacionadas à Matriz de Maturidade BIM e o VDC respectivamente, é uma equiparação de conteúdos com a demonstração dos resultados. Para ilustrar o estudo foi desenvolvida a tabela 21 que correlaciona as competências a algumas métricas que possuem similaridades nas descrições e nos critérios. Na tabela a seguir foi exposta essa associação com as pontuações em percentuais. Como foram associadas mais de uma métrica para cada competência se inseriu uma coluna para expor o resultado por uma média.

Tabela 21: Associação dos resultados das competências e métricas

Associação das competências e métricas				
Competências	Pontuação %	Métricas	Pontuação %	Média %
Software	60	Adequação Softwares	90%	53%
		Habilidade em BIM	60%	
		Medição do Desempenho	10%	
Hardware	20	Adequação Hardware	30%	30%
Rede	80	Compartilhamento de dados	90%	80%
		Nível do uso do BIM	50%	
		Forma de expor o modelo	100%	
		% de envolvidos com o modelo	80%	
Liderança	40	Análise de Processo	50%	60%
		Motivo do uso do BIM	60%	
		Experiências BIM	50%	
		Líder BIM	80%	
Recursos Humanos	40	BIM e os objetivos dos projetos	40%	50%
		Experiências BIM	50%	
		Atitude dos Envolvidos	60%	
Infraestrutura	60	Nível da organização	90%	67%
		Conteúdo e diretrizes BIM	50%	
		Ação de Stakeholders	60%	
Produtos e Serviços	40	Alinhamento do uso do modelo	80%	60%
		Objetivos quantitativos BIM	40%	
Políticas Contratuais	60	Envolvimento	80%	67%
		Diretrizes BIM	60%	
		Ação de Stakeholders	60%	
Políticas Regulatórias	40	Conteúdo e diretrizes BIM	50%	40%
		BIM e os objetivos dos projetos	40%	
		Maturidade das Metas	30%	
Políticas Preparatórias	80	Treinamento	70%	65%
		Forma de Treinamento	60%	

Fonte: Autor, 2025.

O método VCD é uma avaliação mais aprofundada devido ao elevado número de métricas, que são 56. Para a análise comparativa foram utilizadas 28, que descritivamente mais se aproximaram das competências. Com isso, conclui-se que essa avaliação por meio do VDC abrange mais perspectivas da implantação do BIM e que o resultado individual, de cada métrica, que pode estar ofuscado dentro da nota total final.

Para elucidar essa constatação foi realizado um teste com uma métrica específica. A métrica está dentro da dimensão de organização, que é o motivo do uso do BIM, ela foi avaliada em 60%. O teste consistiu em zerar a nota dessa métrica e verificar se o resultado sofreu alterações significativas. Ao inserir nesse critério a nota 0% o

resultado da maturidade no objeto permaneceu 66%, ou seja, não sofreu alterações significativas. A redução no total ficou englobada dentro dos arredondamentos e graficamente a nota se manteve inalterada. Isso elucida que muitas vezes os resultados individuais podem ser ocultados se compará-los com o grau de maturidade total. Sendo assim, a avaliação deve ser pontual com cada métrica analisada individualmente. O mesmo critério foi adotado para a proposição de melhorias e oportunidades nas práticas do projeto em estudo, que está no capítulo 05.

Ao analisar os resultados em percentuais dos dois métodos nota-se que grande parte das notas são equivalentes. Existem parâmetros com resultados divergentes, porém eles estão dentro das margens aplicadas nos graus de maturidade preconizados nas metodologias e na diferença em percentual entre as avaliações totais dos resultados. A divergência pode ser explicada através dos parâmetros específicos de cada competência dentro da Matriz de Maturidade BIM, os quais delimitam a avaliação aos critérios do método. Esse fato gera resultados mais precisos e mais aderentes à realidade do objeto em análise.

## **6.2 Comparações entre a Matriz de Maturidade BIM e o VDC Scorecard**

Nos tópicos anteriores foram executadas as verificações da maturidade do BIM por meio de dois métodos consagrados no mercado da AECO e no meio acadêmico. Eles são a Matriz de Maturidade BIM, proposta por Succar e o VDC *Scorecard* desenvolvido por pesquisadores da universidade de Stanford. A primeira parte do presente item da análise comparativa expõe as principais características de cada metodologia aplicada ao projeto com a fundamentação em critérios. Eles foram selecionados com a finalidade de evidenciar as igualdades, as diferenças e a abrangência de cada um dos métodos. Os critérios e as características analisados foram listados a seguir com a apresentação principal dos seus parâmetros.

- Precisão: capacidade do método de medir a maturidade com alto nível de assertividade;
- Aplicabilidade: possibilidade de ser utilizado por integrantes envolvidos nas fases do ciclo de vida do empreendimento ou em uma consultoria externa;

- Consistência: obtenção de resultados similares mediante a diferentes avaliadores e circunstâncias;
- Informativo: o método possui progressões lógicas com a possibilidade de feedbacks de melhoria;
- Flexibilidade: capacidade de aplicação e execução em diferentes áreas da AEC, com escalas organizacionais e subdivisões;
- Universal: aplicação igualitária nas diferentes áreas da AEC não importando a localização e outras características físicas;
- Utilização: a facilidade de aplicação, se é um método intuitivo e simples para avaliar o desempenho do BIM;
- Disponibilidade de informações: a facilidade de encontrar dados e avaliações semelhantes em meios de pesquisa de domínio público;
- Adaptação: a capacidade de adaptar o método à realidade inerente às organizações, aos projetos, aos empreendimentos e a profissionais.

A avaliação do empreendimento possibilitou a verificação das principais características de cada método. As avaliações das metodologias serão apresentadas na sequência do trabalho mediante a descrição de cada critério por método. Os resultados das avaliações dos critérios foram classificados da seguinte maneira:

- Atende: quando critério analisado corresponde as características do método;
- Atende parcialmente: quando o método possui as características do critério, porém não de forma plena, o que resulta em possibilidades de melhorias;
- Passível de melhorias: quando o método não atende às características dos critérios de avaliação e possui possibilidades para incrementos.

### **6.2.1 Avaliação da metodologia da Matriz de Maturidade BIM**

A Matriz de Maturidade BIM possui como etapa metodológica a definição de um filtro de aplicação. Ele define o nível de detalhes da avaliação relacionado às características do objeto em análise. Esse fato corrobora a capacidade dessa metodologia de aferir a maturidade com alto nível de precisão. A delimitação das características avaliadas, conforme descrito anteriormente, é acrescentada à

definição de uma escala de avaliação, que define a análise alvo. Após a definição desses critérios possibilita-se a avaliação de projetos, empreendimentos e equipes conforme o presente estudo de caso. Considera-se que a precisão do método atende aos requisitos de avaliação. Ao avaliar o empreendimento constatou-se que o aumento de precisão foi potencializado pela definição da tipologia de avaliação e das características empenhadas.

O método preconiza a seleção de filtros de aplicação e acrescido a essa seleção deve-se escolher a dimensão da avaliação. Essa definição é caracterizada pelos níveis: descoberta, avaliação, certificação e auditoria. As duas primeiras definições possibilitam a aplicação interna e as últimas requerem uma consultoria externa com uma dupla checagem interna. Conceitualmente as avaliações de Maturidade BIM podem ser aplicadas independentemente do porte organizacional, do tipo de projeto ou da configuração de uma equipe de projeto. No empreendimento em análise foi aplicada a avaliação em um *CWP* específico e por mediação de um agente interno que participou dos serviços desenvolvidos. Durante a avaliação notou-se que o método é abrangente e, com a definição do filtro, conseguem-se resultados condizentes à realidade, com lições aprendidas, pontos de aplicação e melhoria. Sendo assim, considera-se que a aplicabilidade do método atende aos requisitos de gestão de projetos para o cenário aplicado e resultados esperados.

A avaliação foi desenvolvida por um integrante da equipe que executou o projeto analisado, o fluxo e acesso às informações foram suficientes para obter precisão no resultado. Ressalta-se que é fundamental que o autor tenha conhecimento na metodologia e acesso aos dados que subsidiam a avaliação. Nesse método são analisadas as competências no filtro granular, porém elas não asseguram o conhecimento formal do aplicador, com isso os resultados podem variar mediante com o nível de instrução dos avaliadores. O método analisado atendeu parcialmente à consistência esperada na obtenção de resultados. A avaliação do projeto direciona para que a consistência do resultado seja vinculada ao conhecimento e acesso à informação do avaliador.

A Matriz de Maturidade BIM é um método que preconiza as progressões lógicas com a possibilidade de feedbacks de melhorias nos três campos de avaliação. O autor do

método ressalta que a avaliação contínua é um fundamento essencial para melhorar os resultados e os benefícios da aplicação do BIM. Ao aferir a maturidade no empreendimento analisado foi estabelecido um fluxo de trabalho que, conforme o método, encerra na etapa 5, que é a análise de resultados. Esse método deveria ser mais claro no direcionamento em uma etapa que envolvesse os *feedbacks* de performance e as possibilidades de melhorias por competência. Esse passo poderia apresentar o que se deve fazer para alcançar maturidades superiores. Sendo assim, o método é classificado como atende parcialmente no critério informativo.

Essa metodologia pode ser aplicada em diferentes áreas de avaliação com uma hierarquia organizacional a partir de uma escala granular que auxilia na delimitação da profundidade da avaliação do grau de maturidade BIM. Esse fator permite uma abordagem mais direcionada para uma avaliação abrangente e flexível. A vertente principal de avaliação é direcionada para organizações, porém não é uma restrição. A avaliação foi executada em um empreendimento classificado por se enquadrar a uma escala “meso”, com uma análise caracterizada por ser informal e auto administrada. Esses resultados direcionam esse critério para um nível que atende os quesitos de flexibilidade.

A aplicação do método é igualitária para os diferentes segmentos e áreas da indústria da AECO. A localização e as características físicas não impossibilitam a avaliação. Esses fatores são quesitos de verificação de maturidade. No critério universal, esse método atende os requisitos preconizados.

A utilização da Matriz de Maturidade BIM requer conhecimentos e leituras prévias nos estudos, nos trabalhos aplicados do Succar e conhecimentos em gestão de projetos em BIM. O método é intuitivo, porém ele requer a definição de um fluxo de trabalho e de critérios iniciais que vão subsidiar os resultados. Na avaliação do objeto foram necessários conhecimentos prévios nos campos supracitados, os quais subsidiaram a interpretação dos níveis das competências e direcionaram os resultados. O critério de facilidade de utilização é classificado como atende parcialmente devido à necessidade de conhecimentos metodológicos para a aplicação.

O método desenvolvido e explicado por Succar é amplamente divulgado e aceito nos meios de comunicação e repositórios em BIM. Ele foi desenvolvido em 2009, esse fato gera uma facilidade de encontrar materiais e dados de avaliações similares. O critério de disponibilidade de informações classifica-se como atendido.

Os critérios aplicáveis no início da avaliação são adaptáveis às dimensões do objeto em análise. As competências avaliadas não possuem uma flexibilidade avaliativa, que modifique com a alteração do objeto avaliado, porém elas possuem escalas organizacionais. O método preconiza a definição do objeto em análise por meio do filtro granular e dentro desse filtro existe a aplicação da escala. As competências se mantêm as mesmas, porém com parâmetros de avaliação mais aprofundados. Em nosso estudo de caso o método se aplica a projetos, a equipes e a empreendimentos em uma escala organizacional meso, com o filtro voltado para descoberta, o que resulta em uma profundidade menor de detalhes. Com a possibilidade de alterar os parâmetros mediante o objeto avaliado, o critério de adaptação é classificado como atende.

### **6.2.2 Avaliação da metodologia do VDC Scorecard**

A metodologia do VDC *Scorecard* BIM possui como etapa a aferição de nível de confiança, que indica a confiabilidade na precisão das medições, considerando as fontes, a conformidade dos dados de entrada e a frequência das avaliações. Esse fato contribui para a capacidade dessa metodologia de aferir a maturidade com um elevado nível de precisão. A avaliação prévia dos critérios do nível de confiança possibilita a escolha de diretrizes iniciais para aumentar a precisão nos resultados. Ao aplicar o método no objeto em análise, constatou-se que a avaliação das métricas dentro da metodologia resulta em uma média que camufla resultados pontuais, sendo assim, recomenda-se a atribuição do nível de maturidade dos resultados individuais. A característica da precisão dentro dessa metodologia atende aos critérios verificados.

O método VDC *Scorecard* preconiza a ampla aplicação de sua avaliação, existem critérios que compõem o nível de confiança dos resultados. Destacam-se dois critérios que são a plenitude e a participação de investidores ou envolvidos no empreendimento. Outro aspecto relevante é a frequência de uso, quanto maior a

frequência de coleta de dados, maior é a precisão dos resultados e, conseqüentemente, mais elevado seu nível de confiança. Na avaliação do projeto em questão esse último item se limitou a uma vez, porém no final do empreendimento. Caso tivessem avaliações intermediárias algumas lições aprendidas poderiam ser implementadas antes da conclusão. Considera-se que a aplicabilidade do método atende aos requisitos de gestão de projetos para o cenário estudado.

A avaliação do por esse método consiste em uma aferição de 56 métricas subdivididas em 10 dimensões e, em sequência, 4 áreas de conhecimento. Os resultados serão similares mediante diferentes avaliadores por refletirem verificações dos parâmetros ou critérios que são específicos, porém amplamente conhecidos. Ressalta-se que um critério que eleva o nível de confiança é a participação de investidores ou dos envolvidos no projeto. A consistência de obtenção nos resultados, mediante diferentes avaliadores, atende ao propósito, as métricas são bem definidas e em grande quantidade o que proporciona uma avaliação concisa.

O VDC *Scorecard* é um método que preconiza as progressões lógicas com a possibilidade de *feedbacks* de melhorias nas 4 áreas de avaliação e suas dimensões. O autor do método ressalta que a avaliação contínua é um fundamento importante, o qual é um critério que aumenta o nível de confiança, para melhorar os resultados e os benefícios da aplicação do BIM. Ao aferir a maturidade no empreendimento analisado foi estabelecido um fluxo de trabalho que resume as etapas das avaliações e encerra na etapa 5. Esse último passo é aferir o nível de confiança e nas etapas anteriores não existe um espaço dedicado para a definição de pontos de melhoria do objeto em análise. Esse método poderia ser mais claro na definição de uma etapa extra que envolvesse os *feedbacks* de performance e as melhorias divididas por métrica, por dimensões ou por áreas. Esse passo poderia apresentar o que se deve fazer para alcançar maturidades superiores. Sendo assim, o método é classificado como atende parcialmente no critério informativo.

Essa metodologia pode ser aplicada em diferentes áreas de avaliação, porém existe um limitador ao objeto avaliado. O VDC *Scorecard* se limita a avaliações de projetos e de empreendimentos divididos nos segmentos da AECO. A avaliação foi executada em um empreendimento classificado por se enquadrar em uma aplicação de engenharia, que seria um projeto de capital, com uma análise desenvolvida por um

participante do projeto. Os critérios que limitam o método para avaliar apenas projetos direcionam a flexibilidade para um nível que atende parcialmente aos requisitos.

A aplicação do método é executada de maneira similar para os diferentes segmentos e áreas da indústria da AECO. A localização e as características físicas não impossibilitam a avaliação, as quais são quesitos de verificação de maturidade. Com isso, no critério universal, esse método atende aos requisitos preconizados.

A utilização do *VDC Scorecard* é intuitiva, mas requer o conhecimento prévio em gestão de projetos para avaliar as métricas. Na avaliação desenvolvida para o presente trabalho foram necessários conhecimentos prévios nos campos supracitados, os quais subsidiaram a interpretação dos níveis de maturidade das áreas. O critério de facilidade de utilização é classificado como atende devido à facilidade de aplicação e objetividade do método.

A disponibilidade de informações do método é restrita a páginas e a trabalhos acadêmicos da Universidade de *Stanford*. Os precursores do método estão envolvidos em atividades desse centro de estudos e a divulgação é limitada aos meios de pesquisa como Google Acadêmico e Portal Capes. Existe uma necessidade de disseminação do método e de exemplos de avaliações similares para direcionar futuros trabalhos e pesquisas. Esses fatores resultam em uma avaliação do critério como passível de melhoras.

Os critérios de início da avaliação são adaptáveis aos segmentos de arquitetura, de engenharia, de construção e de planejamento. As métricas, as dimensões e as áreas avaliadas não possuem uma flexibilidade, a adaptação é inerente ao conhecimento e capacidade do avaliador. O método não é utilizado como um meio para aferir a aplicação do BIM em organizações e mercados, com isso a avaliação desse critério se limita aos 4 segmentos supracitados. O projeto analisado é um objeto de estudo adequado ao VDC, porém não poderia ser aplicado no nível da organização. Sendo assim, conclui-se que o critério de adaptação é classificado como atende parcialmente.

### 6.2.3 Comparação dos critérios entre os métodos

O presente item apresenta uma comparação entre os resultados das classificações dos critérios adotados nos métodos da Matriz de Maturidade BIM e no VDC Scorecard. Conforme exposto na tabela 22 grande parte dos tópicos foram classificados com boa aderência ao aplicar o método, atendendo aos requisitos. O alvo desse estudo é a avaliação dos itens que atenderam parcialmente ou são passíveis de melhorias para que eles integrem as propostas de melhorias nos métodos.

Tabela 22: Resultados das comparações das metodologias de avaliação do BIM

Comparação entre os métodos de avaliação BIM		
Critério de Avaliação	Matriz de Maturidade BIM	VDC Scorecard
Precisão	Atende	Atende
Aplicabilidade	Atende	Atende
Consistência	Atende parcialmente	Atende
Informativo	Atende parcialmente	Atende parcialmente
Flexibilidade	Atende	Atende parcialmente
Universal	Atende	Atende
Utilização	Atende parcialmente	Atende
Disponibilidade de informações	Atende	Passível de melhorias
Adaptação	Atende	Atende parcialmente

Fonte: Autor, 2025.

O método da Matriz de Maturidade BIM apresenta os seguintes critérios classificados como atendendo parcialmente: consistência, informativo e utilização. Esses itens serão descritos com maior número de detalhes e vão subsidiar as proposições de melhorias do método.

A metodologia do VDC *Scorecard* expõe os seguintes critérios classificados como atende parcialmente: informativo, flexibilidade e adaptação. A disponibilidade e o acesso às informações é um critério que foi classificado como passível de melhorias, contudo isso foi uma percepção da disposição de conteúdo nos meios de pesquisa. Com isso não existe uma melhoria a se propor nesse aspecto, esse item teria um caráter informativo. Aqueles classificados como atende parcialmente serão descritos e vão ser alvo de proposições de melhorias dos modelos de avaliação.

### **6.3 Proposições de melhorias nos métodos**

A avaliação do empreendimento subsidiou a exposição de pontos de melhoria e possibilitou uma análise profunda em cada método utilizado para aferir a maturidade BIM. O presente item expõe as melhorias que foram fundamentadas nas avaliações comparativas entre ambos os métodos. As proposições estão embasadas nos critérios que são caracterizados como passíveis de alterações e de aperfeiçoamentos.

As propostas de melhorias nos métodos de avaliação do BIM são caracterizadas como complementares às práticas propostas pelos autores. Os métodos do VDC *Scorecard* e da Matriz de Maturidade do BIM possuem etapas correlatas e muitos aspectos podem ser utilizados e aplicados entre eles.

#### *Matriz de Maturidade BIM – Consistência*

Ao avaliar o projeto em estudo através da Matriz de Maturidade BIM nota-se que não existe nenhum critério que classifique o avaliador. A avaliação se aprimora ao ser elaborada por um profissional com o acesso ao fluxo de informações, que tenha qualificações para avaliar e que seja multidisciplinar. No método proposto por Succar entende-se que o filtro granular pode ser complementado para gerar uma classificação que pondere o perfil do avaliador. Para o empreendimento analisado utilizou-se o nível de descoberta que resulta em um baixo nível de detalhes e em um resultado numérico básico. Acredita-se que a avaliação executada por um integrante do projeto com um conhecimento multidisciplinar e com participação nas etapas de execução é mais precisa do que aquela elaborada por um pesquisador que teria acesso às informações

via terceiros. Ambas as avaliações têm a mesma classificação hierárquica no filtro granular.

O fato retratado acima propicia uma possibilidade de melhoria a ser aplicada no método e que seria complementar ao filtro granular, que é a classificação do avaliador. Os avaliadores possuem qualificações diferentes as quais influenciam na precisão dos resultados. Para solução desse fato, propõe-se que dentro da etapa 02 se especifique o tipo de profissional que avalia o objeto e que ele seja avaliado com consistência. A tabela 23 retrata a proposição de filtros complementares que são aplicados de forma simultânea à definição dos parâmetros metodológicos.

Tabela 23: Proposição de Melhoria no Filtro Granular

Matriz de Maturidade BIM – Consistência	
Acréscimo na etapa 02 - Filtro Granular	
Qualificação do profissional	Participação Interna ou Externa
01 Acadêmico	Sim - Interna/Externa
02 Engenheiro Especialista	Sim - Interna/Externa
03 Coordenador de Projetos	Sim - Interna/Externa
04 Gestor/Gerente	Sim - Interna/Externa
05 Muilt Profissionais da Área	Sim - Interna/Externa

Fonte: Autor, 2025.

O que se observa é que a metodologia não classifica a finalidade da avaliação que será um complemento na qualificação da avaliação. Isso estará na etapa 02 que é o filtro granular e os objetivos da avaliação estão listados na tabela 24.

Tabela 24: Proposição da finalidade da avaliação

Finalidade
Estudos Acadêmicos
Melhoria Contínua
Parecer Técnico
Avaliação Organizacional
Consultoria

Fonte: Autor, 2025.

A finalidade da avaliação é substancial ao nível de detalhamento das entregas e às lições aprendidas. As melhorias estão vinculadas ao conhecimento técnico do

avaliador, que pode fornecer propostas e possibilidades com diferentes graus de complexidade.

Durante a avaliação do projeto foi constatado que os critérios para aferir o nível de confiança dos resultados utilizados no VDC são parâmetros que podem balizar a consistência dos resultados. Sugere-se que essa aplicação seja feita dentro do fluxo de trabalho proposto na Matriz de Maturidade BIM.

#### *Matriz de Maturidade BIM e VDC Scorecard – Informativo*

Os métodos de avaliação da maturidade da aplicação do BIM têm como premissa básica apontar os pontos que estão em condições de melhorias e aperfeiçoamentos. Ambos os métodos preconizam progressões lógicas, com *feedbacks* de desempenho nos campos ou áreas de avaliação, os autores relatam que as avaliações devem ser contínuas o que resulta em um aumento do nível de assertividade dos resultados e aperfeiçoamentos nas práticas.

Ao pesquisar trabalhos correlacionados se observa que existe uma grande preocupação e empenho em chegar a valores do nível de maturidade do BIM em organizações, em empreendimentos, em projetos ou em equipes de trabalho. Esses valores, usualmente, estão relacionados a percentuais e a caracterizações de estágios de maturidade. Um fato que não é evidenciado em pesquisas acadêmicas seria a exposição de indicações de melhorias.

O método do VDC *Scorecard* encerra a avaliação na etapa de verificação do nível de confiança dos resultados. As etapas predecessoras não contemplam a proposição de uma gestão de melhorias contínuas, o que gera uma defasagem da teoria para a prática. Essa característica é similar na Matriz de Maturidade BIM proposta por Succar, a qual tem como objetivo a definição de pontos de melhorias. Existe um problema constatado nas avaliações que é a ausência de uma etapa formal no fluxo de trabalho que identifique essa gestão de melhorias contínuas.

Mediante as situações supracitadas, que foram aferidas nas avaliações, propõe-se a criação de uma etapa que tem abrangência para ambos os métodos que é a gestão

de melhorias. Essa gestão seria executada de forma contínua, ou seja, com a possibilidade de aferir as ações por avaliação e inclusive direcionar responsáveis por elas. Para auxiliar a visualização da etapa da gestão de melhorias contínuas foi elaborada a tabela 25, genérica com as informações necessárias que contemplam o conteúdo das especificações dos aperfeiçoamentos.

Tabela 25: Etapa de Gestão de melhorias contínuas

Gestão de melhorias contínuas							
Área ou campo de avaliação	Item Avaliado	Avaliação 01			Avaliação 02		
	Competência ou Métrica	Nota Base	Proposição de Melhoria	Nota Aplicação	Nota Base	Proposição de Melhoria	Nota Aplicação
	1						
	2						
3							
Comprovação da aderência nos itens avaliados que não estão acima						Sim	
(O item acima retrata a verificação se em algum critério avaliado ocorreu perda de maturidade BIM)							

Fonte: Autor, 2025.

A tabela anterior é a proposição das melhorias no critério informativo que foram divididas entre as competências ou métricas e as avaliações realizadas no objeto. Ela tem a característica de ser contínua, pela possibilidade de inserção dos resultados das competências por aferições sequenciais, que seriam as células de avaliação 01 e avaliação 02. Os dados apresentados em cada avaliação são a nota de base, que representa aquela obtida na primeira verificação, as proposições de melhorias, que são os pontos passíveis de aperfeiçoamentos e as suas ações de implantação. A nota de aplicação é o resultado obtido com a implantação dos avanços. Essa planilha não é para se preencher com todas as métricas e competências avaliadas, mas com aquelas que são passíveis de alterações e de aprimoramentos. Para que esse critério funcione, foi proposta uma pré-avaliação de comprovação da aderência entre os itens avaliados, os quais não foram contemplados na planilha de gestão de melhorias. Esses itens são caracterizados por níveis de maturidade elevados ou sem necessidade de aperfeiçoamentos.

A planilha de Gestão de melhorias contínuas é preenchida ao final das avaliações. Sendo assim, ela poderia ser uma etapa do fluxo de trabalho da Matriz de Maturidade BIM e uma fase posterior àquela que afere o nível de confiança da avaliação no VDC

*Scorecard*. Essa proposição de aperfeiçoamento unifica a avaliação e o plano de ação no mesmo modelo. Sendo assim, equipes de projetos similares ou organizações podem aplicar a verificação da maturidade BIM e descrever um plano de ação para alcançar as melhorias contínuas. Existe uma lacuna conceitual e prática que é relacionada a implantação equivocada do BIM essa gestão soluciona esse problema. A partir de avaliações e planos de ação subsequentes as práticas BIM serão refinadas e o nível de maturidade aumentaria.

#### *VDC Scorecard – Flexibilidade*

O método do *VDC Scorecard* é restrito a empreendimentos e projetos dentro do setor de AECO. A sua avaliação não abrange organizações e mais de uma etapa do ciclo de vida dos empreendimentos. Isso restringe as avaliações em escopos pontuais o que impede a verificação dos objetos verificados que passam pelas etapas de estudos, de projetos e de obras. Para se avaliar um empreendimento com essas características seria necessária uma avaliação individual para cada fase. Por exemplo um empreendimento que engloba o projeto e a obra teria duas avaliações.

O fato supracitado é uma possibilidade de melhoria, que é a caracterização do objeto em estudo. A sugestão consiste em caracterizar de forma preliminar o objeto, que seria definido como um projeto, uma obra, um empreendimento com mais de uma etapa do ciclo de vida, uma equipe de trabalho e uma organização. Todos os exemplos verificados acima são passíveis de avaliações de implantação do BIM, esse item seria apenas um informativo que direciona os resultados para o objeto de estudo e para as melhorias propostas no tópico informativo.

#### *Matriz de Maturidade BIM – Utilização*

A metodologia proposta por Succar requer conhecimentos prévios e leituras complementares em trabalhos aplicados para a elaboração da avaliação do grau de maturidade BIM. A utilização da Matriz requer a definição do fluxo de trabalho, o qual não possui as etapas amplamente divulgadas. Muitos trabalhos demonstram os resultados, porém não são aprofundados os critérios para a seleção das etapas e dos filtros preconizados nessa metodologia.

A proposta de melhoria no método para o critério de utilização seria a exposição do fluxo de trabalho em uma etapa inicial e preliminar à avaliação. A linguagem de aplicação da metodologia seria direta e objetiva, que visa reduzir o tempo de aprendizado para a implantação do método e para a solidez nas informações. O fluxo de trabalho deve ser exposto como um índice a ser completado antes do início de da análise ou da absorção de dados ou informações.

#### *VDC Scorecard – Adaptação*

A adaptação do método VDC é um ponto passível de melhorias, as quais implicam em uma avaliação da maturidade do BIM em diferentes esferas. Para a elaboração da aferição da maturidade a metodologia necessita de conhecimentos prévios que restringe a tipologia de objeto avaliado. Sendo assim, a proposta de melhorias está direcionada para essas situações.

A proposta de adaptação será para a aplicação do método em mercados e organizações. A aplicação teria um filtro inicial com critérios e características similares ao proposto por Succar que delimitam a análise do grau de maturidade em BIM. A aplicação do filtro inicial tem o desdobramento nas métricas de avaliações que se alterariam. A proposta prevê uma adaptação das métricas de avaliação do BIM para que o objeto avaliado se enquadre dentro das premissas do método. As quatro tabelas a seguir representam as áreas de avaliação, com as respectivas dimensões. As duas últimas colunas representam as métricas padrões do VDC e a seguinte as propostas. A coluna denominada como aplicação original são as métricas originais da metodologia e a coluna seguinte são as propostas de adaptações. As adaptações envolvem alterações, ajustes, inclusões e exclusões nas métricas originais aplicadas no método de avaliação do BIM. Essas modificações estão representadas na coluna denominada Proposição de adaptações.

A tabela 26 apresenta as proposições de adaptações na área de planejamento do VDC. Ressalta-se que dentre as proposições a métrica de “Objetivos quantitativos em BIM” não se aplica a organizações por ser vinculada a projetos com especificações e metas singulares.

Tabela 26: Proposição de adaptações nas métricas da área de planejamento do VDC

Ambas aplicações		Aplicação original	Proposição de adaptações
Área	Dimensões	Métricas aplicadas nas escalas de projetos e empreendimentos	Métricas aplicadas na escala de empresas e organizações
Planejamento	Objetivo	Formalização dos objetivos	Objetivos organizacionais
		Objetivos BIM	Objetivos com a aplicação do BIM
		Objetivos quantitativos BIM	Não se aplica
		BIM /objetivos dos projetos	Nível de envolvimento dos <i>Stakeholders</i> na aplicação do BIM
		Stakeholders BIM	
	Padronização	Diretrizes BIM	Normativas organizacional do BIM
		Conteúdo e diretrizes BIM	Conteúdo das normas BIM
		Contribuições p/ futuras diretrizes	Lições aprendidas implantações
	Preparação	Forma de Interação	Definição da forma de interação
		Tipo de inf. Gerenciável	Níveis de disseminação da inf.
		Orçamento BIM	Definições dos critérios de BIM 5D
		<i>Softwares</i> Utilizados	Definições dos critérios de BIM 3D
		Compartilhamento de dados	Ambientes comuns de dados

Fonte: Autor, 2025.

A tabela 27 apresenta as proposições de adaptações na área de adoção do VDC. Ressalta-se que, dentre essas propostas, as seguintes métricas não se aplicam para a avaliação de organizações e empresas, sendo elas a “Análise de processo”, “O nível de habilidade BIM”, “O percentual FTE (uso) BIM”, a “Atitude dos envolvidos”, a “Ação de *stakeholders*” e “O nível da organização”. Essas métricas são voltadas para a avaliação de equipes de projetos e empreendimentos, sendo assim são itens inerentes a práticas pontuais em cada objeto de análise.

Tabela 27: Proposição de adaptações nas métricas da área de adoção do VDC

Ambas aplicações		Aplicação Original	Proposição de adaptações
Área	Dimensões	Métricas aplicadas nas escalas de projetos e empreendimentos	Métricas aplicadas na escala de empresas e organizações
Adoção	Processo	Características ICE	Formalização a adaptações ICE
		Aplicação BIM	Aplicabilidade BIM em escalas
		Características IPD	Características IPD
		Eficiência das reuniões	Rotina de reuniões BIM por escalas
		Latência RFI	Processamento de RFI
		Análise de Processo	Não se aplica
	Organização	Motivo do uso do BIM	Motivo implantação do BIM
		Nível de habilidade BIM	Não se aplica
		Treinamento	Rotina e aplicação de treinamentos
		Forma de Treinamento	Abrangência dos treinamentos
		% de Tempo	Tempo de treinamento por escalas
		% FTE (uso) BIM	Não se aplica
		Envolvimento	Org.da equipe de implantação
		Experiências BIM	Exp. da equipe de implantação
		Líder BIM	Liderança e departamento BIM
		Atitude dos Envolvidos	Não se aplica
		Ação de Stakeholders	Não se aplica
		Nível da organização	Não se aplica

Fonte: Autor, 2025.

A tabela 28 apresenta as proposições de adaptações na área de tecnologia do VDC. Ressalta-se que, dentre essas propostas, as seguintes métricas não se aplicam para a avaliação de organizações e de empresas, sendo elas o “NOD por fase”, “O percentual de membros com acesso ao modelo” e “O percentual do uso externo do modelo”. Elas não são aplicáveis a um nível organizacional pela referência de utilização dos modelos que são fundamentos variáveis e se adaptam conforme as individualidades de cada empreendimento. A métrica do percentual de envolvidos com acesso ao modelo segue os mesmos critérios, ela se manteve e foram propostas adaptações que alteraram a descrição para “Critérios de acesso aos modelos”.

Tabela 28: Proposição de adaptações nas métricas da área de tecnologia do VDC

Ambas aplicações		Aplicação Original	Proposição de adaptações
Área	Dimensões	Métricas aplicadas nas escalas de projetos e empreendimentos	Métricas aplicadas na escala de empresas e organizações
Tecnologia	Maturidade	5 Níveis de Maturidade	5 Níveis de Maturidade
	Cobertura	Elementos Modelados	Parametrização das modelagens
		NOD por fase	Não se aplica
	Integração	Forma de expor o Modelo	Forma de expor o Modelo
		Interoperabilidade (inf.)	Parâmetros de Interoperabilidade
		Média NOD	Média NOD
		Adequação NOD	Adequação NOD
		Adequação Softwares	Definições dos Softwares
		Adequação Hardware	Padronização de Hardware
		Impacto da Informação	Acesso à informação
		% de Envolvidos - Modelo	Critérios de acesso aos Modelos
		% de membros com o Modelo	Não se aplica
		% uso externo do Modelo	Não se aplica

Fonte: Autor, 2025.

Tabela 29: Proposição de adaptações nas métricas da área de desempenho do VDC

Ambas aplicações		Aplicação Original	Proposição de adaptações
Área	Dimensões	Métricas aplicadas nas escalas de projetos e empreendimentos	Métricas aplicadas na escala de empresas e organizações
Desempenho	Quantitativo	Alinhamento aos objetivos	Alinhamento aos objetivos
		Medição do desempenho	Método de medição desempenho
		Alinhamento do uso do modelo	Alinhamento do uso do modelo
		% RFI (Controle)	Controle de RFI
		Taxa de alteração	Não se aplica
		Taxa de pedidos de alteração	Não se aplica
		% de Metas Atingidas	% de Metas Atingidas
		Maturidade das Metas	Maturidade das Metas
	Qualitativo	Avaliação do desempenho	Correlação metas e implantação
		Avaliação do modelo	Aferição da maturidade BIM
		Eficiência das reuniões	Não se aplica
		Satisfação do cliente	Não se aplica

Fonte: Autor, 2025.

A tabela 29 apresenta as proposições de adaptações na área de desempenho do VDC. Ressalta-se que, dentre essas propostas, as seguintes métricas não se aplicam para a avaliação de organizações e de empresas, sendo elas o “Taxa de alteração”, “Taxa de pedidos de alteração”, “Eficiência das reuniões” e “Satisfação do cliente”.

Esses itens são critérios de avaliações inerentes a projetos, as equipes e aos empreendimentos.

As tabelas 26, 27, 28 e 29 identificam possibilidades de alterações nas métricas para que o método seja adaptável a avaliações em empresas e em organizações. O VDC *Scorecard* preconiza a avaliação de 56 métricas divididas em 10 dimensões ao avaliar projetos ou empreendimentos, a proposição exclui algumas métricas que não têm aplicabilidade para a avaliação de empresas. Essas métricas foram destacadas e denominadas como não se aplicam. Sendo assim, o número total de métricas foi reduzido de 56 para 42. A avaliação a nível organizacional é mais ampla. Para adaptar a diferentes tipologias de empresas foram necessárias diversas modificações no conteúdo das métricas. Esse fato converge para a não aplicação de parâmetros mais específicos que se aplicam a avaliações detalhadas de projetos, com isso, a redução do número de métricas é condizente.

A análise e a comparação entre dois métodos de verificação da maturidade do BIM propiciam a exposição da maneira que mais se adequa ao estudo de caso. Ambas as metodologias são consolidadas e apresentaram resultados e classificações similares. A Matriz de Maturidade Succar é um método mais rápido de aplicar, por ter um número menor de itens avaliados. Esse fato resulta que cada competência gera uma contribuição significativa na nota final. O VDC *Scorecard* é uma metodologia mais abrangente que tem mais critérios e isso gera um empenho de tempo maior para a aplicação. Essa constatação resulta em mais pontos analisados e mais possibilidades de aperfeiçoamentos. A abrangência do VDC o torna mais indicado para avaliar objetos de estuco como o exposto na presente tese.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa foi direcionada ao setor de Engenharia, Arquitetura, Construção e Operação cuja área é a gestão de projetos em BIM. Esse tema tem uma amplitude extensa de aplicações, o trabalho foi conduzido para os métodos de avaliação do grau de maturidade BIM em um projeto de grande porte. Ao pesquisar estudos correlacionados e aplicações desses métodos observou-se grandes restrições de acesso às informações e à trabalhos correlacionados. Os dados dos modelos de avaliações são difundidos apenas em meios acadêmicos, com a ausência de objetos de análises e de exemplos práticos. Esses fatos dificultam a aplicação assertiva do modelo, que resultam em um empenho de tempo elevado.

O problema de pesquisa consistiu em identificar a realidade dos parâmetros da implantação do BIM e aferir as possibilidades de melhorias em sua aplicação para a disseminação conceitual adequada. Um meio para isso foi aferir o grau de maturidade da implantação, o qual possibilitou a verificação dos aspectos que tornam a aplicação incompleta desse avanço. O presente trabalho apresentou os resultados do grau de maturidade através de dois métodos, que geraram lições aprendidas para o objeto de estudos e aperfeiçoamentos pontuais nas metodologias de avaliação da maturidade BIM. Esse último aspecto resultou na possibilidade de aplicações mais eficientes e assertivas nas avaliações da implantação desse avanço da AECO.

A análise de um empreendimento com a participação ativa do autor propiciou um cenário favorável para contribuições acadêmicas e para o mercado da AECO. O estudo de caso e as avaliações do grau de Maturidade do BIM resultaram, dentre outras, na consolidação de que a aplicação desse avanço, em muitos casos, é direcionada para a apresentação de modelos 3D. Esse fato é uma divergência entre o conceito e a execução do BIM a qual foi verificada em diversos critérios que englobam as avaliações. Um exemplo seria que os critérios de tecnologia ou modelagem foram bem ranqueados e aqueles direcionados aos processos, às políticas culturais e ao planejamento foram passíveis de aperfeiçoamentos. O trabalho se restringiu a avaliação de um empreendimento com aplicações de gestão de projetos em BIM, ou seja, com a maturidade mais consolidada. Esse fato possibilitou

a aplicação dos métodos e aperfeiçoamentos em casos semelhantes com o BIM em estágios iniciais.

A diferença entre o conceito BIM, que é o potencial de sua aplicação e a execução possibilita grandes evoluções técnicas nas práticas organizacionais, na padronização e na avaliação da implementação do BIM. Alguns dos fatores que contribuíram para o aperfeiçoamento de projetos executados, para a redução dessa diferença entre o conceito e a prática foram as metodologias de avaliação da implantação do BIM. Os métodos utilizados para aferir a aplicação e o grau de maturidade do BIM são amplamente disseminados e os conceitos estão consolidados dentro da academia, o que possibilita a visualização de pontos de melhorias. O grau de maturidade foi aferido por meio de duas metodologias que são a Matriz de Maturidade BIM, descrita por Succar e o *Visual Design Construction (VDC) Scorecard*, que é um método proveniente da universidade de *Stanford*. A avaliação por duas metodologias é um limitador do presente trabalho.

A aplicação da Matriz de Maturidade resultou na nota de 53,34%, a qual representa um nível de BIM gerenciado. A avaliação seguiu o fluxo de trabalho definido pelo autor em uma escala meso, com um filtro de aplicação de descoberta. Todas as competências foram avaliadas e diversas lições aprendidas constatadas. Ao analisar o processo de avaliação concluiu-se que o método foi aplicado de forma correta e o objeto do estudo de caso está em conformidade com as possibilidades de aferição do método. Os resultados apresentados englobaram proposições de aperfeiçoamentos na metodologia com destaque para o critério informativo, para o qual foi proposta uma etapa de *feedback* que inclui um processo de melhorias contínuas. A indicação e a exposição das áreas que precisam de aperfeiçoamentos são inerentes à aplicação da Matriz de Maturidade BIM. Existem alguns limites dessa avaliação, dentre eles está a caracterização do nível do filtro granular, que resulta na aplicação de forma autoadministrada e sem princípios de auditoria e consultoria.

O método do *Visual Design Construction Scorecard* é aplicado em empreendimentos e em projetos com a execução de técnicas de gestão de projetos vinculados ao VDC e ao BIM. Esse fato resultou na aplicação assertiva do método no objeto de estudo. Essa metodologia possui uma abrangência em diversas áreas e em dimensões com

um grande volume de métricas, sendo assim, a quantidade de informações é elevada. O resultado obtido foi de 66%, que foi a média proporcional dos resultados de 56 métricas, ele gerou uma classificação do grau de maturidade como práticas avançadas. As análises demonstraram a possibilidade de melhorias em diversas métricas e no processo de aplicação da metodologia. Dentre as proposições de aperfeiçoamentos destacaram-se duas, sendo a primeira para o critério informativo, que foi a inclusão de um passo para implantar os *feedbacks*. A segunda foi no nível de aplicação, que envolveu a inclusão, ajustes e a exclusão de métricas para que o objeto de avaliação possa ser uma organização ou uma empresa. Um destaque importante na metodologia foi a etapa de verificação do nível de confiança da avaliação que resultou no aumento de confiabilidade nos resultados. Existem alguns limites dessa avaliação, dentre eles estão a disseminação da informação em estudos ou trabalhos e a restrição de aplicação apenas para projetos e para empreendimentos.

Os resultados obtidos para ambos os métodos apontam para graus de maturidade com faixas de percentuais similares que indicam um BIM gerenciado e práticas de gestão avançadas. A aplicação de ambos os métodos é intuitiva, porém a Matriz de Maturidade precisa de mais informações e de conhecimentos devido aos filtros de aplicação e às escalas, que possibilitam investigações em empresas, mercados e organizações. O VDC é um método com um volume de critérios e de métricas, superior, porém a aplicação é restrita a projetos e a empreendimentos. O VDC contempla 56 métricas e elas abrangem a mesma profundidade de verificação, a qual não depende da tipologia do objeto em análise. O método mais adequado que abrange a tipologia do objeto de análise é o VDC *Scorecard*.

A presente tese apresentou contribuições para a academia e para o mercado da AECO. No âmbito acadêmico o trabalho contribuiu com a exposição das aplicações de técnicas e de métodos executados em um estudo de caso. O estudo expôs a avaliação do grau de maturidade em um projeto real e de grande impacto. Isso foi uma contribuição acadêmica considerável que propiciou, ainda, as propostas de melhorias em cada método e em uma análise comparativa deles, de suas métricas e de suas competências. Os resultados e exposições da pesquisa contribuem para futuros trabalhos acadêmicos quando vinculados aos conceitos de avaliação de maturidade

do BIM. O trabalho se limitou a avaliar o objeto de análise por dois métodos, existem outros meios que podem ser utilizados e aplicados.

As contribuições para o mercado da AECO se iniciam com a exposição da avaliação completa, com a definição dos parâmetros, das etapas dos fluxos de trabalho e da descrição dos critérios que abrangem cada métrica. Outra grande contribuição foi a exposição de lições aprendidas e os pontos de aperfeiçoamento que indicam boas práticas. Esses aspectos se adotados possibilitam atingir um grau de maturidade BIM mais elevado. Dentre as demais exposições destacaram-se a exibição dos principais conceitos do BIM e de suas áreas de aplicação, esse fato contribuiu para a associação correta de sua implantação e aplicação. A análise de um empreendimento concreto gerou benefícios ao replicar o BIM em outros projetos, que resultarão em maior assertividade e eficiência. Os resultados obtidos na presente tese são aplicáveis a expansões futuras e a exemplificação dos benefícios alcançados possibilita maiores intervenções no setor industrial e no mercado da construção.

Os principais conceitos do BIM são amplamente divulgados e consolidados nos meios acadêmicos, porém existem aplicações com possibilidades de melhorias. O tema de estudo está vinculado a evoluções e a aperfeiçoamentos constantes. No presente trabalho encontram-se investigações e estudos nos métodos de verificação da implantação do BIM e no seu grau de maturidade. Esse fato resulta em exposições que contribuem para a sua aplicação com maior precisão no mercado da AECO e a disseminação conceitual dentro da academia.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL - ABDI. *A Implantação de Processos BIM: Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC*. Brasília, DF: ABDI, 2017. v. 6; 22 p.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL - ABDI. *ABDI Novas normas no Catálogo da ABNT*. Disponível em: <https://abdi.com.br/postagem/abdi-disponibiliza-novas-normas-no-catalogo-da-abnt>. Acesso em: 24 out. 2018.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL - ABDI; MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR – MDIC. *Guia 2: Classificação da Informação no BIM*. Brasília, DF: ABDI; MDIC, 2017. v. 2, 38 p., Coletânea Guias BIM.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL – ABDI. Mapeamento de maturidade BIM Brasil. Brasília, DF: Agência Brasileira De Desenvolvimento Industrial – ABDI; Grant Thornton Brasil; Sienge, 2020. 84 p., nov. de 2020.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. *Modelagem BIM é alternativa para reverter cenário atual da construção civil*. Disponível em: <https://abdi.com.br/postagem/modelagem-bim-e-alternativa-para-reverter-cenario-atual-da-construcao-civil>. Acesso em: 24 out. 2018.

ANDERY P. R. P.; BASÍLIO M. S. Estudo sobre a aplicação das metodologias Lean Construction e Advanced Work Packaging em uma obra de alteamento de barragem de rejeito de minério. XIV Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção. Reposicionamento da Gestão da Construção. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/sibragec/article/view/7641>. Porto Alegre 19/09/2025.

ANTUNES J. M. P. *Interoperacionalidade em Sistemas de Informação*. 2013. 120 f. Dissertação de Mestrado (Engenharia Civil), Escola de Engenharia da Universidade do Minho, Portugal, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE METALURGIA E MATERIAIS - ABM. *Introdução à Siderurgia*. Campo Belo, São Paulo, 2007. 428 p. Coleção Metalurgia e Materiais – Obra de Difusão.

AKIN, D. Parametric Object Modeling in BIM Applications. PAACADEMY, 06 mar. 2025. Disponível em: <https://paacademy.com/blog/parametric-object-modeling-in-bim>. Acesso em: 18 dez. 2025.

BAPTISTA, A. R. R. T. G. *Utilização de Ferramentas BIM no Planejamento de Trabalhos de Construção – Estudo de Caso*. 2015. 65 f. Dissertação de Mestrado Integrado (Área Científica), Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, 2015.

BARISON, M. B.; SANTOS E. T. Ensino de BIM: Tendências atuais no cenário internacional. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, v. 6, n. 2 São Carlos, dezembro, 2011. p. 67-80.

BIBLUS. *As dimensões do BIM: um jeito intuitivo de mapear os diferentes dados de informação em um projeto baseado em BIM*. 2018. Disponível em: <https://biblus.accasoftware.com/ptb/as-dimensoes-do-bim-3d-4d-5d-6d-7d/>. Acesso em 11 fev. 2023.

BIMFORUM. Level of Development (LOD) Specification. 31 dez. 2024. Disponível em: <https://bimforum.org/resource/lod-level-of-development-lod-specification/>. Acesso em: 18 dez. 2025.

BONFANTE. H. S. T.; PALMISANO A. Tendências e desafios na evolução do Building Information Modeling (BIM): análise teórica das dimensões tradicionais aos paradigmas emergentes na construção civil. *REPAE – Revista Ensino e Pesquisa em Administração e Engenharia*. São Paulo, v. 10, n.2, p. 64-74, maio/ago. 2024.

BRESCIANI F. E.; ZAVAGLIA, C. A. C; BUTTON, S.T.; GOMES, E.; NERY, F.A.C. *Conformação Plástica dos Metais*. 4.ed. Campinas: Editora UNICAMP, 1991. P. 25-60.

BUILDING SMART. Technical Vision. Website. Disponível em: <https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc>. Acesso em: 18/12/2025.

CAMPBELL, D. A. AIA. *Modeling Rules – Working with BIM*. Architecture Week (website). Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/1229390.1229422>. Acesso em: 18/12/2025.

CARVALHO, M. Gestão de projetos: conhecendo a metodologia awp e a aplicação da “sopa de letrinhas”. *Revista de Engenharia e Tecnologia*, V.16, No.1, p.13, 2024.

CATELANI, W. S.; TOLEDO E. S. Normas brasileiras sobre BIM. *Normatização Técnica – Concreto e Construções*, p.54-59, 2016.

CDBB - CENTRE FOR DIGITAL BUILT BRITAIN. UK BIM Framework: Guidance and Standards for Information Management. Cambridge: CDBB, 2022.

CII (Construction Industry Institute). AWP Education Framework. Agosto de 2020. Disponível em: <https://www.construction-institute.org/CII/media/Documents/AWP-Education-Primer.pdf>. Acesso em 07/08/2025.

CRESWELL, John W. Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto. 2. ed. Porto Alegre: Artmed/Bookman, 2007.

COSTIN, E. BIM: vantagens e características. *ArchDaily: Fórum de notícias*. 2012. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/01-49221/bim-vantagens-e-caracteristicas-eron-costin>. Acesso em: 24 abr. 2018.

DALCERO, K.; MAGALHÃES, A.; MORAIS JUNIOR, M.; SANTOS, E.; LEITE, B.; SOUZA, F.; FERREIRA, S. Metodologia AWP: Revisão de literatura e integração com BIM. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. Anais. Maceió: ANTAC, 2024.

DELANY, S. *Classification*. NBS BIM Toolkit (Website). Disponível em: <https://toolkit.thenbs.com/articles/classification#classificationtables>. Acesso em: 11/04/2018.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE - DNIT. *SEI/DNIT 8334248 - Nota Técnica*. PROCESSO Nº: 50600.033363/2020-92, ELABORAÇÃO DO PLANO DE IMPLEMENTAÇÃO BIM - PIB. Brasília/DF, 24 de maio de 2021.

DRESCH, A.; LACERDA D. P.; MIGUEL, P. A. C. Uma Análise Distintiva entre o Estudo de Caso, a Pesquisa Ação a Design Science Research. *Revista Brasileira de Gestão de Negócios*, São Paulo, v.17, n.56, p.1116-1133, abr./jun. 2015.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. *Manual de BIM: Um Guia de Modelagem da Informação da Construção para Arquitetos, Engenheiros, Gerentes, Construtores e Incorporadores*. 1. ed. BOOKMAN, 2014. 483 p.

FERREIRA, B. M. L. Desenvolvimento de metodologias BIM de apoio aos trabalhos construtivos de medição e orçamentação. 2015. 68 f. Dissertação de Mestrado Integrado (em Área Científica), Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, 2015.

GELDER, J. The principles of a classification system for BIM: Uniclass 2015. *Living and Learning: Research for a Better Built Environment*, 49th International Conference of the Architectural Science Association, 2015, p.287-297, 2015.

GRAPHISOFT. Experimente o BIM com o ARCHICAD. MyArchiCAD.com (Website). Disponível em: <https://myarchicad.com/About.aspx>. Acesso em: 18/12/2025.

FGV/IBRE. *Página digital Fundação Getúlio Vargas. Macroeconomia – A Construção Digital*, website, 2018. Disponível em: <https://blogdoibre.fgv.br/posts/construcao-digital>. Acesso em: 20/05/2025.

FISCHER M.; BRITTO S.; SCHEER S.; KAM C. 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 <http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v10i2.102844>

HEVNER, A.; GREGOR, S. Positioning and Presenting *Design Science Research* for Maximum Impact. *Mis Quarterly Research Essay*. v. 37, n. 2, p. 337-355, jun. 2013.

HEVNER, A.; PARK, J.; MARCH, S; RAM, S. Design Science in Information Systems Research. *Mis Quarterly Research Essay*. v. 28, n. 1, p. 75-105, mar. 2004.

HILGENBERG, F. B.; ALMEIDA B. L.; SCHEER, S.; AYRES C. Uso de BIM pelos profissionais de arquitetura em Curitiba. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, v. 7, n. 1 São Carlos, p. 62-72, maio 2012.

HITECH. BIM Services, Level of Development (LOD). Disponível em: <http://www.hitechcaddservices.com/bim/support/level-of-development-lod/>. Acesso em: 18/12/25.

HO, P.; KAM, C.; FISCHER, M. Prospective validation of virtual design and construction methods: framework, application, and implementation guidelines. **CIFE Working Paper #WP123**, Center for Integrated Facility Engineering (CIFE), Department of Civil and Environmental Engineering, Stanford University. Stanford, dez. 2009, p.1-42.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ECONOMIA – IBRE/FGV. *A Construção Digital*. Disponível em: <https://blogdoibre.fgv.br/posts/construcao-digital>. Acesso em: 24 out. 2018.

KAM, Calvin; SENARATNA, Devini; MCKINNEY, Brian; XIAO, Yao; SONG, Min H. The VDC Scorecard: Formulation and Validation. **CIFE Working Paper #WP135**. Stanford University, 2013.

KUNZ, J.; FISCHER, M. Virtual design and construction: themes, case studies and implementation suggestions. **CIFE Working Paper # 097**, Center for Integrated Facility Engineering (CIFE), Dept. of Civil and Environmental Engineering, Stanford University. jun. 2005. Revisado jan.2012. p.1-50.

LIMA L. Análise de modelos de maturidade para medição da Implementação do Building Information Modeling (BIM), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 27 de março de 2019, p.1-173.

MANZIONE L. *Proposição de uma Estrutura Conceitual de Gestão do Processo de Projeto Colaborativo com o uso do BIM*. 2013. 324 f. Tese de Doutorado (Engenharia da Construção Civil) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

MARINI, I. B. F. *Webinar: Orçamentação 5D e Modelagem BIM*. São Paulo/SP: Sede da Editora PINI, 2017. (Comunicação Oral).

MELHADO, S.; FABRICIO, M.; EMMITT, S.; BOUHLAGHEM, D. The Building Design Process in the Context of Different Countries, Similarities and differences of professional practices. *Proceedings Architectural Management in the Digital Arena - CIB-W096*, Vienna. p. 241-255, 2011.

MENDES, F. A.; POZNYAKOV, K. Benefícios da metodologia FEL como suporte à gestão de portfólio e de partes interessadas. *Revista Boletim do Gerenciamento*, Rio de Janeiro, v.32, p.40-51, setembro. 2015.

MONTEIRO, A.; MARTINS, J. P. BIM Modeling for Contractors – Improving Model Takeoffs. In: INTERNATIONAL CONFERENCE, 29th, 2012. *Proceedings of the – CIB – W78.*, Beirut, Lebanon, out., 2012. p. 324-333.

MORAIS, M.; GRANJA A. D.; RUSCHEL, R. C. Restrições Orçamentárias e Entrega de Valor: Sinergias entre BIM e Custeio-Meta. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, São Paulo, v.10, n.1, p.7-27, jan./jun. 2015.

MOTTA, O. M.; QUELHAS O. L. G.; FILHOS, J. R. F. Alinhando os objetivos técnicos do projeto às estratégias de negócio: contribuição da metodologia fel no pré-planejamento de grandes empreendimentos. *Revista Gestão Industrial*, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Paraná, v. 07, n. 04: p. 99-117, 2011.

MOTTER, A. G.; CAMPELO H. Q. *Implantação da Tecnologia BIM em Escritórios de Projetos na Região de Curitiba – Estudos de Caso*. 2014. 56 f. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação (Engenharia Civil) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

OMNICLASS. *Introduction and User's Guide*. OmniClass™: A Strategy for Classifying the Built Environment. [s.l.]: OmniClass, 2006. 28 p.

PORTO M. P.; SILVA A. T. A. M.; SANTIAGO L. G. S.; Baracho R. M. A. Application of Building Information Modeling (BIM) in the Planning and Construction of a Building. *Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics* (2024) 22(4), 14-19  
<https://doi.org/10.54808/JSCI.22.04.14> Volume 22. 2024 ISSN: 1690-4524

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (PMI). *Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK)*. 5. ed. Pennsylvania: Global Standard Project Management Institute, 2013. 595 p.

REZEK, T. H.; FREITAS, M. C. D.; SCHEER, S. Adoção de BIM e Lean Construction: um processo para implantação da Engenharia do Conhecimento. In: simpósio brasileiro de tecnologia da informação e comunicação na construção, 3., 2021, Porto Alegre: ANTAC, 2021. p. 1-10. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/sbtic/article/view/560>. Acesso em: 3 ago. 2021.

SANTIAGO, L. G. S; BARACHO, R. M. A.; SILVA, A. T. M. A. VIDIGAL, M. J. M.; PORTO, M. F. Building information modeling (BIM) for planning and construction. *Architecture, Structures and Construction*, v. 5, article 6, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1007/s44150-024-00119-x>.

SILVA, J. N. S. *Siderurgia / José Nazareno Santos Silva*. Belém, Pará: Ed. E-Tech Brasil, Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia, 2011. 110 p.

SMITH, P. BIM & the 5D Project Cost Manager. In: IPMA - World congress international project management association, 29th, 2015. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 226. Westin Playa Bonita, Panama, p.193-200, 2016.

SOARES D. G.; LUCENA A. F. E. Grau de maturidade do uso do bim 4d e bim 5d em empresas construtoras. *Revista de Engenharia e Tecnologia*. ISSN 2176-7270 V.15, No.1, julho/2023 p.10

STANFORD UNIVERSITY. Center for integrated facility engineering. VDC and BIM Scorecard. (Homepage). Disponível em: <<http://vdcscorecard.stanford.edu>>. Acesso em: 30 jun. 2025.

SUCCAR, B. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction 18 – Science Direct*, University of Newcastle, Austrália, p.357-375, 2009.

SUCCAR, B. Building Information Modelling Maturity Matrix (chapter). Handbook of Research on Building Information Modeling and Construction Informatics: Concepts and Technologies. ChangeAgents AEC, Australia, 2009a. 50 p.

TOLEDO, E. BIM Bem Feito. *Revista Estrutura – Espaço*. 3. ed., p. 63-65, abril, 2017.

VIDIGAL M. J. M. *O USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS: Realidade Virtual e BIM no ensino e na prática do projeto arquitetônico*. Tese de Doutorado (Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável) Universidade Federal de Minas Gerais UFMG. 2024.

VOM BROCKE, J.; HEVNER, A.; MAEDCHE, A. Introduction to Design Science Research. In. Design Science Research. Cases. Cham: Springer, 2020. p. 1–13.

WANG, X.; YUNG P.; LUO H.; TRUIJENS M. An innovative method for project control in LNG project through 5D CAD: A case study. *Automation in Construction*, n. 45, jun. 2014, p.126-135, Science Direct, Elsevier.

XU, J. Research on Application of BIM 5D Technology in Central Grand Project. In: GLOBAL CONGRESS ON MANUFACTURING AND MANAGEMENT – GCMM, 13, 2016. *Procedia – Engineering 174*. 2017, p.600-610, Science Direct, Elsevier.

ZIGURAT Institute of Technology. *Dimensões do Futuro na Construção: de 3D à 10D com o BIM – BIM & Construction Management*. 2023. Disponível em: <https://www.e-zigurat.com/pt-br/blog/dimensoes-futuro-construcao-de-3d-a-10d-com-o-bim/>. Acesso, jul. 2025.

**APÊNDICE A – RESULTADOS MATRIZ DE MATURIDADE SUCCAR**

Áreas-chave de maturidade - Granularity level		a INICIAL (pts. 10)	b DEFINIDO (max pts. 20)	c GERENCIADO (max pts. 30)	d INTEGRADO (max pts. 40)	e OPTIMIZADO (max pts. 50)
		Tecnologia - Baseadas no conjunto de capacidades		<p>Software: aplicações, entregáveis e dados</p> <p>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</p>	<p>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.</p>	<p>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.</p>
<p>Hardware: equipamento, entregáveis, localização mobilidade</p> <p>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.</p>	<p>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.</p>			<p>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.</p>	<p>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.</p>	<p>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.</p>
<p>Rede: soluções, entregáveis e segurança e controle de acesso</p> <p>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.</p>	<p>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.</p>			<p>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.</p>	<p>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.</p>	<p>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.</p>

Áreas-chave de maturidade - Granularity level		a INICIAL (pts. 10)	b DEFINIDO (max pts. 20)	c GERENCIADO (max pts. 30)	d INTEGRADO (max pts. 40)	e OPTIMIZADO (max pts. 50)	
CONJUNTO DE CAPACIDADES EM BIM	Processos - Baseadas no conjunto de capacidades	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.	Os fatores físicos no local de trabalho são revisados para garantir a satisfação pessoal e um ambiente propício à produtividade. As estruturas de conhecimento responsáveis pela aquisição, representação e divulgação são revistas e reforçadas sistemicamente
		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 são informalmente são definidas. Cada projeto BIM é planejado independentemente. A competência 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 em 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.	Os objetivos de competência são continuamente atualizados para corresponder com os avanços tecnológicos e alinhar com os objetivos organizacionais. As práticas em relação ao RH são revisadas proativamente para garantir que o capital intelectual corresponda com as necessidades dos processos.
		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. Passa a existir preocupação em se manter a coerência comercial com a técnica.	Adoção de produtos e serviços de forma similar ao Modelo de progressão de especificações (AIA 2012) ou similares. A inovação passa a ser um valor a ser perseguido como diferencial.	Os produtos e serviços são especificados e diferenciados de acordo com o Modelo de progressão de especificações. A inovação é incorporada nas ações estratégicas e de marketing da organização.	Os produtos em BIM são constantemente avaliados e ciclos de retroalimentação promovem melhorias contínuas. A empresa passa a ser reconhecida como padrão de referência de mercado.
		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.	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.	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.	A visão é compartilhada através de toda a equipe da organização e pelos parceiros externos de projetos. A implementação do BIM, seus requisitos, processos e inovações de produtos e serviços são integrados na estratégia.	Os agentes externos internalizaram a visão do BIM. A estratégia de implementação do BIM é continuamente revista e realinhada com outras estratégias.

Áreas-chave de maturidade - Granularity level		a INICIAL (pts. 10)	b DEFINIDO (max pts. 20)	c GERENCIADO (max pts. 30)	d INTEGRADO (max pts. 40)	e OPTIMIZADO (max pts. 50)	
		CONJUNTO DE CAPACIDADES EM BIM	Políticas - Baseadas no conjunto de capacidades	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.
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 entrega do BIM). Os padrões de modelagem e documentação estão bem definidos de acordo com os padrões aceitos no mercado. As metas de qualidade e as avaliações de desempenho estão definidas.	As linhas-guia detalhadas do BIM estão disponíveis (treinamento, padrões, fluxo de trabalho). A modelagem, representação, quantificação, especificações e propriedades analíticas dos modelos 3D são gerenciadas através de planos de qualidade e padrões de modelagem detalhados. O desempenho em relação aos valores de referência é rigidamente monitorado e controlado.	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 linhas-guia do BIM são continua e proativamente refinadas para refletir as lições aprendidas e as práticas recomendadas do setor. A melhoria da qualidade e a adesão aos regulamentos e códigos são continuamente alinhados e refinados. Os valores de referência são revistos repetidamente para garantir a melhor qualidade possível em processos, produtos e serviços.
Contratual: responsabilidades, recompensas e alocação de riscos	Os contratos seguem os modelos convencionais pre-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 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.

Áreas-chave de maturidade - Granularity level		a INICIAL (pts. 10)	b DEFINIDO (max pts. 20)	c GERENCIADO (max pts. 30)	d INTEGRADO (max pts. 40)	e OPTIMIZADO (max pts. 50)	
CONJUNTO DE CAPACIDADES EM BIM	Estágio 01	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.
	Estágio 02	Atividades & Fluxo de trabalho Conhecimento, habilidades, experiência, papéis e dinâmicas relevantes	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 03	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 risco 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	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.
	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.
	Macro	Markets: dinâmicas e entregáveis em BIM (Aplique esse tópico apenas assessorado por um consultor)	Muito poucos fornecedores de componentes gerados pelo BIM (bibliotecas virtuais de componentes e materiais). A maioria dos componentes são preparadas pelos usuários finais e os desenvolvedores de software.	Os componentes BIM gerados por fornecedores estão cada vez mais disponíveis bem como os fabricantes e fornecedores identificam os benefícios do negócio.	Os componentes BIM estão disponíveis através de repositórios centrais altamente acessíveis e pesquisáveis. Os componentes não são interativamente conectados às bases de dados dos fornecedores.	Os acessos aos repositórios de componentes são integrados aos softwares de modelagem BIM. Os componentes são interativamente ligados aos bancos de dados de origem (por preço, disponibilidade, etc....).	O intercâmbio de componentes BIM é dinâmico, de vários caminhos entre todos os agentes envolvidos através de repositórios centrais ou mesclados.

**APÊNDICE B – RESULTADOS VDC SCORECARD**

Composição da Avaliação VDC Scorecard										
Áreas	Planejamento (20%)			Adoção (20%)		Tecnologia (25%)			Desempenho (35%)	
Dimensões (%)	Objetivo (40%)	Padronização (30%)	Preparação (30%)	Processo (50%)	Organização (50%)	Maturidade (40%)	Cobertura (20%)	Integração (40%)	Quantitativo (70%)	Qualitativo (30%)
Métricas	Formalização dos objetivos	Diretrizes BIM	Forma de Interação	Características ICE	Motivo do uso do BIM	5 Níveis de Maturidade	Elementos Modelados	Forma de expor o Modelo	Alinhamento aos objetivos	Avaliação do desempenho
<b>Avaliações</b>	<b>80%</b>	<b>60%</b>	<b>90%</b>	<b>80%</b>	<b>60%</b>	<b>60%</b>	<b>90%</b>	<b>100%</b>	<b>50%</b>	<b>60%</b>
Métricas	Objetivos BIM	Conteúdo e diretrizes BIM	Tipo de inf. Gerenciável	Aplicação BIM	Nível de habilidade BIM		NOD por fase	Interoperabilidade (inf.)	Medição do desempenho	Avaliação do modelo
<b>Avaliações</b>	<b>50%</b>	<b>50%</b>	<b>50%</b>	<b>60%</b>	<b>60%</b>		<b>NA</b>	<b>100%</b>	<b>10%</b>	<b>80%</b>
Métricas	Objetivos quantitativos BIM	Contribuições para futuras diretrizes	Orçamento BIM	Características IPD	Treinamento			Média NOD	Alinhamento do uso do modelo	Eficiência das reuniões
<b>Avaliações</b>	<b>40%</b>	<b>70%</b>	<b>NA</b>	<b>70%</b>	<b>70%</b>			<b>NA</b>	<b>80%</b>	<b>90%</b>
Métricas	BIM e os objetivos dos projetos		Softwares Utilizados	Eficiência das reuniões	Forma de Treinamento			Adequação NOD	% RFI (Controle)	Satisfação do cliente
<b>Avaliações</b>	<b>40%</b>		<b>100%</b>	<b>80%</b>	<b>60%</b>			<b>NA</b>	<b>60%</b>	<b>90%</b>
Métricas	Stakeholders BIM		Compart. de dados	Latência RFI	% de Tempo			Adequação Softwares	Taxa de alteração	
<b>Avaliações</b>	<b>80%</b>		<b>90%</b>	<b>80%</b>	<b>50%</b>			<b>90%</b>	<b>80%</b>	
Métricas				Análise de Processo	% FTE (uso) BIM			Adequação Hardware	Taxa de pedidos de alteração	
<b>Avaliações</b>				<b>50%</b>	<b>NA</b>			<b>30%</b>	<b>90%</b>	
Métricas					Envolvimento			Impacto da Informação	% de Metas Atingidas	
<b>Avaliações</b>					<b>80%</b>			<b>70%</b>	<b>30%</b>	
Métricas					Experiências BIM			% de Envolvidos - Modelo	Maturidade das Metas	
<b>Avaliações</b>					<b>50%</b>			<b>80%</b>	<b>30%</b>	
Métricas					Lider BIM			% de membros com o Modelo		
<b>Avaliações</b>					<b>80%</b>			<b>50%</b>		
Métricas					Atitude dos Envolvidos			% uso externo do Modelo		
<b>Avaliações</b>					<b>60%</b>			<b>80%</b>		
Métricas					Ação de Stakeholders					
<b>Avaliações</b>					<b>60%</b>					
Métricas					Nível da organização					
<b>Avaliações</b>					<b>90%</b>					