



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

Maria Luiza Abath Escorel Borges

**MÉTODO PARA A IMPLEMENTAÇÃO DA MODELAGEM BIM 4D EM EMPRESAS
CONSTRUTORAS**

Natal

2019

Maria Luiza Abath Escorel Borges

**MÉTODO PARA A IMPLEMENTAÇÃO DA MODELAGEM BIM 4D EM
EMPRESAS CONTRUTORAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Reymard Sávio
Sampaio de Melo
Coorientadora: Prof.^a Dra. Josyanne Pinto
Giesta

Natal

2019

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
Sistema de Bibliotecas - SISBI
Catalogação de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Central Zila Mamede

Borges, Maria Luiza Abath Escorel.

Método para a implementação da modelagem BIM 4D em empresas construtoras / Maria Luiza Abath Escorel Borges. - 2019.
199f.: il.

Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Natal, 2019.

Orientador: Dr. Reymard Sávio Sampaio de Melo.

1. BIM 4D - Dissertação. 2. Planejamento 4D - Dissertação. 3. Navisworks - Dissertação. 4. Design Science Research - Dissertação. 5. Caracterização - Dissertação. I. Melo, Reymard Sávio Sampaio de. II. Título.

RN/UF/BCZM

CDU 624

MARIA LUIZA ABATH ESCOREL BORGES

**MÉTODO PARA A IMPLEMENTAÇÃO DA MODELAGEM BIM 4D EM
EMPRESAS CONTRUTORAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Reymard Sávio Sampaio de Melo – Orientador, UFRN

Prof.^a Dra. Josyanne Pinto Giesta – Coorientadora, IFRN

Prof. Dr. Luiz Alessandro Pinheiro da Câmara de Queiroz – Examinador
Interno, UFRN

Prof. Dr. Max Lira Veras Xavier de Andrade – Examinador Externo, UFPE

Natal, 26 de março de 2019.

MÉTODO PARA A IMPLEMENTAÇÃO DA MODELAGEM BIM 4D EM EMPRESAS CONSTRUTORAS

Maria Luiza Abath Escorel Borges

Orientador: Prof. Dr. Reymard Sávio dos Santos Melo

Coorientador: Prof.^a Dra. Josyanne Pinto Giesta

RESUMO

Um grande problema enfrentado na construção civil é a dificuldade em visualizar e entender o planejamento da obra por ferramentas tradicionais de planejamento, tais como o Método do Diagrama de Precedência, o Diagrama de Gantt e a Linha de Balanço. Isso acontece em virtude da geração de cronogramas imprecisos e de interpretação confusa, devido à grande quantidade de atividades e suas precedências, além de não fornecerem informações suficientes referentes ao contexto, resultando em uma representação abstrata do planejamento. A modelagem 4D baseada em *softwares* que utilizam o BIM representa uma solução para esse problema, pois consiste na representação digital tridimensional de um empreendimento, associado com as durações de atividades, possibilitando a visualização da sequência de execução. Estudos anteriores mostram que o BIM 4D ainda é pouco discutido na literatura, ao mesmo tempo que pesquisas nacionais revelam uma baixa taxa de utilização do BIM para o planejamento. Visando a obtenção de dados regionais mais precisos, foi feita a caracterização do BIM nos estados do Rio Grande do Norte (RN) e da Paraíba (PB) e os resultados mostraram que as empresas locais ainda não fazem uso da modelagem BIM 4D. Adotando a *Design Science Research* como método de pesquisa, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver um método para implementar em empresas construtoras a modelagem BIM 4D voltada para a simulação do processo construtivo através do *software* Autodesk Navisworks Manage. As principais contribuições do trabalho são a revisão sistemática da literatura em relação às pesquisas sobre BIM 4D no mundo, o panorama da utilização do BIM no RN e na PB e a construção de um artefato para guiar empresas construtoras à adoção da modelagem BIM 4D, mostrando o potencial de utilização do BIM como ferramenta de apoio para o planejamento de obras.

Palavras-chave: BIM 4D; Planejamento 4D; Navisworks; *Design Science Research*; Caracterização.

METHOD FOR IMPLEMENTING THE 4D BIM MODELING IN CONSTRUCTION COMPANIES

Maria Luiza Abath Escorel Borges

Advisor: Prof. Dr. Reymard Sávio dos Santos Melo

Co-advisor: Prof.^a Dra. Josyanne Pinto Giesta

ABSTRACT

One of the problems faced in construction is the difficulty in visualizing and understanding the planning of the work by traditional planning tools, such as the Precedence Diagram Method, the Gantt Chart and the Line of Balance. This happens because of the generation of inaccurate and confusing interpretation schedules, due to the large number of activities and their precedence, as well as not providing enough context information, resulting in an abstract representation of the planning. 4D BIM-based modeling softwares represent a solution to this problem, since their models are a three-dimensional digital representation of an enterprise, associated with the activities durations, which allows the visualization of the execution sequence. Previous studies have shown that 4D BIM is, yet little discussed in the literature, while national surveys reveal a low BIM utilization rate for planning. In order to obtain more accurate regional data, BIM was characterized in the Brazilian states of Rio Grande do Norte (RN) and Paraíba (PB) and the results showed that local companies still do not use 4D BIM modeling. Adopting the Design Science Research as a research method, the present work aimed to propose a method for the 4D implementation in construction companies, focused on the building process simulation using Autodesk Navisworks Manage software. The main contributions of this work are the systematic review of the literature regarding on 4D BIM papers, the scenario of the BIM utilization in RN and in PB, and the construction of an artifact to guide construction companies to the adoption of 4D BIM modeling, showing the potential of using BIM as a support tool for planning works.

Keywords: 4D BIM; 4D Planning; Navisworks; Design Science Research; Characterization.

“Há uma forma de fazer isso melhor. Encontre-a.”

Thomas Edison

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais maravilhosos, Ronald e Christianne, pelo amor incondicional e todo o esforço e incentivo destinados ao meu crescimento moral e intelectual. A Zé pelos todos os conselhos e ensinamentos. Aos meus irmãos pelo companheirismo e apoio em todos os momentos que precisei. Sou grata por tê-los em minha vida.

Agradeço aos demais amigos pela convivência, que me rendeu boas risadas. Por todos os açais, sushis e luais realizados, e pela compreensão da minha ausência em algumas ocasiões, seja pela distância ou por estar ocupada demais. Peço perdão pelas vezes em que demorei demais para responder suas mensagens, mesmo prometendo que isso não aconteceria mais.

Agradeço aos professores Sávio e Josyanne por terem me aceitado como orientanda, pela dedicação, empenho, paciência e apoio durante todo o processo. Estendo o agradecimento à UFRN e todos os professores envolvidos nesta trajetória, que de alguma maneira me incentivaram, e contribuíram com o meu desenvolvimento profissional através dos conhecimentos transmitidos.

A todas as empresas que colaboraram com a pesquisa respondendo o questionário proposto e aos profissionais que aceitaram participar do grupo focal. Agradeço também a Danilo pelo auxílio na elaboração do artigo referente ao questionário.

Minha eterna gratidão a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha caminhada acadêmica e pessoal.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
Introdução	1
1.1 Contexto	1
1.2 Justificativa	3
1.3 Objetivos de pesquisa.....	6
1.3.1 Objetivo geral	6
1.3.2 Objetivos específicos	6
1.4 Estrutura do Trabalho	7
CAPÍTULO 2	9
Modelagem da Informação da Construção	9
2.1 Definição.....	9
2.2 Parametrização.....	10
2.3 Interoperabilidade	12
2.4 Dimensões.....	13
2.5 Nível de desenvolvimento.....	15
2.6 Níveis de maturidade	18
2.7 Caracterização da utilização do BIM	19
2.8 Incentivos para a utilização do BIM	21
2.8.1 BIM <i>Project Execution Planning Guide</i> 2.0.....	23
2.8.2 Guia AsBEA de Boas Práticas BIM	26
2.8.3 Coletânea de Guias de implementação do BIM em construtoras e incorporadoras da CBIC.....	27
2.8.4 Incentivos governamentais brasileiros	29
2.9 Considerações Finais	31
CAPÍTULO 3	32
Produção Científica do BIM 4D	32
3.1 Modelos BIM 4D	32
3.2 Funcionalidades da modelagem BIM 4D	33
3.3 Mapeamento sistemático do BIM 4D	34
3.2.1 Evolução temporal das publicações.....	36
3.2.2 Publicações por país.....	36
3.2.3 Instituições por país	37
3.2.4 Publicações por instituição.....	38

3.2.5 Publicações por autor.....	38
3.2.6 Publicações por palavra-chave	39
3.2.7 Publicações por periódico	40
3.2.8 Publicações por evento	41
3.4 Pesquisas relacionadas ao BIM 4D	41
3.3.1 Implementação do BIM	42
3.3.2 Gestão de operações logísticas no canteiro de obras.....	44
3.3.3 Planejamento dinâmico	47
3.3.4 Gestão de riscos na construção	49
3.3.5 Gestão de conflitos espaço-temporais em projetos	51
3.3.6 Integração entre o cronograma físico e planejamento de custos	52
3.3.7 Gestão e controle da construção através da integração do BIM 4D com outros métodos	54
3.3.8 Desenvolvimento e melhoria de ferramentas BIM 4D	55
3.3.9 Comparação entre diferentes ferramentas de visualização do cronograma.....	56
3.3.10 Desenvolvimento de biblioteca de componentes	57
3.5 Considerações Finais	58
CAPÍTULO 4	59
Metodologia.....	59
4.1 Estratégia de pesquisa	59
4.2 Delineamento da pesquisa	62
4.3.1 Fase de conscientização do problema	62
4.3.2 Fase de sugestão.....	65
4.3.3 Fase de desenvolvimento	67
4.3.4 Fase de avaliação	67
4.3.5 Fase de conclusão	69
4.3 Considerações Finais	69
CAPÍTULO 5	71
Caracterização do BIM.....	71
5.1 Informações gerais sobre os questionários	71
5.2 Taxa de respostas	71
5.3 Perfil dos respondentes	72
5.4 Perfil das organizações.....	74
5.4 Conhecimento sobre o BIM	78
5.5 Utilização do BIM.....	79

5.6 Dificuldades	83
5.7 Futuro do BIM	84
5.8 Manifestação livre	86
5.9 Considerações Finais	87
CAPÍTULO 6	88
Desenvolvimento da Pesquisa	88
6.1 Caracterização da empresa.....	88
6.2 Processo de desenvolvimento de produtos na empresa	90
6.3 Caracterização do empreendimento	92
6.4 Visão geral da obra.....	95
6.5 Processo de planejamento 4D	101
6.5.1 Criação do modelo federado	101
6.5.1 Treinamento do usuário do modelo 4D	103
6.5.3 Modelagem 4D do empreendimento total	104
6.5.4 Modelagem 4D da alvenaria estrutural.....	106
6.5.5 Modelagem 4D do revestimento cerâmico da fachada	114
6.6 Considerações Finais	118
CAPÍTULO 7	120
Método para a Implementação do BIM 4D	120
7.1 Método Proposto	120
7.1.1 Fase de preparação	123
7.1.2 Fase de modelagem.....	127
7.1.3 Fase de análise	129
7.2 Avaliação do Método	130
7.2.1 Contexto da pesquisa.....	130
7.2.2 Fase de preparação	132
7.2.3 Fases de modelagem e análise	133
7.3.4 Avaliação final do método	135
7.3.5 Encerramento do grupo focal	138
7.3 Refinamento do método proposto.....	138
7.4 Considerações finais.....	140
CAPÍTULO 8	142
Considerações Finais.....	142
8.1 Conclusões	142
8.2 Limitações da pesquisa	146
8.3 Recomendações para trabalhos futuros	147

Referências	149
ANEXO 1.....	157
APÊNDICE A.....	158
APÊNDICE B.....	165

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação gráfica dos níveis de desenvolvimento.....	15
Figura 2 – Etapas de projeto e níveis de desenvolvimento	16
Figura 3 – Documentos com conteúdo de implementação do BIM	22
Figura 4 – Procedimentos para planejamento da execução do projeto BIM	24
Figura 5 – Principais passos para um projeto de implementação BIM	28
Figura 6 – Passos metodológicos do mapeamento sistemático	35
Figura 7 – Artigos publicados por ano	36
Figura 8 – Publicações por país	37
Figura 9 – Instituições por país	37
Figura 10 – Publicações por instituição	38
Figura 11 – Publicações por autor	39
Figura 12 – Publicações por palavra-chave	40
Figura 13 – Publicações por periódico	40
Figura 14 – Publicações por evento	41
Figura 15 – Lógica para Construção das Classes de Problemas	61
Figura 16 – Fluxograma do método de pesquisa adotado	63
Figura 17 – Fluxograma do questionário	64
Figura 18 – Cargo ocupado pelos profissionais	73
Figura 19 – Formação profissional	73
Figura 20 – Experiência em anos	74
Figura 21 – Familiaridade com o termo BIM	79
Figura 22 – Utilização do BIM pelas empresas	80
Figura 23 – Finalidade de uso do BIM pelas empresas	81
Figura 24 – Caracterização das atividades BIM pelas empresas	82
Figura 25 – Resultados da utilização do BIM	83
Figura 26 – Substituição futura do CAD pelo BIM	85
Figura 27 – Expectativa do BIM se tornar padrão no mercado	85
Figura 28 – Estrutura organizacional da empresa	89
Figura 29 – Processo de desenvolvimento de produtos da empresa	90
Figura 30 – Fachada perspectiva frontal do empreendimento	94

Figura 31 – Fachada perspectiva posterior do empreendimento	94
Figura 32 – Planta baixa perspectiva do pavimento tipo do empreendimento ...	94
Figura 33 – Disposição dos materiais na obra	95
Figura 34 – Quadro de informações referentes a suprimentos	97
Figura 35 – Quadro de informações relativas à qualidade	98
Figura 36 – Quadro de informações de acompanhamento da obra	98
Figura 37 – Planos de curto e médio prazo	100
Figura 38 – Kanban de tarefas	101
Figura 39 – Modelagem 3D da fundação no TQS	102
Figura 40 – Modelo federado no Navisworks	103
Figura 41 – Simulação com atividades atrasadas	105
Figura 42 – Sequência da alvenaria estrutural no modelo federado	105
Figura 43 – Sequência da alvenaria estrutural	106
Figura 44 – Modelo da alvenaria estrutural	107
Figura 45 – Elementos da alvenaria estrutural	107
Figura 46 – Tipos de paredes do modelo	107
Figura 47 – Nomeação e coloração das paredes	108
Figura 48 – Divisão dos conjuntos de seleção de paredes	108
Figura 49 – Divisão dos conjuntos de seleção de vigas	109
Figura 50 – Divisão dos conjuntos de seleção de painéis treliçados	109
Figura 51 – Divisão dos conjuntos de seleção das escadas	110
Figura 52 – Sequência de atividades atrasadas	111
Figura 53 – Alvenaria estrutural do segundo pavimento	113
Figura 54 – Sequência de atividades adiantadas	113
Figura 55 – Conjuntos de seleção da fachada	114
Figura 56 – Diferença de tonalidade das pastilhas	116
Figura 57 – Primeira montagem de andaimes.....	116
Figura 58 – Desmontagem e montagem de andaimes simultâneas	117
Figura 59 – Desmontagem e montagem de andaimes simultâneas	117
Figura 60 – Método proposto	122
Figura 61 – Fase de modelagem ampliada	123
Figura 62 – Modelo 4D para a fase de avaliação	135

Figura 63 – Simulação do modelo 4D	136
Figura 63 – Segunda versão do método	140
Figura B.1 – Configurações das camadas de parede	165
Figura B.2 – Criação de camadas de um objeto	166
Figura B.3 – Aspecto visual das camadas de parede separadas	166
Figura B.4 – Converter partes de construção	167
Figura B.5 – Carregar os modelos no Navisworks	168
Figura B.6 – Ferramenta Timeliner	169
Figura B.7 – Criação de tarefas no Navisworks	169
Figura B.8 – Ajuste no Bloco de Notas p/ cronogramas elaborados no Excel ..	170
Figura B.9 – Importação do cronograma de planejamento	171
Figura B.10 – Reconstrução de hierarquia de tarefas	171
Figura B.11 – Ferramenta de conjuntos de seleção	173
Figura B.12 – Ferramenta para encontrar itens	173
Figura B.13 – Criação de regras de busca	174
Figura B.14 – Vinculação individual de tarefas aos conjuntos de seleção	174
Figura B.15 – Vinculação automática de tarefas aos conjuntos de seleção.....	175
Figura B.16 – Edição de regras para a vinculação	175
Figura B.17 – Exemplo de edição de regra para vinculação	176
Figura B.18 – Seleção colunas visíveis do cronograma	177
Figura B.19 – Opções de colunas do Navisworks	177
Figura B.20 – Vinculação automática com base na regra editada	178
Figura B.21 – Conjuntos de seleção vinculados às tarefas	178
Figura B.22 – Configuração do tipo de tarefa	179
Figura B.23 – Ajustes da simulação	180
Figura B.24 – Janela de configurações da simulação	180
Figura B.25 – Simulação da construção	181

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Exemplos de classes de problemas e artefatos	60
--	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação dos artigos	40
Quadro 2 – Percentual de questionários respondidos	71
Quadro 3 – Atividades realizadas pelas empresas	74
Quadro 4 – Porte das empresas	74
Quadro 5 – Local de atuação das empresas	75
Quadro 6 – Faturamento anual das empresas	75
Quadro 7 – Empreend. em desenvolvimento antes da recessão econômica ...	76
Quadro 8 – Empreend. iniciados após o início da recessão econômica	76
Quadro 9 – Intensidade de prejuízo ocasionado pela crise	77
Quadro 10 – Posicionamento pessoal em relação ao BIM (familiarizados	79
Quadro 11 – Dificuldades ou impedimentos para a utilização do BIM	83
Quadro 12 – Sistema de pontos para os bens materiais	91
Quadro 13 – Sistema de pontos para o acesso a serviços públicos	92
Quadro 14 – Sistema de pontos p/ o grau de instrução do chefe de família	92
Quadro 15 – Renda domiciliar mensal	92
Quadro 16 – Ferramentas computacionais utilizadas	100
Quadro 17 – Participantes do grupo focal	144
Quadro 18 – Avaliação final da fase de preparação do método	148
Quadro 19 – Avaliação final das fases de modelagem e análise do método	149

LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ABECP – Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa
AEC – Arquitetura, Engenharia e Construção
ASBEA – Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura
BEP – BIM *Execution Plan*
BIM – *Building Information Modeling*
BSI – *buildingSMART International*
CAD – *Computer Aided Design*
CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CBIM – Câmara Brasileira de BIM
CE-BIM – Comitê Estratégico de Implementação do BIM
CNC – Controle Numérico Computadorizado
DSR – *Design Science Research*
ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
IFC – *Industry Foundation Classes*
IPD – *Integrated Project Delivery*
GPS – *Global Positioning System*
LEED – *Leadership in Energy and Environmental Design*
LOB – *Line of Balance*
LOD – Level of Development
MDP – Método do Diagrama de Precedência
NPB – Publicação BIM Notável
PEB – Plano de Execução BIM
PENN STATE – *Pennsylvania State University*
SBQP – Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído
SIG – Sistemas de Informação Geográfica
SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SINFRA – Secretaria de Estado de Infraestrutura e Logística
TI – Tecnologia da Informação

CAPÍTULO 1

Introdução

O presente capítulo apresenta o contexto deste trabalho, o problema de pesquisa, sua justificativa e objetivos, bem como a estrutura dos capítulos.

1.1 Contexto

A elevada complexidade envolvida na construção exige ações, métodos e técnicas de visualização apropriados para gerenciar efetivamente uma obra, como o Método do Diagrama de Precedência (MDP), o Diagrama de Gantt, a Linha de Balanço (*Line of Balance* – LOB), a planilha de dimensionamento de capacidade de recursos, entre outros. A dificuldade em visualizar e entender o planejamento da obra no espaço por essas ferramentas é um grande problema enfrentado na construção civil. Isso acontece em virtude da geração de cronogramas imprecisos e de interpretação confusa, devido à grande quantidade de atividades e precedências (HARTMAN; GAO; FISCHER, 2008).

Estas ferramentas fornecem apenas a sequência de eventos, desconsiderando os objetos físicos, os quais são mais difíceis de validar e avaliar. Sem informações suficientes referentes ao contexto espacial e a complexidade dos componentes de um projeto, o resultado é em uma representação abstrata do planejamento (KOO; FISCHER, 2000). Isso demanda que os planejadores visualizem em suas mentes quais atividades ocorrem em um determinado momento e espaço no projeto. Para compreender melhor as atividades do plano, é frequentemente recorrido aos desenhos do projeto.

Primordialmente, o método utilizado para desenvolver todos os projetos de engenharia implicava na utilização de instrumentos manuais de desenho. Com o surgimento dos computadores deu-se início ao desenvolvimento de *softwares Computer Aided Design* (CAD), que viabilizaram reproduzir representações gráficas em duas dimensões, com mais precisão e facilidade, contendo diversas ferramentas, possibilitando impressão e armazenamento

(RODRIGUES et al., 2017). Por muito tempo o desenvolvimento de projetos na construção civil esteve preso a esse sistema de produção 2D.

Quando se trata de planejamento, os arquivos CAD não fornecem informações necessárias para avaliação efetiva do projeto. A informação que é suficiente para os desenhos em CAD, é insuficiente para os requisitos de um modelo baseado no processo de construção (GSA, 2007). Isso se deve ao fato de a utilização de apenas desenhos em duas dimensões não garantir um planejamento adequado de obra, que preveja toda a organização dos espaços e atividades, evitando espera, erros e retrabalhos (SCHRAMM; COSTA; FORMOSO, 2006, apud BIOTTO; FORMOSO; ISATTO, 2015).

À medida que os projetos demandam cada vez mais representações mais complexas para serem enviadas aos canteiros de obras, o distanciamento entre projeto e construção só aumenta. Com a constante busca das empresas por competitividade no mercado, o ponto em questão vem ganhando cada vez mais importância na execução de projetos do setor da AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção) (EASTMAN et al., 2014).

A fim de resolver essa situação, surgem as ferramentas de modelagem BIM 4D. Estas modelam elementos parametrizados utilizando o conceito BIM (*Building Information Modeling*). Por definição, o BIM consiste em um processo otimizado para planejar, projetar, construir, usar e manter uma edificação durante todo seu ciclo de vida, a partir de um modelo de informação normalizado que contém todas as informações necessárias às partes interessadas. Através do BIM, um modelo tridimensional preciso do edifício é construído digitalmente com o uso de informações paramétricas, as quais tornam os objetos "inteligentes". A característica essencial do BIM que o diferencia das tecnologias de projeto que o antecedem não é a modelagem em três dimensões, e sim informação sistematizada, que pode ser organizada, definida e permutável (SMITH; TARDIF, 2009, apud COELHO, 2017).

Os processos BIM têm o potencial de melhorar significativamente a eficiência das atividades de projeto, construção e operação. Portanto, a tecnologia BIM emerge como uma opção para minimizar os problemas não só da representação em duas dimensões, mas do processo tradicional de desenvolvimento de projetos como um todo. Esse processo é caracterizado por

documentação impressa e inexistência de colaboração entre os profissionais, resultando na incompatibilização dos mais diversos projetos. Em consequência disso, os erros e omissões só são percebidos na fase de construção, resultando em retrabalhos, atrasos e custos além do orçamentado (KASSEM; SUCCAR; DAWOOD, 2015).

A modelagem 4D consiste em uma dimensão do BIM, que associa o modelo 3D de um empreendimento à variável do tempo. Ou seja, as ferramentas 4D o representam graficamente e incorporam informações do cronograma do planejamento, o que permite a visualização da sequência de execução de uma obra. A capacidade de transmitir informações sobre o avanço e discrepâncias em relação ao planejado (*as-built x as-planned*) com precisão é estratégica para o gerenciamento de projetos, pois possibilita a tomada de ações corretivas em tempo rápido (BRITO; FERREIRA, 2015). Dessa forma, o BIM 4D supera a deficiência das técnicas citadas anteriormente ao promover simulações onde se é possível antever todas as etapas da obra, de forma que o entendimento de execução seja facilitado.

1.2 Justificativa

Já se tem consciência de que a adoção da tecnologia BIM na indústria da AEC é um caminho sem volta (SUCCAR, 2009). Apesar de ser fundamental para o aumento da eficiência da construção civil, a sua adoção ainda não é plena em escala global (CARMONA; CARVALHO, 2017). Um dos principais obstáculos para iniciar o processo de implementação é o alto investimento necessário, desde a compra dos equipamentos computacionais, os quais devem possuir especificações robustas para rodar um modelo, até a compra dos *softwares* e capacitação dos profissionais, através de cursos e consultorias. Outra barreira encontrada é a questão cultural da empresa, pois é preciso que seja feita uma mudança significativa de processos (STEINER, 2016).

Mesmo com essas barreiras e dificuldades, alguns países já iniciaram a migração para o BIM há mais de uma década e por isso se encontram em um nível alto de amadurecimento. Em uma pesquisa realizada em dez países da América do Norte, América do Sul, Europa, Ásia e Oceania, os resultados mostram que adoção do BIM está acelerando substancialmente, impulsionada principalmente por grandes empreiteiros e órgãos governamentais que desejam

incorporar seus benefícios de entrega de projetos mais rápida, segura, com qualidade e custo mais confiáveis (JONES; BERNSTEIN, 2014).

Nos Estados Unidos, por exemplo, a utilização do BIM aumentou de 28% para 71% entre 2007 e 2012. Enquanto isso, a mesma pesquisa mostra que os projetos feitos em BIM no Brasil ainda ocorrem de maneira incipiente. Em comparação com os outros países incluídos no estudo, os usuários do BIM no Brasil são muito mais recentes e possuem um baixo índice de engajamento. Este índice é medido baseado no tempo de uso, nível de experiência e nível de implementação do BIM.

Diante desse contexto, este trabalho se justifica tanto do ponto de vista prático quanto teórico. Do prático, o atraso do Brasil em relação aos outros países mostra que as vantagens o BIM proporciona aos profissionais e às empresas da área ainda não são suficientes para convencê-los a proceder com a implementação do BIM e redução do uso do CAD. No entanto, já são observados alguns esforços para a difusão do BIM no país. Na esfera nacional, em junho de 2017 foi decretado pelo Governo Federal o Comitê Estratégico de Implementação do *Building Information Modeling* (CE-BIM), com a finalidade de propor uma estratégia nacional de disseminação do BIM, a qual terminou sendo instituída em maio de 2018, por meio do Decreto 9.3777. Com o lançamento da Estratégia Nacional de Disseminação do BIM no Brasil, através de prazos para a adoção gradativa da tecnologia, a expectativa é que o país siga o exemplo do Reino Unido, que a partir de 2016 já passou a exigir o uso BIM em todos os projetos para obras públicas, e mais recente, no final de 2018, a mesma exigência entrou em vigor na Espanha.

Além disso, existem iniciativas por parte de alguns estados, como Mato Grosso, Santa Catarina, Paraná e Rio Grande do Sul. Portanto, é presumível que a sua adoção esteja mais desenvolvida em algumas regiões do país que em outras, ou que os problemas enfrentados também variem de um local para outro. Em um país tão vasto e marcado por desigualdades como o Brasil, pesquisas que analisam nacionalmente a utilização da plataforma se tornam generalistas, fazendo com que os seus resultados sejam considerados discrepantes quando comparados com a realidade individual de alguns estados. Logo, tem-se a necessidade de caracterização de seu uso regional (CARMONA; CARVALHO, 2017).

Por isso, torna-se crucial a contextualização local do uso do BIM, para então prosseguir com o estudo. A compreensão de particularidades locais pode impulsionar a superação de dificuldades que impedem a disseminação da tecnologia.

Em pesquisa realizada com arquitetos e engenheiros pela Editora Pini (2013) sobre o uso do BIM no Brasil, os resultados mostraram que a maior parte dos 588 respondentes ainda não trabalham com essa tecnologia. Em contrapartida, há expectativa no seu avanço, pois apenas 9,38% da amostra não tem intenção em utilizar o BIM nos próximos cinco anos. Entre os que afirmaram já trabalhar com essa tecnologia, 59,39% apontou que faz uso da extração de quantitativos para orçamentos, 51,27% para compatibilização de projetos, e 20% para a geração de cronogramas (BIM 4D), que representa apenas 7,58% do total de profissionais participantes da pesquisa.

Do ponto de vista teórico, esta pesquisa se justifica com a criação de um método de implementação da modelagem 4D. Enquanto interações com modelos 3D são demasiadamente discutidas em pesquisas, a modelagem 4D é bem menos abordada, existindo uma necessidade de explorar e avaliar o uso dessa dimensão. Poucas pesquisas avaliam a importância e aplicabilidade de estratégias para representação e análise do BIM 4D validadas por profissionais do setor (BRITO; FERREIRA, 2015). Sabendo disso, o presente trabalho possui um capítulo com uma revisão sistemática da literatura acerca do uso do BIM 4D, com o intuito de identificar e preencher lacunas do conhecimento relacionado ao BIM 4D. Foi realizada uma revisão sistemática da produção científica internacional da modelagem 4D, obtendo uma amostra final de 148 artigos, nos quais após ser feita uma leitura, não foi identificado um que propusesse passos ou etapas bem definidas para implementar o BIM 4D em uma empresa construtora.

Paralelo a isso, também buscou-se analisar a literatura não científica, isto é, guias, roteiros ou orientações para a implementação do BIM, criados por incentivo do governo ou por iniciativa própria de associações não governamentais. Wanderley (2017) fez uma análise de dezenove destes documentos utilizados em vários países e observou que os guias encontrados tratam de múltiplos assuntos, como boas práticas da Modelagem de Informação

da Construção, os padrões nacionais, orientações para configuração inicial dos arquivos para o modelo BIM, diretrizes para elaboração de bibliotecas e *templates*. No entanto, apenas oito deles possuem premissas para a implementação do BIM.

Dentre estes oitos guias, três foram selecionados para o presente estudo. No contexto internacional, optou-se pelo *Building Information Modeling Project Execution Planning Guide 2.0* (2014), considerado como sendo um dos principais e mais completos guias de implementação do BIM. Nacionalmente, foram escolhidos os dois mais relevantes, que são a Coletânea de Guias para implementação do BIM em construtoras e incorporadoras da CBIC (2016) e o guia AsBEA de Boas Práticas BIM (2014). O que se pôde concluir é que eles apresentam diretrizes genéricas e contribuem para a disseminação do BIM, mas não são específicos para a modelagem 4D ou qualquer outro uso.

Diante do que foi exposto, a estratégia adotada para a pesquisa será a *Design Science Research* (DSR), propondo um artefato no final do estudo. Nesse método de pesquisa, a investigação deve partir da definição de um problema com relevância prática e teórica, seguida da compreensão do tema e desenvolvimento de uma construção para resolver o problema (LUKKA, 2003). Portanto, ao alinhar as lacunas prática e teórica identificadas, o que representa a fase de conscientização do problema, esta dissertação tem sua importância e justificativa fundamentadas na necessidade de caracterização do uso regional do BIM e na criação de um método para a implementação do BIM 4D.

1.3 Objetivos de pesquisa

1.3.1 Objetivo geral

O trabalho tem por objetivo propor um método de implementação da modelagem BIM 4D em empresas construtoras.

1.3.2 Objetivos específicos

Caracterizar a utilização do BIM por construtoras associadas ao Sindicato da Indústria da Construção Civil dos estados do Rio Grande do Norte e da Paraíba.

Estabelecer diretrizes para facilitar a implementação da modelagem BIM 4D em empresas construtoras, voltada para a simulação de processos construtivos.

1.4 Estrutura do Trabalho

O presente trabalho é composto por 8 capítulos. O **capítulo 1** apresentou o tema da pesquisa, justificativa, problema de pesquisa, questões, proposições, objetivos e as delimitações do estudo.

O segundo e terceiro capítulos são referentes à revisão bibliográfica. No **capítulo 2**, o *Building Information Modeling* é apresentado, dando início aos conceitos de parametrização, interoperabilidade, níveis de desenvolvimento e detalhe, dimensões e níveis de maturidade do BIM. Também são citados estudos que fizeram a caracterização do uso do BIM em lugares diversos, além adentrar em incentivos para a utilização do BIM, sejam eles governamentais ou materiais que guiam os profissionais e empresas a uma implementação.

Já no **capítulo 3**, são explicitados conceitos sobre a modelagem BIM 4D, suas funcionalidades. Em seguida, é feita uma revisão sistemática da literatura a respeito especificamente do BIM 4D. Os trabalhos encontrados na literatura são listados com a aplicação de indicadores e classificados em categorias quanto ao seu conteúdo.

No **capítulo 4** é explicitado o Método de Pesquisa utilizado pela pesquisadora, os métodos de coleta e análise de dados, e o delineamento da pesquisa, que mostrou as fases pelas quais o trabalho foi constituído: fase de conscientização do problema, sugestão, desenvolvimento, avaliação e conclusão.

O **capítulo 5** apresenta os resultados obtidos na parte da fase de conscientização do problema de pesquisa, na qual foi elaborado um questionário afim de caracterizar o uso do BIM por empresas construtoras atuantes no Rio Grande do Norte e da Paraíba, vinculadas ao Sindicato da Indústria da Construção Civil de ambos os estados.

No **capítulo 6** está descrita a fase de desenvolvimento da pesquisa, com a caracterização da empresa e as atividades da pesquisadora na mesma.

No **capítulo 7**, é esquematizado o método para a implementação do BIM 4D, com a explicação de cada uma de suas etapas. Neste capítulo ainda é feita a avaliação do método proposto.

O **capítulo 8** é de conclusão, citando as principais contribuições obtidas com esta dissertação, limitações da pesquisa e sugestão para trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2

Modelagem da Informação da Construção

O presente capítulo se inicia com a definição geral de BIM e se aprofunda em suas palavras-chave, essenciais para o seu entendimento. Em seguida, apresenta as dimensões do BIM, níveis da maturidade e traz uma revisão de Publicações BIM Notáveis e incentivos governamentais brasileiros.

2.1 Definição

O *Building Information Modeling* (BIM), traduzido em português como Modelagem da Informação da Construção, é definido como sendo um conjunto de políticas, processos e tecnologias que conduzem ao estabelecimento de uma metodologia de geração, atualização e manutenção, num formato digital, de toda a informação pertinente ao ciclo de vida de um empreendimento. O campo das políticas se refere à educação, pesquisa, legislação e regulamentação, enquanto que o campo dos processos envolve a construção, operação, uso e manutenção de estruturas. Por fim, o campo das tecnologias diz respeito ao desenvolvimento de *software*, *hardware*, equipamentos e sistemas de rede necessários para aumentar a eficiência, produtividade e rentabilidade dos setores da indústria da AEC. (SUCCAR, 2009).

O termo *Building Information Modeling* foi usado pela primeira vez por Nederveen e Tolman (1992), mas o seu conceito, abordagem e metodologias, na maneira que são entendidos hoje, já vêm sendo estudados por pesquisadores há mais de quarenta anos (SUCCAR, 2009). Charles M. Eastman publicou no *AIA Journal* um protótipo de trabalho denominado *Building Description System*, no qual relata ideias triviais do BIM, como:

"... definir elementos de forma interativa... derivando seções, planos isométricos ou perspectivas de uma mesma descrição de elementos. Qualquer mudança no arranjo teria que ser feita apenas uma vez para todos os desenhos futuros. Todos os desenhos derivados da mesma disposição de elementos

seriam automaticamente consistentes... qualquer tipo de análise quantitativa poderia se ligada diretamente à descrição... estimativas de custos ou quantidades de material poderiam ser facilmente geradas... fornecendo um único banco de dados integrado para análises visuais e quantitativas... verificação de códigos de edificações automatizando na prefeitura ou no escritório do arquiteto. Empreiteiras de grandes projetos podem achar esta representação vantajosa para a programação e para pedido de materiais.” (EASTMAN, 1975, apud EASTMAN et al., 2014).

Desde então, inúmeras discussões vêm sendo realizadas sobre como esta seria uma alternativa tecnológica para a melhoria dos processos na construção civil. São apontados múltiplos benefícios em todas as fases de um empreendimento, desde a pré-construção, durante as etapas de projeto, construção, e fabricação, até a pós-construção.

Algumas dessas vantagens são a possibilidade de visualização antecipada e mais precisa de um projeto, ajustes automáticas em todas as pranchas e vistas quando mudanças são feitas em uma delas, geração de desenhos 2D precisos e consistentes em qualquer etapa do projeto, colaboração antecipada entre as diversas disciplinas, extração de estimativas de custo, análises de eficiência energética e sustentabilidade, sincronização de projeto e planejamento da construção, descoberta de erros de projeto e omissões antes da construção (detecção de interferências), uso do modelo de projeto como base para componentes fabricados, melhor implementação e técnicas da construção enxuta, sincronização da aquisição de materiais com o projeto e a construção, melhor gerenciamento e operação das edificações, integração com sistemas de operação e gerenciamento de facilidades (EASTMAN et al., 2014).

2.2 Parametrização

A ideia que sustenta o uso do BIM na indústria da AEC se apoia nos conceitos de parametrização, interoperabilidade e na colaboração entre os diversos profissionais deste setor. Para a consolidação do BIM é fundamental que tecnologias de modelagem paramétrica e de interoperabilidade sejam desenvolvidas (ANDRADE; RUSCHEL, 2009).

A modelagem de objetos paramétricos provavelmente é a principal característica da “identidade” do BIM, pois é nesta particularidade que se baseia todo o seu conceito e que torna possível todos os grandes diferenciais apresentados por esta tecnologia (SIVIERO, 2010). Para Eastman et al. (2014),

a noção de objetos paramétricos é essencial para o entendimento do BIM e sua diferenciação dos tradicionais objetos 2D. Um dos objetivos da parametrização é a geração de modelos virtuais que representem fielmente objetos reais. Objetos paramétricos podem possuir informações sobre si próprios, sobre o seu relacionamento com os demais objetos e com o ambiente no qual está inserido.

Então, o objeto deixa de ser representado apenas geometricamente através de linhas, para se tornar um modelo representado também por dados e regras associadas que caracterizam cada objeto que o compõem. Tais objetos, também chamados de objetos inteligentes, apresentam além das propriedades espaciais associadas à sua representação, propriedades intrínsecas aos mesmos. Ou seja, além das informações geométricas, podem ser atribuídas aos objetos dados como tipo de material, custo, modelo, propriedades de desempenho acústico, térmico, etc. (EASTMAN et al., 2014).

Os objetos BIM podem ser definidos como fixos, semiparamétricos ou paramétricos. No primeiro caso, não é possível ajustar nenhuma medida constituinte. Por sua vez, os objetos semiparamétricos são ajustáveis em algumas dimensões, mas ainda possuem muitas limitações de variabilidade. Já nos paramétricos, grande das suas dimensões podem ser alteradas, além de poder modificar outras configurações, como propriedades e materiais constituintes (CBIC, 2016).

A modelagem paramétrica também pode ser definida como sendo a representação computacional de um objeto construído com características, cujos atributos podem ser fixos ou variáveis. Os fixos são denominados como controlados, enquanto que os atributos variáveis podem ser representados por parâmetros e regras, permitindo que objetos sejam automaticamente ajustados pelo modelador (ANDRADE; RUSCHEL, 2009).

Por isso, a parametrização pode ser considerada como uma estratégia de personalização de projetos, pois através desta é possível obter uma vasta variedade de soluções ao sistematizar os requisitos dos usuários e auxiliar a tomada de decisão diante dos problemas de projeto. Logo, essa utilidade auxilia o processo criativo por criar uma infinidade de soluções projetuais de forma rápida (FLORIO, 2011).

Com procedimentos automáticos, o projetista constrói cenários rapidamente que podem ser atualizá-los durante todo o projeto. As regras dos objetos podem identificar quando determinada modificação viola a viabilidade do objeto no que diz respeito a tamanho, construtibilidade, etc. Quanto mais parâmetros forem associados ao modelo, mais informações poderão ser extraídas durante o ciclo de vida (MORORÓ et al., 2016)..

2.3 Interoperabilidade

O BIM representa um novo paradigma de desenvolvimento de empreendimentos de construção, que deve ser entendido como um processo baseado em modelos paramétricos da edificação, objetivando colaboração entre profissionais das diversas disciplinas envolvidas em um projeto, por meio de sistemas com interoperabilidade de dados (CAMPESTRINI et al., 2015). Interoperabilidade é a capacidade que um sistema, informatizado ou não, possui de se comunicar de forma mais transparente possível com outro sistema, sendo este semelhante ou não. Um sistema é considerável interoperável quando trabalha com ontologias ou padrões abertos (NEIVA NETO, FARIA E BIZELLO, 2014).

A inexistência de interoperabilidade de projetos pode contribuir com um mau planejamento, com orçamentos incertos e ineficiência no gerenciamento de obras. À medida que os projetos de construção se tornam maiores e mais complexos, a quantidade de informação necessária aumenta consideravelmente. Além disso, os projetos das diferentes áreas geralmente são feitos por profissionais ou empresas distintas, gerando conflitos entre os sistemas. Os problemas de compatibilização só são percebidos na fase de execução da obra, afetando diretamente o seu desempenho. Nos projetos que utilizam o BIM, há uma colaboração entre as equipes, que ao trabalharem em um modelo único ou em modelos que possuem vínculo entre si, fazem com que haja maior qualidade do projeto e produtividade dos envolvidos (OH et al., 2015).

É importante salientar que a capacidade de compartilhar e trocar informações é uma característica do BIM, porém, é possível usar softwares sem fazer essa troca de dados. Existem três modelos de comunicação em BIM: o *Bespoke*, que é quando todas as ferramentas falam a língua das demais; o *Single Platform*, também chamado de *Closed BIM*, que é quando todos os

softwares trocam informações em apenas uma língua; e o *Common Platform* ou *Open BIM*, que é quando os *softwares* conseguem compartilhar e trocar informações em suas próprias línguas, através de um intérprete (OPEN BIM NETWORK, 2012).

O Open BIM é proposto pela *buildingSMART International* (BSI), uma organização que está presente em diversos países, buscando padronizar processos, fluxos de trabalho e procedimentos em BIM. Em outras palavras, a BSI visa aprimorar o intercâmbio de informações entre os softwares BIM. A organização tem parceria com inúmeras empresas fabricantes de softwares e todas são beneficiadas ao aderir o uso desse padrão. O Open BIM representa um grande avanço pois é difícil aceitar que uma única empresa de softwares produza a melhor solução para todos os problemas.

De acordo com Kim et al. (2012), os padrões de comunicação abertos mais conhecidos para a interoperabilidade entre ferramentas BIM são o *Industry Foundation Classes* (IFC) e o *Green Building XML* (gbXML). Este último foi criado especificamente para avaliar o desempenho energético em construções. O IFC, por outro lado, foi desenvolvido pela BSI e é empregado para trocar dados de todo o ciclo de vida do edifício. O IFC é o que traduz a linguagem de um *software* para o outro. Certificado pela ISO (16739:2013), o IFC se trata de um formato de arquivo orientado a objetos 3D, aberto, público, neutro e padronizado, que tem a pretensão de cobrir cada aspecto do projeto, contratação, fabricação, construção, montagem, operação e manutenção na indústria da construção civil (GSA, 2007).

O IFC fornece a representação geométrica 3D de todos os elementos de um projeto, as relações entre objetos e também armazena dados, padronizados e específicos, sobre cada elemento, como materiais, perfis e funções. Desenvolvedores de *softwares* têm realizado esforços para adaptar suas soluções, de forma que se tornem aptos a importar e exportar o formato IFC, visto que esse formato tem sido formalmente adotado e exigido por diversos governos e empresas em diferentes países (PORWAL; HEWAGE, 2013).

2.4 Dimensões

O BIM gera, além de desenhos no formato 3D, uma série de informações que são descritas em termos de dimensões. Eastman et al. (2014) definiram a

capacidade multidimensional do BIM como modelador “nD”. Por meio da parametrização de componentes pertinentes ao projeto arquitetônico, é possível transformar um sistema produtivo de 2D para uma outra dimensão. Cada uma delas é correlacionada a uma área de extração de informações. Ainda não há um consenso geral de como devem ser classificadas, mas uma das abordagens mais empregadas sugere uma divisão de cinco dimensões (CZMOSH; PEKALA, 2014):

- BIM 3D: É um modelo virtual 3D paramétrico, ou seja, o projeto contém as informações necessárias sobre os elementos do modelo, não são apenas linhas aleatórias.

- BIM 4D: Definido como sendo um modelo do BIM 3D, com a variável extra do tempo. Cada elemento é atribuído numa sequência de execução. Essa dimensão cria novas oportunidades para a modelagem de informações, como a divisão do projeto em fases, simulação do cronograma de obras e planejamento preciso para o tempo de entrega dos materiais.

- BIM 5D: Essa dimensão integra todas as informações anteriores com dados de custo, desde os elementos constituintes às atividades do cronograma, permitindo fazer várias estimativas orçamentárias, como o custo de cada atividade, a alocação de recursos a cada fase do projeto e seu impacto no orçamento.

- BIM 6D: A sexta dimensão possui uma abordagem voltada para a sustentabilidade, na qual são feitas análises de eficiência energética, iluminação e ventilação naturais, acústica e coeficientes térmicos dos materiais constituintes. Portanto, é feita uma análise dos impactos ambientais causados pelo empreendimento.

- BIM 7D: Se refere à manutenção do empreendimento na sua fase de operação. As informações relevantes para cada elemento incorporado à construção devem estar inseridas no bando de dados. Como exemplo delas, pode-se citar o tipo do item, sua especificação, o momento da próxima manutenção, bem como sua substituição e o período de garantia.

- BIM 8D: Alguns autores consideram a oitava dimensão como sendo para a segurança e prevenção de acidentes. De acordo com Kamardeen (2010),

um modelo BIM pode oferecer informações suficientes para que seja possível prever prováveis riscos no processo construtivo e operacional, e adicionar componentes de segurança e indicadores de perigo.

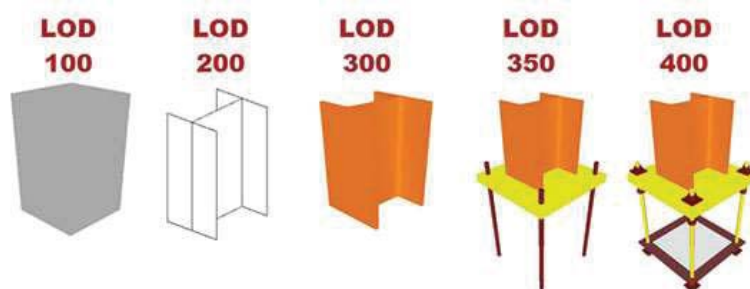
2.5 Nível de desenvolvimento

Reconhecido por *Level of Development* (LOD), o nível de desenvolvimento representa uma estrutura conceitual para orientar o processo de projeto e o progresso de seu detalhamento de informações. As etapas de projeto são definidas sinteticamente, permitindo que diferentes membros da equipe entendam o nível de desenvolvimento que precisam trabalhar (MANZIONE, 2013).

O termo LOD é comumente utilizado para dois conceitos distintos e que se confundem na literatura. Alguns autores o apresentam como sendo *Level of Development*, traduzido como Nível de Desenvolvimento (ND), enquanto que outros o tratam como sendo o *Level of Detail*, que significa Nível de Detalhamento. Há também os que não fazem diferenciação entre os dois significados, os considerando como sinônimos, como o *American Institute of Architects* (AIA). Existe ainda o *Level of Information* (LOI), ou Nível de Informação, que diz respeito à quantidade de dados não-gráficos atribuídos aos componentes (MANZIONE; MELHADO, 2013).

De acordo com Ferreira (2015) nível de detalhe ou detalhamento é essencialmente a representação gráfica do modelo, ou seja, o quanto de detalhe está incluído nos elementos do modelo. Já o nível de desenvolvimento (ND) é a combinação de informações gráficas e não-gráficas em um modelo, ou seja, a união do nível de detalhamento com o nível de informação. A Figura 1 exemplifica o aspecto visual dos objetos para cada nível de desenvolvimento.

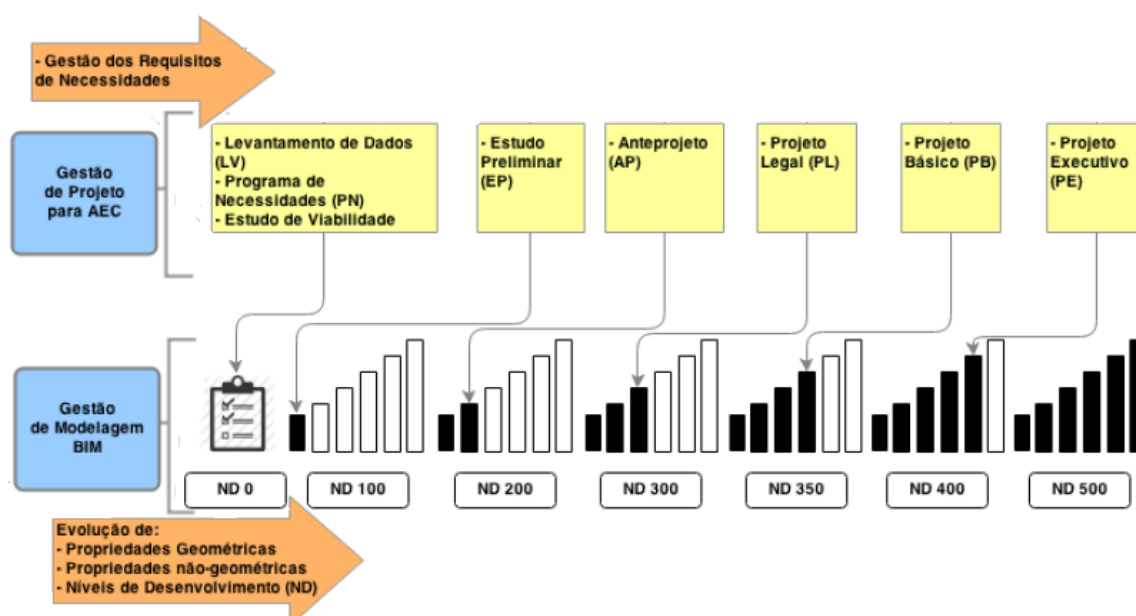
Figura 1 – Representação gráfica dos níveis de desenvolvimento



Fonte: Grupo BIM Forum (2016)

O Caderno de Apresentação de Projetos em BIM (2014) associa o mesmo exemplo da imagem anterior ao Nível de Desenvolvimento, afirmando que este se baseia na quantidade e informação necessária à modelagem da edificação, e está ligada às etapas macro de projeto e seus objetivos. A gestão dos requisitos de necessidades de um projeto se relaciona com a evolução de dados geométricos e não geométricos, e consequentemente com o nível de desenvolvimento. Ou seja, cada etapa do processo de projeto na indústria da AEC corresponde a um nível de desenvolvimento no processo de projeto em BIM. A Figura 2 ilustra essa associação.

Figura 2 – Etapas de projeto e níveis de desenvolvimento



Fonte: Caderno BIM de Santa Catarina (adaptado) (2016)

As etapas projetuais são acumulativas e evoluem junto com o nível de desenvolvimento. O LOD 100, por exemplo, representa a etapa de Estudo Preliminar do processo de projeto da AEC. O seu nível de detalhamento é para uma fase puramente conceitual do projeto. Trata-se de um estudo da volumetria espacial para determinar a área, altura, volume, localização e orientação.

O LOD 200 se refere ao Anteprojeto. O seu nível de detalhamento é apresentado com geometria aproximada do projeto, além de já pode ter algumas informações não gráficas. Neste LOD, os elementos construtivos como paredes, pisos, telhados, entre outros, são definidos, mas não são especificados quais materiais ou componentes são utilizados exatamente.

O LOD 300 representa o Projeto Legal. O nível de detalhe já se apresenta com geometria precisa e são fornecidas informações acerca das quantidades, tamanho, forma, localização e orientação dos elementos.

O LOD 350 não se diferencia tanto do 300 em relação ao detalhamento e informações. Também possui geometria precisa, porém, o aspecto visual da representação gráfica se aproxima da construção real (Ex: as camadas das paredes e pisos são representadas individualmente). Em relação à etapa de projeto, este LOD se refere ao Projeto Básico.

O LOD 400 corresponde ao Projeto Executivo, concluído e detalhado para a geração da documentação à construção. Neste nível, os elementos possuem o nível de detalhamento preciso como o nível anterior, em termos de quantidades, dimensões, formas, localização e orientação. No entanto, são adicionadas particularidades relacionadas ao seu projeto, montagem e fabricação, além de informações que permitem análises precisas e estimativas de custos rigorosas.

Por fim, tem-se o LOD 500. Este nível de desenvolvimento apresenta o projeto em seu nível mais detalhado possível, tanto com informações gráficas quanto não gráficas, representando a obra concluída. Ou seja, este LOD retrata o modelo *as-built* da construção.

No caso do modelo BIM ser utilizado para um único objetivo específico, e o termo LOD pode ser tratado como nível de detalhamento ou de informação, sem fazer referência às fases de projeto. Estes dependem do que se pretende fazer com o modelo. Por exemplo, para estimativas dos custos, o modelo deve conter informações suficientes para fornecer listas de quantidades e materiais da obra, muitas vezes até o modelo e fabricante dos objetos, mas não precisa estar minuciosamente detalhado graficamente. O oposto ocorre para o planejamento BIM 4D, no qual o detalhamento gráfico é necessário para a simulação da construção, além da adição de informações temporais. Portanto, neste trabalho o LOD indicado dos modelos criados na fase de desenvolvimento da pesquisa será referente à sua representação gráfica.

2.6 Níveis de maturidade

Está cada vez mais evidente para pesquisadores do mundo todo que as mudanças proporcionadas pela utilização do BIM não se limitam ao emprego de *softwares*. Grande parte das barreiras que dificultam a aplicação do BIM são criados porque as pessoas usam tecnologias novas, mas mantêm processos antigos (REKOLA; KOJIMA; MAKELAINEN, 2010). Os *softwares* e computadores são os meios, mas a verdadeira força do BIM está na informação, interação, colaboração e organização (CARMONA; CARVALHO, 2017). Como há uma ruptura de paradigma, faz-se necessária uma nova visão sobre os processos realizados até então, para que a adoção seja eficaz e traga resultados positivos.

Para Succar (2009), a adoção completa do BIM não ocorre de forma imediata. O autor propõe estágios de maturidade em BIM, estabelecendo requisitos mínimos que caracterizam o nível de adoção no qual o profissional, equipe ou empresa se encontra. Essas etapas estão relacionadas ao número de disciplinas envolvidas nos projetos, quais fases do ciclo de vida da edificação são abordadas e os níveis de mudanças que ocorrem em termos de políticas adotadas, processos e tecnologia utilizados.

A divisão estipulada por Succar é feita nos seguintes cinco estágios de maturação:

- Pré-BIM: Nesse estágio inicial, também chamado de “estágio 0” ou “estágio articulado”, ainda não há integração entre projetos, o que demonstra uma grande dependência de desenhos 2D, com altos riscos de erros relacionados a incompatibilização de projetos. É possível que existam representações 3D, mas estas não contêm informações e são modeladas com base em documentos bidimensionais. Sendo assim, quantitativos e estimativas de custos não podem ser automaticamente extraídos do modelo. Não há colaboração entre as diferentes disciplinas.

- Estágio 1: Representa a transição do CAD para o BIM. Esse estágio se baseia na modelagem 3D paramétrica individual das disciplinas. Os modelos são normalmente gerados para a criação automática de desenhos, compatibilização de projetos, visualizações 3D e tabelas simples de quantitativos. Apesar do

avanço em relação ao Pré-BIM, o processo de trabalho ainda ocorre de forma não colaborativa.

- Estágio 2: Como os profissionais já adquiriram competência na modelagem de suas especialidades, nesse estágio é iniciado o processo de colaboração com outras disciplinas, através da troca de arquivos em formatos proprietários ou de exportações no formato IFC entre *softwares* em BIM. Succar (2009) cita que apenas um dos modelos precisa conter as informações da geometria do edifício, para permitir as trocas semânticas em BIM. É caracterizado principalmente pela utilização das dimensões 4D e 5D.

- Estágio 3: Nesse estágio, a troca interdisciplinar de modelos permite análises mais complexas do desempenho do edifício em tempo real. Contempla os princípios da construção enxuta e da inteligência de negócios, políticas de sustentabilidade e análise de operação da edificação durante todo o seu ciclo de vida. O fluxo de trabalho não é mais linear, mas sim espiral, girando em torno de um banco de dados unificado e compartilhado. Servidores centrais ou nuvens de dados permitem que vários profissionais trabalhem simultaneamente em uma mesma base.

- Entrega integrada de projetos: O último estágio é o atingimento do chamado *Integrated Project Delivery* (IPD). Este representa uma modalidade de contrato que pressupõe um grande nível de confiança entre todos os participantes, compartilhando decisões, riscos e recompensas.

2.7 Caracterização da utilização do BIM

Existem diversos estudos que buscam caracterizar a utilização do BIM, seja em um país, região ou empresa. No geral, são apontadas barreiras e dificuldades encontradas na adoção, bem como benefícios percebidos ou esperados após a implementação, conhecimento dos profissionais a respeito do assunto e mudanças notadas quanto à qualidade, custo global, segurança, prazo e tempo de trabalho na elaboração de projetos.

No contexto internacional, destaca-se a ferramenta desenvolvida pelo Grupo de Pesquisa de Construção Integrada (CIC) da *Pennsylvania State University*. Este artefato encontra-se disponível online para ser utilizado por quem o desejar. Esse instrumento apresenta seis tópicos de avaliação do BIM,

baseados nos elementos de planejamento citados no *BIM Project Execution Planning Guide 2.0*, guia elaborado pela mesma equipe.

Os tópicos a serem considerados são a estratégia, usos do BIM, processo, informação, infraestrutura e pessoal. O item relacionado às estratégias define as metas e objetivos do BIM, avalia a prontidão da mudança e considera gerenciamento e suporte de recursos. O ponto de avaliação dos usos do BIM identifica os métodos em que o BIM será implementado para gerar, processar, comunicar, executar e gerenciar informações sobre os empreendimentos do proprietário. A parte de avaliação do processo descreve os meios para realizar os usos do BIM, documentando os métodos atuais, projetando novos processos alavancando BIM e desenvolvendo planos de transição.

No quesito de informação, são documentadas as necessidades de informação da organização, o nível de desenvolvimento e os dados da construção. O tópico de relativo à infraestrutura determina a infraestrutura tecnológica necessária para suportar o BIM, incluindo *software*, *hardware*, redes e espaços de trabalho físicos. Por fim, a questão referente ao pessoal estabelece os papéis, responsabilidades, ensino e treinamento dos participantes ativos nos processos BIM estabelecidos (CIC, 2013).

Carmona e Carvalho (2017) elaboraram um questionário estruturado, pelo qual analisaram a adoção do BIM em dezesseis das principais empresas construtoras atuantes no mercado imobiliário residencial e comercial do Distrito Federal (DF). A ferramenta de análise construída coleta informações profissionais, como o cargo ocupado, área de formação e experiência profissional, e informações referentes à organização, para que seja estabelecido o porte da empresa, podendo apontar tendências. Quanto ao BIM, são feitas perguntas para averiguar o conhecimento dos entrevistados, seus usos corriqueiros, resultados obtidos com a sua aplicação e principais dificuldades durante a sua implantação. Por fim, os profissionais são interrogados sobre suas perspectivas na utilização da tecnologia nos próximos cinco anos.

Os resultados da pesquisa indicam que a utilização do BIM no Distrito Federal ainda é pequena e superficial. As barreiras indicadas pelos respondentes são complexas e envolvem, em sua maioria, formação e capacitação de pessoas, processo que acontece lentamente e possui alto custo.

No entanto, diante de expectativas positivas dos usuários quanto à sua prática futura, os autores acreditam que o BIM tem um futuro promissor no DF. Os mesmos preveem a repetição do seu estudo ao disponibilizarem para outros pesquisadores o questionário eletrônico. Espera-se que a replicação periódica em outras localidades possa evidenciar diferenças e contribuir com um maior entendimento sobre os diversos estágios do BIM no Brasil.

Um tipo de pesquisa semelhante foi realizado por Steiner (2016), que aplicou um questionário online com engenheiros, arquitetos e outros profissionais ligados à gestão de construtoras e escritórios de engenharia e arquitetura do Estado de Santa Catarina. O objetivo era avaliar como está sendo a implementação do BIM na região, após a determinação feita pelo Governo do Estado em 2014. As perguntas analisam o conhecimento dos profissionais sobre a plataforma e como a estão utilizando. Observou-se que a maior parte das empresas está se preparando para atender os padrões exigidos. Apesar do processo ainda não ser avançado na maioria delas, os escritórios estão aos poucos investindo na tecnologia, através de cursos e consultorias.

2.8 Incentivos para a utilização do BIM

Aos poucos o BIM vem deixando de ser uma tendência e passou a ser uma realidade para a indústria da Construção Civil. A sua adoção cresce a cada ano que passa e a tendência é que todas as empresas tenham adotado a tecnologia em algum momento, assim como foi a transição dos projetos em pranchetas para o CAD. Caso essa adoção não seja feita ou seja tardia, é provável que essas empresas sejam aos poucos excluídas do mercado de trabalho (EASTMAN et al., 2014).

Foi identificado que o maior estímulo para a adoção do BIM vem por parte de órgãos governamentais, através da definição de mandatos indicando as diretrizes e padronizações exigidas na utilização da metodologia (SMITH, 2014). Esse movimento é evidenciado pela crescente intensidade das discussões em torno do BIM e pela disponibilidade acelerada de Publicações BIM Notáveis (NBP's). Os NBP's são documentos industriais disponíveis publicamente, incorporando diretrizes, protocolos e requisitos focados em produtos e fluxos de trabalho BIM. Essas publicações são o produto de vários órgãos, associações

industriais, comunidades de práticas e instituições de pesquisa, destinados a facilitar a adoção do BIM e realizar o potencial de valor agregado do BIM.

Por isso, como forma de incentivo à sua implementação, diversos esforços têm sido feitos por parte de empresas e governos, desde a elaboração de guias a exigências de normas e licitações exclusivas para projetos em BIM. Países como Estados Unidos, Reino Unido, Finlândia, Singapura, Noruega e Hong Kong são pioneiros em publicações de guias com diretrizes que apresentam estratégias e abordagens, oriundos de iniciativas governamentais. Tais padronizações auxiliam na garantia no direcionamento mais adequado dos esforços para investimentos duradouros em implementações de BIM nas empresas do mercado (FARIAS; BARROS; SANTOS, 2016).

Por incentivo do governo ou por iniciativa própria de associações não governamentais, alguns países criaram guias, roteiros ou orientações para a implementação do BIM. Wanderley (2017) fez uma revisão de dezenove destes documentos e notou que a maior parte traz múltiplos assuntos, como conceitos fundamentais do BIM, boas práticas, padrões nacionais, configuração do arquivo para iniciar o modelo, para elaborar bibliotecas e *templates*. Todavia, apenas oito apresentam abordagem direta de implementação, os quais constam na Figura 3.

Figura 3 – Documentos com conteúdo de implementação do BIM

País	Organização	Documento	Ano
EUA	US Army Corp of Engineering (USACE) e Engineer Research and Development Center (ERDC)	Building Information Modeling (BIM) Roadmap	2006
EUA	The Construction Users Roundtable (CURT)	BIM Implementation: An Owner's Guide to Getting Started	2010
EUA	Computer Integrated Construction Research Program (CICRP)	Building Information Modeling Project Execution Planning Guide 2.0	2010
EUA	US Army Corp of Engineering (USACE) e Engineer Research and Development Center (ERDC)	Building Information Modeling (BIM) Roadmap - Supplement	2011
Brasil	Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura	Guia AsBEA: Boas práticas em BIM (Fascículo I e II)	2013
Austrália	National Building Specification (NATSPEC)	Getting Started with BIM	2014
UK	AEC UK CAD & BIM Standards	AEC UK BIM Technology Protocol	2015
Brasil	Câmara Brasileira da Indústria da Construção	Coletânea implementação BIM em construtoras e incorporadoras	2016

Fonte: Elaborado pela autora (baseado em Wanderley, 2017)

Ao examinar os guias e suas abordagens sobre implantação, Wanderley (2017) identificou etapas que estão presentes em vários deles. Definir uma equipe para implementar o BIM, definir metas, desenvolver um plano de implementação, reestruturar os recursos de informática, definir quais serão os usos do BIM na empresa, realizar treinamentos e definir padrões internos são etapas sugeridas em pelo menos seis dos oito guias. Diante disso, é deduzido que assim são pontos tidos como imprescindíveis em um plano de implementação.

Para a presente dissertação, foram analisados os planos de implementação recomendados em três destes guias: um com grande destaque internacional, o *BIM Project Execution Planning Guide 2.0* e os dois brasileiros presentes na lista, o Guia AsBEA de boas práticas em BIM e a Coletânea de Guias Implementação do BIM em construtoras e incorporadoras.

2.8.1 BIM *Project Execution Planning Guide 2.0*

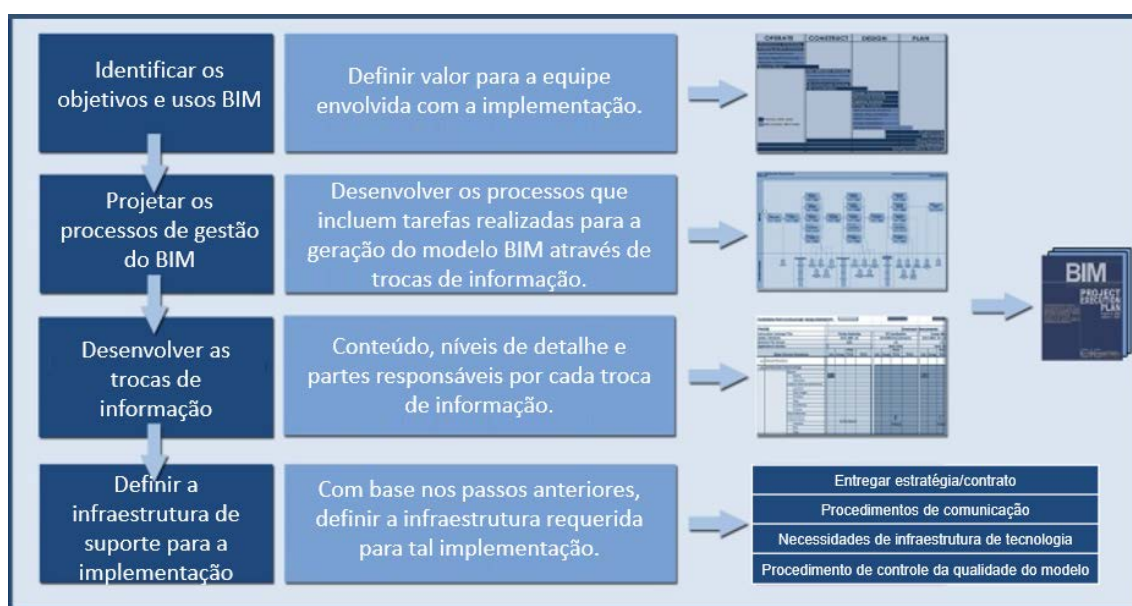
O país com o maior número de iniciativas em BIM e onde a sua implementação tem registado um maior crescimento é o Estados Unidos da América. Neste país, existem diversas organizações e universidades que têm publicado diretrizes ou normas. Dentre os protocolos mais conhecidos internacionalmente, destaca-se o *BIM Project Execution Planning Guide 2.0*, feito pela *Pennsylvania State University* em 2009. Este guia foi desenvolvido com o objetivo de fornecer um manual prático que pode ser utilizado por equipes de projetos para projetar suas estratégias e desenvolver um plano de execução de um projeto BIM (BEP – *BIM Execution Plan*).

Este guia apresenta uma introdução aos conceitos do BIM, diretrizes para ajudar a identificar de que maneira o BIM deve ser utilizado para alcançar os objetivos pretendidos e quais ganhos efetivos a equipe terá ao realizar esse processo. É ressaltado que para implementar o BIM, a equipe de projeto deve realizar um planejamento detalhado e abrangente, por isso a abordagem deste guia é focada na documentação necessária para as etapas iniciais, consideradas cruciais para uma implementação com êxito.

Um BEP bem documentado irá garantir que todas as partes envolvidas no projeto estejam a par das oportunidades e responsabilidades associadas à inserção do BIM ao fluxo de trabalho de projeto. O completo plano de execução

do projeto BIM deve definir os usos apropriados de BIM em um projeto, aliado a um plano detalhado e documentações do processo de execução BIM em todo o ciclo de vida da edificação. Uma vez criado o plano, a equipe de projeto poderá seguir e monitorar o seu progresso em relação ao plano, com o objetivo de extrair o máximo benefício da implementação BIM (CIC, 2011). O plano de implementação sugerido é estruturado em quatro etapas, conforme mostra a Figura 4.

Figura 4 – Procedimentos para planejamento da execução do projeto BIM



Fonte: Elaborado pela autora (adaptado de CIC, 2011)

A primeira etapa é a identificação clara dos objetivos e usos BIM durante as fases de planejamento, projeto, construção e operação. A definição clara do valor do BIM para o empreendimento e para os membros das equipes de projeto por meio da definição das metas globais para a implementação da metodologia é um dos passos mais importantes do processo de planejamento. Ou seja, essa etapa consiste em definir os objetivos que se espera alcançar no projeto ao utilizar o BIM, os quais podem ser baseadas no desempenho do projeto, como redução da duração do cronograma, alcance de maior produtividade em campo, aumento da qualidade, redução de custos e de alterações de escopo, ou ainda a obtenção de importantes dados operacionais para a edificação. Essas metas também podem ser referentes ao aperfeiçoamento das habilidades dos profissionais envolvidos no projeto (CIC, 2011).

Uma vez definidos os objetivos mensuráveis do BIM, tanto do ponto de vista de projeto quanto da perspectiva de empresa, os usos BIM no projeto para alcançar tais metas podem ser identificados. Neste guia são relacionados vinte e cinco possíveis usos ao longo das fases de projeto, construção e operação do empreendimento. Para cada um deles, o guia apresenta, sem muito aprofundamento, uma breve descrição, potenciais benefícios, recursos necessários e competência de equipe requerida (CIC, 2011).

A segunda etapa é o planejamento do processo de execução BIM por meio da criação de mapas de processo, como fluxogramas. Primeiramente deve ser feito um fluxograma mostrando o sequenciamento e a interação entre os usos BIM escolhidos, possibilitando a todos os membros da equipe entender como seus processos de trabalho interagem com os de outros envolvidos no projeto. Por exemplo, esses mapas devem mostrar como a modelagem 4D e estimativa de custo são sequenciados e inter-relacionados. Em seguida, mapas de processo mais detalhados devem ser desenvolvidos para cada uso do BIM no projeto.

O manual mostra exemplos de mapas de processos e de troca de informações para um projeto de amostra, que se trata de um laboratório hipotético com um número limitado de usos do BIM para que seja fácil de entender. A modelagem 4D é um dos usos presentes neste projeto fictício. Portanto, um mapa de processo para este é apresentado em forma de fluxograma (Anexo). Sabendo que o resultado de uma boa representação do processo é um maior entendimento das pessoas envolvidas, o mapa fornecido consiste em um conjunto de passos ainda superficiais, pois não direciona para um uso específico do BIM 4D e as etapas não são suficientemente detalhadas para que possam ser seguidas com precisão. Além das atividades precisarem ser segmentadas em mais sub-processos, o mapa nem sequer menciona etapas envolvendo informações referentes aos responsáveis envolvidos por cada atividade, premissas de treinamentos e capacitação, definição de *softwares* e equipamentos.

A terceira etapa é a definição dos “Entregáveis BIM” na forma de troca de informações entre os integrantes do projeto, as quais devem ser facilmente identificadas. Os chamados entregáveis são todos os itens tangíveis,

mensuráveis, cujo desenvolvimento implica uma subsequente interação de um ou mais participantes do projeto. Dessa forma, eles são o conjunto de documentos, desenhos ou planilhas, necessários para o objetivo do projeto. O fluxo de projetos BIM tem como principais entregáveis os seus modelos BIM (ifc, rvt, pla), relatórios de interferências (doc, html, xls, smc) e registro de comentários (bcf, pdf, psv, html). Como no BIM as trocas de informação se tornam consideravelmente mais intensas, os entregáveis eletrônicos possuem um número maior de formatos de arquivo (ASBEA, 2015).

Para definir essas trocas de informações dos entregáveis, a equipe de projeto precisa entender quais informações são necessárias para realizar cada uso do BIM. O entendimento do conteúdo delas é fundamental para todos os participantes, principalmente para quem envia ou recebe os dados compartilhados. O guia da *Penn State University* fornece uma planilha para ser preenchida durante a troca de informações para auxiliar nessa etapa (CIC, 2011).

Por fim, a última etapa do procedimento de implementação proposto é o desenvolvimento de uma infraestrutura necessária para suporte do processo BIM planejado. São definidos pontos como contratos, procedimentos de comunicação, tecnologias e controle de qualidade para apoiar a implementação BIM (CIC, 2011).

Conclui-se que o BIM *Project Execution Planning Guide* 2.0, por mais que represente um grande avanço nos incentivos à adoção do BIM, contribui apenas com diretrizes genéricas que direcionam as fases iniciais de um projeto utilizando a modelagem da informação da construção, sem tornar mais claro as etapas necessárias para a incorporação e prática dos usos do BIM em um projeto ou organização.

2.8.2 Guia AsBEA de Boas Práticas BIM

Quanto aos guias nacionais de implementação, dois são apontados como mais relevantes. O primeiro é o Guia de Boas Práticas BIM, que está sendo elaborado pela Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura (AsBEA). Segundo os seus autores, este guia será desenvolvido em diversos fascículos, mas até o presente momento, apenas dois foram publicados. O primeiro foi

lançado em 2013 e aborda a estruturação do escritório de projeto para a implementação do BIM. Já o segundo volume, lançado em 2015, discute acerca do fluxo de projetos em BIM nas fases de planejamento e execução.

Apesar de parecer se direcionar apenas aos escritórios de arquitetura, o guia AsBEA apresenta recomendações substancialmente genéricas, que podem ser aplicadas a qualquer situação, para qualquer uso do BIM. Os dois fascículos possuem um caráter mais voltado para introduzir alguns conceitos essenciais, mostrando que a implementação requer novos métodos de trabalho, posturas de relacionamento entre arquitetos, projetistas, contratantes e construtores, do que de fato elaborar um plano de implementação. Mesmo com essa maior preocupação na questão conceitual, em momento algum o BIM é definido neste guia e os seus usos são mencionados brevemente. De maneira sucinta, é sugerida a criação de um plano de implementação, dividindo a sua estrutura em cinco partes, nas quais são feitas entre duas e seis recomendações para cada uma.

A primeira etapa consiste em definir os objetivos principais e secundários da empresa com o BIM. A segunda diz respeito à metodologia de implantação, na qual deve conter um levantamento de dados dos processos atuais para comparar com dados futuros, um planejamento do período de transição em relação aos projetos em andamento, a definição da intensidade da carga de trabalho sobre essa equipe e quanto tempo será destinado para a implementação, e por último, a verificação da necessidade de um grupo de suporte interno ou de consultor externo para monitorar os trabalhos das equipes no desenvolvimento dos primeiros projetos. As outras três etapas são para o planejamento de infraestrutura, definição de recursos humanos e estabelecimento de prazos para a implementação do BIM (ASBEA, 2013).

2.8.3 Coletânea de Guias de implementação do BIM em construtoras e incorporadoras da CBIC

Além do Guia AsBEA, um outro incentivo nacional que se destaca é a Coletânea de Guias para implementação do BIM em construtoras e incorporadoras, elaborada em 2016 pela Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC). Dividida em cinco volumes, ela apresenta um extenso e mais aprofundado conteúdo, se comparado ao guia AsBEA. A coletânea possui muita

semelhança com o BIM *Project Execution Planning Guide 2.0*, pois não só o texto, como também os mapas de processo mostrados são os mesmos, só que traduzidos para o português. Porém, em relação aos casos de usos do BIM, são mostrados apenas os mais frequentes no Brasil.

O segundo volume da coletânea se trata da implementação BIM, na qual é estruturada em dez etapas. No entanto, o próprio guia informa que apenas descrições sucintas de cada um dos passos da implementação serão feitas, de modo que o seu sequenciamento seja compreendido. O processo de implementação sugerido está ilustrado na Figura 5.

Figura 5 – Principais passos para um projeto de implementação BIM



Fonte: CBIC (2016)

Localizar as fases do ciclo de vida de um empreendimento nas quais a empresa que deseja realizar a implementação atua. Em seguida, discutir os objetivos esperados com o processo, definir a equipe e os usos do BIM. Inclusive, a coletânea recomenda escolher um dos vinte e cinco usos documentados pela *Penn State University*, pois pouparia esforços para o mapeamento dos processos. Em seguida, o guia sugere o estabelecimento de um projeto-piloto que represente os casos mais comuns desenvolvidos pela organização. Outras etapas também presentes nos guias anteriores é o

entendimento das trocas de informações entre os envolvidos no projeto e a definição de hardware e *software* a ser utilizado.

Posteriormente, deve-se planejar a interoperabilidade entre os diversos *softwares*. A implementação necessita de acordos com empresas que precisarão trabalhar colaborativamente, por isso a penúltima etapa diz respeito às estratégias e requisitos de contratação. No final do processo, deverão ser definidas as estratégias gerais e documentados procedimentos específicos para a garantia da qualidade dos modelos e das trocas de informações em todas as fases previstas para o desenvolvimento do projeto (CBIC, 2016).

O que se pode concluir sobre os guias debatidos é que todos apresentam metas e métricas genéricas para a implementação do BIM com o foco principalmente na questão do “que fazer”, quando na verdade deveriam recomendar “como fazer”, até porque isso depende de cada caso de projeto. Portanto, carecem de um direcionamento prático para a execução do plano de implementação e de um aprofundamento dos diferentes usos do BIM, tanto conceitual quando de aplicação.

2.8.4 Incentivos governamentais brasileiros

No contexto de regulamentação nacional, existem duas normas sobre o BIM em vigor, a NBR ISO 12006 e a NBR 15965, sendo que três das sete partes desta última ainda estão em fase de classificação. Essa é a primeira norma brasileira que trata do Sistema de Classificação de Informações, sendo uma adaptação da OMNICLASS, o sistema de classificação de normas americanas. Também são observadas iniciativas governamentais à nível nacional, bem como ações isoladas de alguns estados.

Por meio da Secretaria de Estado de Infraestrutura e Logística (Sinfra), Mato Grosso (MT) foi o primeiro estado brasileiro a lançar um edital para projetos em 3D para rodovias, exigindo o uso BIM. Em outubro de 2017, a Sinfra apresentou o edital para contratação de empresas para executar projetos utilizando a plataforma BIM para 3.500 km de estradas, em busca de maior qualidade e confiabilidade nos projetos.

A iniciativa do MT representou um primeiro passo, mas Santa Catarina (SC) foi o primeiro, e até então, único estado do Brasil a exigir o uso do BIM para todas as obras públicas. No ano de 2014, a Secretaria de Estado do

Planejamento de SC declarou que passaria a exigir o uso da plataforma em suas obras e licitações a partir de 2018. Com isso, foi publicado o Caderno BIM, que contém os procedimentos para desenvolvimento de projetos seguindo essa metodologia. O desenvolvimento do Caderno teve a colaboração da Coordenar, empresa de consultoria que desenvolveu as especificações técnicas do caderno. O intuito era determinar especificações de interoperabilidade que irão permitir que todos os profissionais de projeto, independente do *software* de modelagem que utilizam, possam participar das concorrências de projetos.

Em SC também foi criado o Grupo de Trabalho técnico para a implementação do BIM em obras. No mesmo ano, foi firmado um acordo de cooperação técnica com a Secretaria de Infraestrutura e Logística do Paraná para implementar o BIM nos dois estados. No final de 2016, o Rio Grande do Sul também formalizou um acordo com o Estado de SC, visando trocar experiências sobre a tecnologia (STEINER, 2016).

Outro grande passo em direção ao BIM no Brasil foi a criação do Comitê Estratégico de Implementação do *Building Information Modeling* (CE-BIM), em junho de 2017. A finalidade da CE-BIM é propor uma estratégia nacional de disseminação do BIM, as suas diretrizes e prioridades de atuação.

Fundada em agosto de 2017, a Câmara Brasileira de BIM (CBIM) possui o objetivo de discutir políticas públicas de implementação e disseminação do BIM no Brasil. A CBIM é dividida em regionais para cada estado, no qual cada um é formado por quinze comitês: Tecnologia, Parcerias, Qualidade, Contratos, Profissionais, Produção de conteúdo, Processos, NBR's, Licitações, Acadêmico, Eventos, Evento BIM Nacional, Certificação BIM, Aprovação de projeto e Articulações.

O maior avanço brasileiro em direção ao BIM foi feito em maio de 2018. Por meio do Decreto nº 9377, o governo federal instituiu a Estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modeling*, também chamada de Estratégia BIM BR, com a finalidade de difundir o BIM no país. A proposta é de que a exigência do BIM seja feita de forma graduada, para dar ao mercado e ao setor público tempo de adaptação.

De forma resumida, a partir de janeiro de 2021 os modelos para as disciplinas de arquitetura, estrutura, hidráulica, AVAC e elétrica já vão ser

obrigatoriamente elaborados em BIM. Em janeiro de 2024, será obrigatório abranger o planejamento da obra, orçamentação e atualizar as informações do modelo construído (*as built*). Em janeiro de 2028, o BIM será exigido para todo o ciclo de vida da obra.

Uma semana após o lançamento da Estratégia BIM BR, nos dias 23 e 24 de maio de 2018, foi realizado o 1º Encontro BIM dos Governos Latino Americanos (*1º Encuentro BIM de Gobiernos Latinoamericanos*). O evento, ocorrido em Santiago, no Chile, partiu da iniciativa de formar um grupo latino-americano para discutir a implementação da plataforma BIM em nível governamental. Portanto, foi dirigido a governos da América Latina que estão interessados em adotar o BIM em seus projetos de construção pública. O encontro contou com representantes do Brasil, Chile, Argentina, México e Uruguai, além do Reino Unido, como observador, e do Banco Interamericano de Desenvolvimento.

O 2º Encontro BIM de Governos Latino-americanos aconteceu no dia 28 de novembro em Brasília. O evento contou com a presença do professor israelense Bilial Succar, maior referência internacional do BIM, além de ter o apoio da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) e da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC).

Por fim, em outubro de 2018, o Governo Estadual do Rio de Janeiro instituiu a Estratégia de Disseminação do *Building Information Modeling*, ou Estratégia BIM-RJ, cujo propósito é proporcionar um ambiente adequado ao investimento em BIM e impulsionar a sua difusão no estado, em conformidade com o Decreto nº 9377.

2.9 Considerações Finais

O capítulo apresentou conceitos fundamentais para o entendimento do BIM, como parametrização, interoperabilidade, colaboração, entre outros. Também diferenciou as dimensões do BIM, explicando suas principais funcionalidades. Foram apresentadas as Publicações BIM Notáveis de maior relevância em nível global e brasileiro e por fim, foram evidenciados os avanços governamentais brasileiros em direção a difusão da plataforma no país.

CAPÍTULO 3

Produção Científica do BIM 4D

O presente capítulo aborda especificamente a modelagem BIM 4D, explanando o que é possível ser feito nesta dimensão, o que é um modelo BIM 4D e aplicabilidade do BIM para o planejamento. Em seguida, é feita uma revisão sistemática das pesquisas relacionadas ao assunto, através de um método bem definido e replicável.

3.1 Modelos BIM 4D

A visualização espacial da construção ao longo de sua execução passou a ser uma realidade com o surgimento de modelos 4D, que consistem numa associação do modelo 3D de uma edificação ao tempo. Ou seja, o modelo geométrico digital do empreendimento, representando sua dimensão espacial, está ligado às informações do planejamento de sua construção, representando a sua dimensão temporal (KUNZ; FISCHER, 2011 apud BIOTTO; FORMOSO; ISATTO, 2015).

Em outras palavras, um modelo 4D do BIM é a união de um ou mais modelos 3D a um cronograma de atividades. Cada elemento espacial é diretamente vinculado a uma ou mais tarefas, fazendo com que a sequência executiva seja visualizada nas datas ou horários estabelecidos. São criados modelos 4D com diversos propósitos, desde a representação da montagem de objetos e equipamentos, à simulação da construção de edificações.

Os modelos BIM são importados para as ferramentas de modelagem 4D e geralmente, a informação extraída limita-se à geometria e a um conjunto mínimo de propriedades dos componentes, como nome, cor, família e nível hierárquico. Ao fazer a importação do cronograma de planejamento, o modelador conecta os objetos a uma ou mais tarefas manualmente ou faz uso de procedimentos automáticos baseados em regras. Os softwares e ferramentas

especializados que geram modelos 4D estabelecem vínculo direto com a ferramenta de planejamento e o modelo da edificação, o que torna o processo consideravelmente mais rápido e confiável se comparado à tecnologia CAD (EASTMAN et al., 2014).

Nos modelos 4D, o tipo de atividade é conferido às tarefas, que pode ser de construção, demolição ou temporária, e ainda é possível configurar a representação visual destas. Por exemplo, elementos de construção aparecerão na simulação na data estabelecida no cronograma, enquanto que elementos associados às atividades de demolição desaparecerão. Os elementos temporários, que geralmente são elementos de canteiros, aparecer na simulação apenas no momento em que forem utilizados (EASTMAN et al., 2014).

É importante deixar bem claro que os modelos 4D não são inteligentes e nem automatizados, pois não podem modificar ou otimizar a programação automaticamente. Estes modelos exigem interação íntima com a equipe do projeto para realizar plenamente suas funções. O desenvolvimento dos modelos pode consumir muito tempo e os erros não são identificados pelo software. Por isso, é necessário que o modelador analise cuidadosamente cada momento das simulações, senão os erros passarão despercebidos (GSA, 2009).

3.2 Funcionalidades da modelagem BIM 4D

Muitas pesquisas relatam o impacto da modelagem BIM 4D no processo de planejamento da construção, que vão desde vantagens sobre os métodos tradicionais, às dificuldades no manuseio do *software* e entendimento por parte dos usuários, e ainda desafios na adoção dessa modelagem.

Um dos maiores benefícios da modelagem 4D é que proporciona uma melhor visualização do trabalho de construção, o que não é obtido através de desenhos 2D e cronogramas lineares. Com a modelagem 4D, os agentes da construção podem compreender de forma abrangente os detalhes do projeto muito mais rápido, além de aprimorar o processo de comunicação nas reuniões de revisão do projeto (MAHALINGAM; KASHYAP; MAHAJAN, 2010).

As visualizações ainda permitem que os planejadores detectem conflitos na fase de construção durante o processo de planejamento. Na construção de um hospital de grande porte, a adoção de ferramentas BIM 4D possibilitou

detectar mais de 2000 erros e interferências antes do início da fase de construção (EASTMAN et al. 2014).

Em um outro estudo, cerca de 100 conflitos identificados pelo *software* de modelagem 4D puderam ser solucionados. Além da detecção de interferências, a visualização dos trabalhos de construção permitiu ao planejador incorporar restrições de segurança na fase de planejamento (KYMMEEL, 2008).

A modelagem 4D também auxilia a equipe do projeto na geração de um planejamento de trabalho preciso e abrangente, pois permite a visualização da sequência das atividades e os possíveis choques entre elas. Além disso, a logística de canteiro pode ser aprimorada, pois pode-se gerenciar áreas de trabalho, armazenamento, fluxos de atividades, materiais e pessoas. Na construção de um estádio projeto para a Copa do Mundo FIFA em Pequim, foi alcançada uma redução de 16% da duração da construção com a implementação do planejamento 4D, implicando que a produtividade aumentou ao inserir esta tecnologia (JIANPING et al. 2008).

Outra particularidade observada diz respeito a trabalhos e estruturas temporárias, as quais desempenham um papel importante na execução de obras. Os métodos tradicionais geralmente não consideram estas estruturas durante o processo de planejamento, o que pode resultar em dificuldades no local durante a execução. Já no planejamento feito com o BIM 4D, é possível incorporá-las ao modelo. A modelagem de estruturas temporárias, incluindo fôrmas, andaimes e guindastes permitem uma melhor compreensão do processo de construção (EASTMAN et al., 2014).

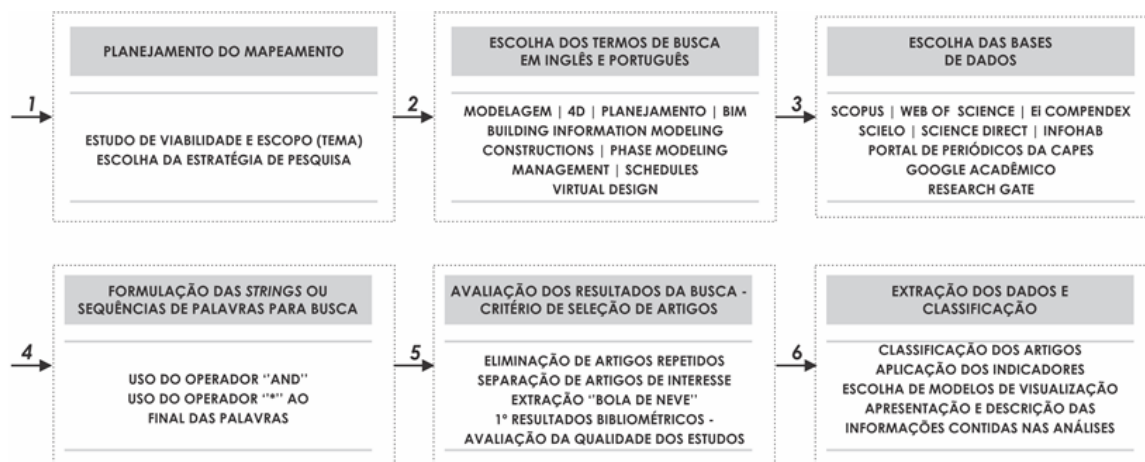
3.3 Mapeamento sistemático do BIM 4D

Enquanto modelos 3D são amplamente abordados e discutidos na literatura, as utilizações da modelagem 4D são consideravelmente menos debatidas. Dessa maneira, existe a necessidade urgente de explorar e avaliar esses modelos (BRITO; FERREIRA, 2015). Dentro desse contexto, Borges et al. (2018) realizou um mapeamento da literatura em relação às pesquisas sobre BIM 4D no mundo.

O ponto de partida dessa busca envolveu a seleção de periódicos e bases de pesquisa que publicam ou armazenam conteúdos relacionados a arquitetura, engenharia civil, construção, métodos de planejamento e gerenciamento,

tecnologias e *softwares* voltados ao BIM, com o objetivo de identificar os artigos de maior relevância ao mapeamento proposto. O desencadeamento da pesquisa é ilustrado na Figura 6.

Figura 6 – Passos metodológicos do mapeamento sistemático



Fonte: Traduzido de Borges et al. (2018)

O estudo se limitou a publicações entre os anos 2006 e 2016, todas em formato de artigo científico, nos idiomas português ou inglês. Definidos os termos de busca a serem utilizados nas bases de dados e periódicos selecionados, chegou-se a uma amostra de 314 artigos.

Como critérios de inclusão de exclusão, foi decidido que os artigos deveriam conter pelo menos um dos termos de busca no título, resumo ou palavras-chave, e apenas seriam mantidos na amostra os artigos em que os pesquisadores tivessem acesso ao texto completo. Muitos deles estavam presentes em pelo menos mais de uma base de dados, por isso a eliminação destes, um dos critérios de exclusão, contribuiu significativamente com a redução da amostra final. A partir da leitura analítica da amostra, ainda foram subtraídas as publicações que mesmo atendendo aos critérios da etapa de busca das fontes, não abordavam BIM 4D. Por fim, a amostra resultou em 148 artigos.

Na etapa de extração e classificação dos dados, os autores estabeleceram indicadores bibliométricos para a caracterização do estado da arte. Os indicadores determinados foram os seguintes:

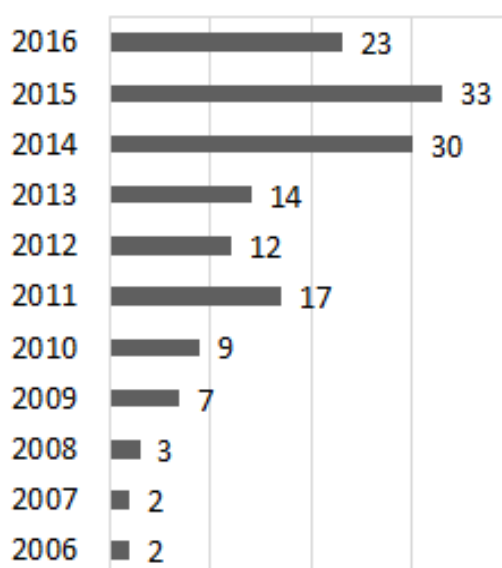
- Evolução temporal das publicações;

- Publicações por país, instituição e autor;
- Palavras-chave mais utilizadas;
- Veículos de publicação mais utilizados;
- Assunto principal.

3.2.1 Evolução temporal das publicações

A Figura 7 apresenta a evolução do número de publicações ao longo dos anos. Apesar de um dos critérios de inclusão ter sido o intervalo temporal entre 2006 e 2016, não foi encontrado um artigo voltado para o BIM 4D antes disso. É possível notar que todos os artigos foram publicados há no máximo uma década e houve um aumento substancial de publicações a partir do ano de 2014. O auge das publicações aconteceu em 2015, com 33 artigos publicados. Perante essas constatações, conclui-se que o tema é recente e ainda há um tanto a ser explorado.

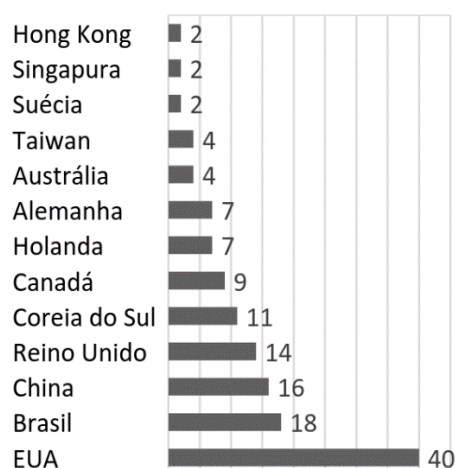
Figura 7 – Artigos publicados por ano



Fonte: Borges et al. (2018)

3.2.2 Publicações por país

A Figura 8 mostra os resultados da distribuição de países com mais publicações a respeito do BIM 4D. O país de maior destaque são os Estados Unidos da América, contando com 40 artigos. Esse número representa mais que o dobro do Brasil, país que se encontra na segunda posição.

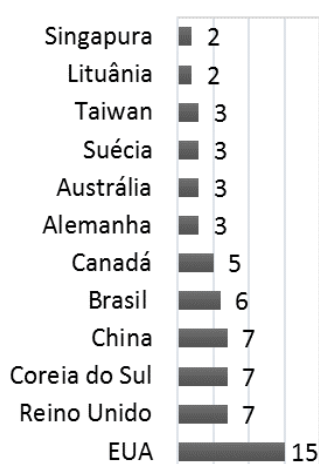
Figura 8 – Publicações por país

Fonte: Borges et al. (2017)

Este resultado corrobora com o estudo *SmartMarket Report* sobre a utilização do BIM nos Estados Unidos, que subiu de 40% em 2009 para 71% em 2012 (JONES, S. A.; BERNSTEIN, 2012). O fato de o Brasil estar em segundo lugar se deve à inclusão do acervo do Centro de Referência e Informação em Habitação (infoHab), no qual se encontram publicações exclusivamente brasileiras.

3.2.3 Instituições por país

A Figura 9 mostra o número de instituições com mais publicações por país.

Figura 9 – Instituições por país

Fonte: Traduzido de Borges et al. (2018)

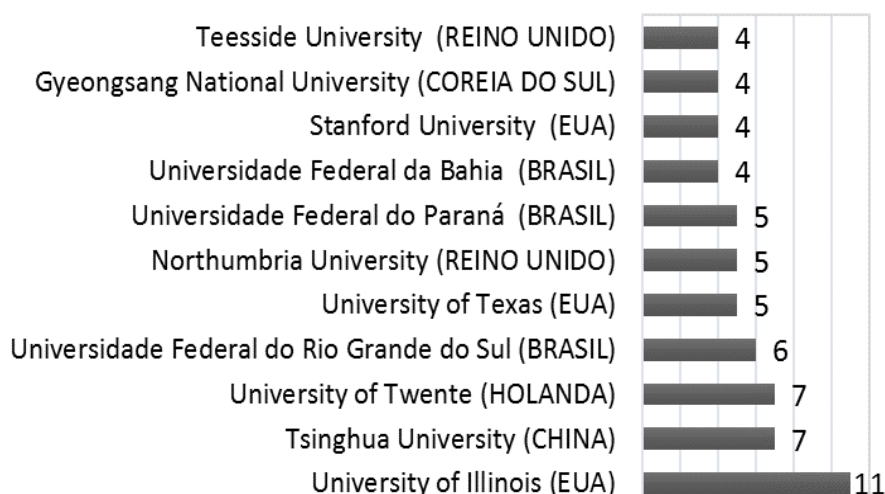
Os Estados Unidos da América ocupam a primeira colocação, com 15 instituições constando na lista, seguidos por três países empatados na segunda

posição, sendo estes, China, Coreia do Sul e Reino Unido, ambos com 7 instituições na lista de artigos selecionados. O Brasil se encontra na quinta posição, com 6 instituições.

3.2.4 Publicações por instituição

A Figura 10 representa a quantidade de publicações por instituição. A universidade que mais tem estudado acerca do BIM 4D é a *University of Illinois*, nos Estados Unidos, com 11 artigos publicados, totalizando 27,5% de todas as publicações deste país. Com 7 publicações, estão igualadas as instituições *University of Twente*, da Holanda, e a *Tsinghua University*, da China. Três instituições brasileiras aparecem no ranking: Universidade Federal da Bahia, com quatro artigos, a Universidade Federal do Paraná, com cinco artigos, e a Universidade Federal do Rio Grande do Sul, com seis artigos.

Figura 10 – Publicações por instituição



Fonte: Traduzido de Borges et al. (2018)

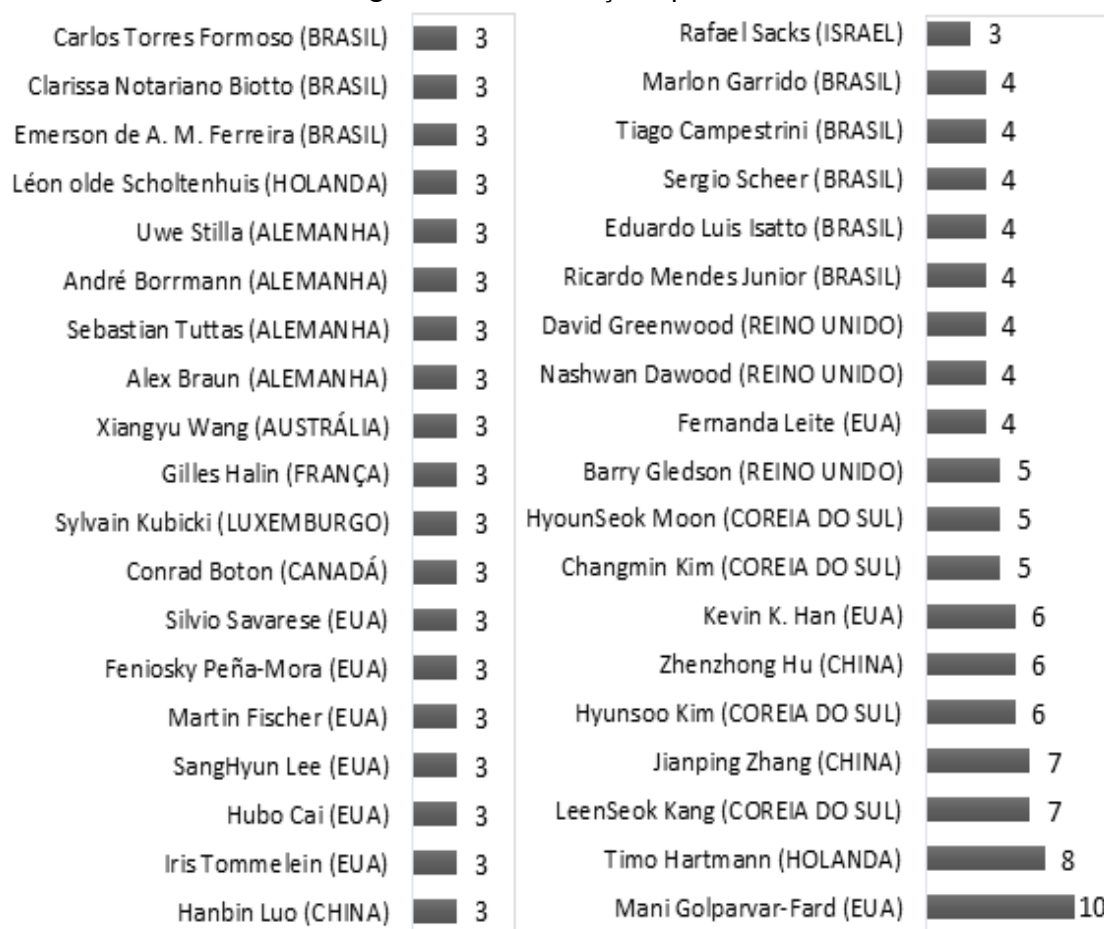
3.2.5 Publicações por autor

A Figura 11 apresenta o número de publicações por autor, porém apenas dos que possuem 3 ou mais artigos sobre o tema, totalizando 38 autores. Vale ressaltar que na amostra final obtida, foram contabilizados 302 autores e co-autores.

O autor com mais publicações é Mani Golparvar-Fard, professor da *University of Illinois*, nos Estados Unidos. O segundo autor da lista é Timo Hartmann, professor da *University of Twente*, na Holanda. Na terceira colocação estão empatados LeenSeok Kang, professor da *Gyeongsang National*

University, na Coreia do Sul, e Jianping Zhang, professor da instituição chinesa *Tsinghua University*. Entre os autores que mais publicam, aparecem oito pesquisadores brasileiros, os quais são Sérgio Scheer, Eduardo Isatto, Ricardo Mendes Junior, Tiago Campestrini, Marlon Garrido, Emerson Ferreira, Clarissa Biotto e Carlos Formoso.

Figura 11 – Publicações por autor

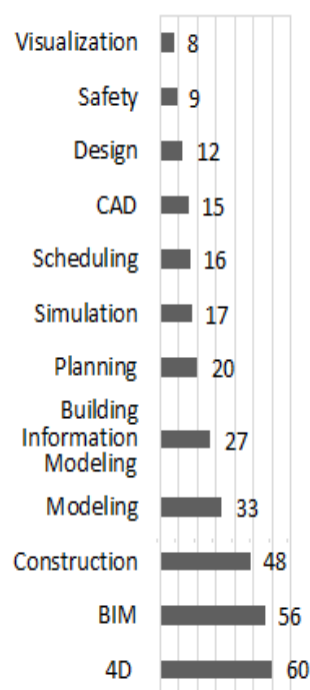


Fonte: Traduzido de Borges et al. (2018)

3.2.6 Publicações por palavra-chave

A Figura 12 apresenta os principais resultados para as publicações por palavra-chave. “4D” se destaca em primeiro lugar, tendo sido utilizada em 60 artigos, seguida da palavra “BIM”, com 56 usos, e “*construction*”, utilizada 48 vezes.

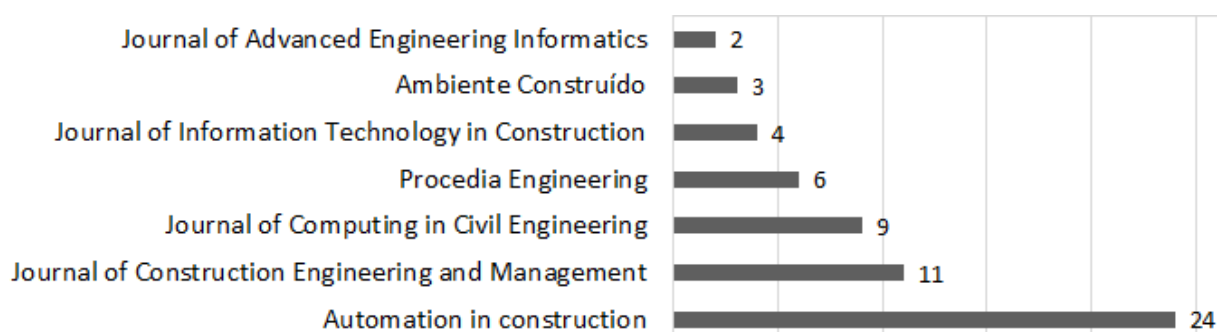
As palavras-chave representam o conteúdo abordado nos artigos de maneira objetiva. Portanto, são fundamentais para rastrear trabalhos de forma rápida e precisa em uma busca. Uma má escolha das palavras-chave de um artigo pode dificultar a propagação deste e a disseminação de suas ideias.

Figura 12 – Publicações por palavra-chave

Fonte: Borges et al. (2018)

3.2.7 Publicações por periódico

Os periódicos nos quais foi possível encontrar o maior número de publicações relacionadas ao BIM 4D foram os apresentados na Figura 13. Em absoluto destaque, está a revista *Automation in Construction* com 24 artigos, seguida do *Journal of Construction Engineering and Management* com 11 publicações, e o *Journal of Computing in Civil Engineering*, com 9 publicações. A única revista brasileira na lista é a *Ambiente Construído*, com 3 artigos publicados sobre o BIM 4D.

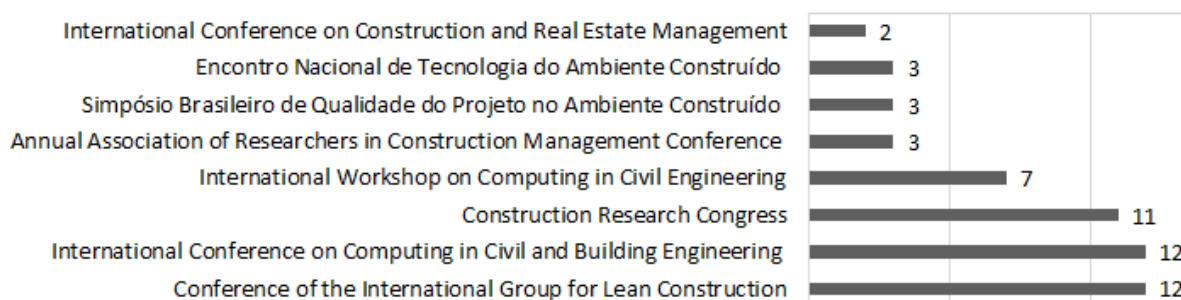
Figura 13 – Publicações por periódico

Fonte: Borges et al. (2018)

3.2.8 Publicações por evento

Quanto aos eventos que concentram o maior número de publicações (Figura 14), a *International Conference on Computing in Civil and Building Engineering* e a *Conference of the International Group for Lean Construction* estão empatadas na primeira posição com 12 artigos. Logo em seguida, aparece o *Construction Research Congress* com 11 publicações.

Figura 14 – Publicações por evento



Fonte: Borges et al. (2018)

Na lista são mostrados dois eventos nacionais, o Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC) e o Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído (SBQP), ambos com 3 artigos.

3.4 Pesquisas relacionadas ao BIM 4D

Para uma melhor identificação do conteúdo abordado nos 148 artigos selecionados, Borges et al. (2018) propuseram 10 categorizações mostradas no Quadro 1, onde pode-se observar que o assunto “Implementação do BIM 4D” foi o mais tratado nos artigos.

Quadro 1 – Classificação dos artigos

Implementação do BIM	51
Gestão de operações logísticas no canteiro de obras	30
Planejamento dinâmico	23
Gestão de riscos na construção	14
Gestão de conflitos espaço-temporais em projetos	11
Integração entre cronograma físico e planejamento de custos	6
Gestão e controle da qualidade através da integração do BIM 4D com outros métodos	5
Desenvolvimento e melhorias de ferramentas BIM 4D	4
Comparação entre diferentes ferramentas de visualização do cronograma	3
Desenvolvimento de biblioteca de componentes	1

Fonte: Traduzido de Borges et al. (2018)

Por questões de limitação de espaço, não houve um aprofundamento das categorias de conteúdo sobre o BIM 4D na versão publicada do artigo de Borges et al. (2018). Em virtude disso, a seguir será feita uma explicação acerca das classificações, em ordem decrescente da que tem mais artigos para a que tem menos, e para o melhor entendimento do panorama das pesquisas, será apresentado o que foi abordado em alguns artigos de cada uma.

3.3.1 Implementação do BIM

Os artigos classificados neste grupo não se referem necessariamente ao BIM 4D, mas foram encontrados seguindo os procedimentos metodológicos descritos anteriormente. Esta categoria se refere aos esforços de pesquisas que buscam identificar barreiras e oportunidades encontradas na adoção do BIM, tanto a nível organizacional quanto governamental. No geral, são aplicados questionários e realizadas entrevistas estruturadas para obter a percepção dos profissionais da indústria da AEC.

Outros estudos buscam avaliar os impactos observados com a sua implementação; mensurar a taxa de utilização dessa modelagem por profissionais e empresas; e ainda engloba estudos de caso que relatam como se deu o processo de implementação dessa tecnologia. Apesar de ser a categoria com o maior número de publicações, não foram identificados no mapeamento estudos estabelecendo passos que devem ser obedecidos para que o resultado da implementação do BIM 4D seja alcançado.

Tendo em vista à exigência da utilização do BIM em projetos públicos a partir de 2016 no Reino Unido, Gledson e Greenwood (2014) investigaram como as empresas contratantes se adaptaram ou estavam adaptando as práticas existentes para atender a esse requisito. Um questionário estruturado foi desenvolvido e distribuído para profissionais da indústria da AEC britânica. Foram obtidas 122 respostas completas e 39 parciais.

As perguntas se centraram em pontos relacionados à implementação do BIM, como prazo de adoção, maturidade da empresa, estratégias de implementação utilizadas e fatores internos que influenciaram a implementação. Uma outra seção do questionário pediu para os participantes identificarem como suas empresas utilizam ferramentas 4D e compararem os novos métodos de trabalho oferecidos pelo BIM com o planejamento convencional. Os resultados

mostram um alto nível de conscientização do BIM no Reino Unido, porém um grau mais limitado de experiência na modelagem 4D, apesar do nível elevado de reconhecimento que esta ofereceu melhorias significativas em relação aos processos de planejamento tradicionais.

Em um outro estudo também realizado no Reino Unido, Gledson (2016) afirma que apesar do conjunto de esforços que defende a adoção do BIM e da grande conscientização por parte dos profissionais, a indústria da construção local, em comparação com outros setores, ainda possuía baixos níveis de inovação nesse ano. Para o autor, uma melhor gestão das inovações construtivas em uso pode ajudar a melhorar a previsibilidade do tempo do projeto de construção. Sendo assim, o trabalho objetivou entender o uso e a consequência do BIM 4D como uma dessas inovações e sua relação com o tempo de construção.

Por meio de entrevistas semi-estruturadas realizadas com vários profissionais do setor da construção, diversos aspectos das consequências de uso do BIM 4D foram considerados, como consequências desejáveis e indesejáveis, diretas e indiretas, esperadas e imprevistas. A conclusão geral dos entrevistados é que, além dos seus diversos benefícios adquiridos com o seu uso, existe uma demanda pelo BIM 4D. Apesar disso, também são apontadas preocupações sobre o trabalho adicional necessário para fazer o planejamento 4D. Por fim, ainda foram feitas críticas sobre os meios de planejamento tradicionais e ineficiências no seu processo construtivo.

Umar et al. (2015) apresentam um estudo teórico de como o BIM 4D pode ser adotado nas diferentes fases do ciclo de vida de uma edificação. Diferentemente do que boa parte das pessoas imagina, essa dimensão do BIM pode ser usufruída desde o início de um projeto, não apenas na fase de construção. Os autores destacam que o seu uso deve acontecer desde o pré-projeto, sendo esse o processo preliminar usado para o modelo 4D. Nessa fase, o modelo pode ser empregado para organizar o planejamento do projeto ao longo da fase de viabilidade. Por exemplo, o modelo 4D ser utilizado desde o início do projeto permite que sejam verificadas várias configurações de planejamento para otimizar o cronograma de construção, seja referente ao plano de ataque ou até aspectos de processos construtivos.

Isso acontece através da avaliação detalhada de várias opções a um custo razoavelmente baixo para a equipe e o proprietário, já que na fase inicial existe uma maior flexibilidade de alteração no projeto. Na fase de construção há diversas maneiras em que os modelos 4D são aplicados, mas os autores salientam a avaliação de construtibilidade e a inserção de elementos temporários, simulando todo o planejamento da obra virtualmente, desde a logística de materiais e equipamentos à pessoas no canteiro de obras. Por isso, faz-se necessário saber como e onde as atividades irão funcionar ao longo do tempo e compreender os processos de tráfego e fluxo do canteiro de obras. É um processo bastante complexo, mas que traz resultados expressivos no aumento de produtividade e qualidade da obra.

Brito e Ferreira (2015) avaliaram estratégias para representação e análise do planejamento e controle de obras utilizando o BIM 4D por meio de um questionário eletrônico, respondido por profissionais do setor da construção civil. Na revisão da literatura, os autores identificaram seis potencialidades da modelagem BIM 4D e os respondentes estabeleceram rankings do grau de importância e aplicabilidade de cada uma. A “identificação de conflitos e interferências espaço-temporais” obteve os maiores índices, seguido da “integração e comunicação entre todos os envolvidos no projeto” com o segundo maior grau de importância e a “redução do esforço na visualização e interpretação mental do planejamento” com a segunda maior aplicabilidade.

Esta pesquisa também avaliou a adoção do BIM 4D ao planejamento e controle de obras. Os resultados mostram os participantes consideram o seu potencial estratégico para superar as dificuldades do gerenciamento, regrado no uso não integrado e isolado das técnicas tradicionais. Porém, relataram várias dificuldades à sua difusão, como o nível tecnológico atual, cultura local, relação entre o nível de detalhamento do modelo e os benefícios gerados, treinamento dos envolvidos, custo das ferramentas e falta de profissionais qualificados no mercado.

3.3.2 Gestão de operações logísticas no canteiro de obras

Em segundo lugar, com 30 artigos, está a “Gestão de operações logísticas e *layout* do canteiro de obras”. O planejamento da logística em uma construção é fundamental para evitar tempo de espera, gerenciar o transporte de materiais

e resíduos, movimentações de pessoas e fluxo de trabalho das diversas atividades. Alguns problemas como a falta de espaço de trabalho, áreas concorrentes e restritas causam perda significativa de tempo, sendo assim, essencial para o planejamento da construção. Portanto, o planejamento do espaço de trabalho deve ser considerado uma das restrições mais importantes a serem gerenciadas em um canteiro de obras (PEREZ et al., 2016).

Ferreira, Matos e Garcia (2012) avaliaram através de um estudo de caso a aplicação e o processo de desenvolvimento de modelos 4D para o planejamento da obra. Em uma maquete eletrônica foram representados elementos do edifício do projeto e elementos de canteiro de obras, incluindo equipamentos de transporte, como guas e elevadores, itens de segurança, como bandejas e guarda corpos, áreas de vivência, como escritórios, sanitários e vestiários, e centrais de produção. Posteriormente, com o auxílio do *software* Autodesk Navisworks Manage, o modelo 3D foi unido ao cronograma de planejamento, possibilitando a análise de interferências da execução da obra na localização dos elementos do canteiro.

Um fato que chamou atenção neste artigo é que o *software* utilizado para o modelo 3D foi o Trimble Sketchup, que não é considerado uma ferramenta BIM pois não possibilita a atribuição de informações aos objetos. Todavia, devido à sua facilidade de modelagem e disponibilidade de biblioteca de elementos na internet, este se torna ideal para avaliações do plano de ataque e estudos de canteiro. Os resultados obtidos no estudo de caso mostram que a utilização de modelos 4D na fase de construção obras facilita o entendimento do planejamento para toda a equipe e pode contribuir para o aumento da produtividade através da construção virtual da edificação e a resolução prévia de conflitos de diversas naturezas.

Bataglin et al. (2016) analisaram o potencial da utilização de simulações 4D para o apoio à gestão dos processos logísticos em obras de sistemas pré-fabricados de concreto, método construtivo que altera as formas de planejamento e controle do empreendimento resultando em uma produção no canteiro muito rápida. Por esse motivo torna-se fundamental técnicas de avaliação da sequência de montagem para informar à fábrica de componentes as alterações de demanda de peças.

A primeira abordagem com o BIM 4D neste estudo foi para a melhoria na visualização dos espaços físicos do canteiro de obras e estudo de viabilidade quanto ao cumprimento das sequências de montagem pré-definidas dos elementos pré-fabricados, através da simulação de diferentes cenários de montagem. As simulações também foram utilizadas nas reuniões de planejamento com a equipe da obra. Os principais ganhos observados pela equipe foram a otimização na visualização dos processos por meio da simulação 4D, devido à disponibilidade de informações geométricas e de localização dos componentes, e melhorias na estabilidade do fluxo de trabalho, garantindo a redução de erros e do tempo de execução das atividades.

Moon, Dawood e Kang (2014) estabelecem uma metodologia integrada baseada em simulações de Realidade Virtual para verificar conflitos de espaço de trabalho no canteiro de obras. Geralmente, esses conflitos na construção são afetados por várias causas, como sobreposição de atividades do cronograma, planejamento de recursos insatisfatório, erros de projeto, entre outros. Através de várias estratégias empíricas em campo, os autores criaram uma metodologia para resolver esses conflitos físicos de maneira objetiva através de sistemas baseados em realidade virtual. O modelo proposto pode efetivamente resolver conflitos de espaço de trabalho de maneira objetiva, dependendo da sua natureza.

Com o modelo 3D do projeto criado, inicialmente o tipo de espaço de trabalho para elementos temporários é definido. Em seguida, as restrições de espaço de trabalho e os tipos de conflitos são identificados para cada área. A partir da Estrutura Analítica de Projeto (EAP), é gerada uma EAP específica dos espaços de trabalho definidos. Posteriormente, é feita a geração, colocação e registro da forma 3D do espaço de trabalho, seguido da verificação física de conflitos. Ainda é feita uma verificação de conflitos lógicos por um modelo heurístico baseado em regras, de acordo com o tipo de conflito. Com isso, é possível visualizar tridimensionalmente o espaço de trabalho e status do conflito. Por fim, é feita a análise e resolução das interferências identificadas.

Para formalizar um processo de planejamento de espaço de trabalho, Choi et al. (2014) categorizam o espaço de trabalho por sua função e mobilidade. A classificação por sua função ajuda a representar todos os requisitos do espaço

de trabalho, e a classificação por mobilidade é útil para identificar a causa dos problemas do espaço de trabalho e fornecer uma estratégia de resolução pertinente para cada questão. A estrutura sugerida neste estudo é capaz de distinguir entre problemas irrealistas e realistas do espaço de trabalho na construção. Se as atividades A e B se iniciam simultaneamente, seus requisitos de espaço de trabalho se sobrepõem, e os estudos anteriores percebem essa sobreposição como um conflito de espaço de trabalho. No entanto, o conflito de espaço de trabalho não ocorre realmente porque as atividades A e B ocupam o espaço sobreposto em dias diferentes. Neste estudo, esse fenômeno é definido como um problema de espaço de trabalho irrealista.

Diante disso, os autores sugerem uma estrutura para o processo de planejamento de espaço de trabalho que contém cinco fases. A primeira consiste na geração de um modelo BIM 4D, pois é capaz de simular mudanças em um projeto usando ligações entre objetos em 3D BIM e atividades correspondentes no plano de cronograma do projeto; na segunda, os requisitos de espaço de trabalho são identificados a partir de informações sobre os métodos de construção e materiais para a execução de atividades; na terceira, é feita a representação do status da ocupação do espaço de trabalho; na quarta, os problemas de espaço de trabalho são identificados através de um algoritmo de detecção de colisão espacial e processo de análise de caminho percorrido pelos trabalhadores, materiais e equipamentos; e na quinta, uma solução pertinente para o problema do espaço de trabalho identificado é apresentada considerando as características da atividade, do espaço de trabalho e do plano de construção.

Para validar a abordagem proposta, foi realizado um estudo de caso em uma obra. O resultado mostra a eficiência e eficácia da estrutura sugerida para melhorar o processo de planejamento do espaço de trabalho. Com base no resultado deste estudo, um gerente de projeto é capaz de prevenir possíveis problemas de espaço de trabalho e seus efeitos negativos no desempenho do projeto, elaborando um plano de espaço de trabalho adequado ainda durante a fase de pré-construção.

3.3.3 Planejamento dinâmico

A categoria denominada “Planejamento dinâmico” contém 23 artigos da amostra total. Se trata de uma análise de desempenho real comparado ao

modelo planejado para a detecção precoce de desvios do projeto inicialmente idealizado. As informações fornecidas pela medição de progresso como conclusão percentual, data de início real, data de término real, são essenciais para atualização do cronograma. Depois de ser atualizado, os recursos podem ser reorganizados para atingir os objetivos do projeto.

Essa classificação abrange os sistemas de otimização e simulação de estruturas baseados em BIM para auxiliar no planejamento da construção. Estão incluídos os métodos de digitalização à laser 3D que podem ser fundidos com modelos 4D para automatizar o controle de progresso da construção, ou seja, sistemas que combinam a tecnologia de reconhecimento de objetos 3D com as informações do cronograma para acompanhamento de progresso da estrutura através varreduras à laser da construção. Esses sistemas demonstram um grau de precisão para o acompanhamento de progresso automatizado que atende ou excede o desempenho manual tradicional.

Kim, Son e Kim (2013) desenvolveram um método preciso e automatizado para a medição do progresso da construção usando um modelo 4D em conjunto com dados 3D obtidos por tecnologia de sensoriamento remoto. Para os autores, os métodos de mensuração propostos em estudos anteriores têm certas limitações por causa de conjuntos de dados incompletos. Visando superar esse problema, o método proposto por eles consiste em três etapas. A primeira é o alinhamento dos dados do modelo as-built com o modelo as-planned. Nessa etapa, é feita a identificação dos componentes estruturais da construção, através de um scanearamento a laser e os dados obtidos nesse processo são representados em um modelo de 3D.

A segunda etapa é realizada para determinar o status construído de cada componente. Inicialmente é utilizado um algoritmo, que estabelece um link entre cada ponto do modelo 3D com o 4D. Depois é feita a extração de características dos segmentos para classificar os componentes estruturais. A última fase é a de revisão da mensuração e se divide em duas etapas: a primeira é baseada na sequência de execução, através de um outro algoritmo que determina que se pelo menos um componente estrutural envolvido na atividade seguinte for reconhecido como construído, então todos os componentes envolvidos nas atividades anteriores também devem ser reconhecidos como construídos. Por

fim, a revisão baseada na conectividade entre componentes estruturais. Um terceiro algoritmo diz que se um componente for construído, todos os componentes relacionados correspondentes também serão considerados construídos. Com isso, se tem a comparação entre os modelos *as-built* e *as-planned*. A precisão do método de medição do progresso da construção proposto foi validada em um estudo de caso com resultados positivos.

Golpavard-Fard, Mora e Saravese (2009) afirmam que esforços de pesquisa focadas em melhorar o monitoramento do progresso da construção têm se concentrado principalmente em métodos de avaliação baseados em modelos, nos quais o desempenho esperado é modelado com o BIM 4D e o desempenho real é detectado através do método de reconstrução baseado em imagem 3D ou scanejamento a *laser*. Pesquisas anteriores sobre modelos de Realidade Aumentada de 4 Dimensões (*4-Dimensional Augmented Reality - D4AR*), que unem o BIM 4D a nuvens de pontos geradas a partir de fotos locais diárias ou varredura a laser, mostraram que é possível realizar avaliações baseadas na ocupação e como indicador de progresso, detecta se os elementos BIM estão ou não presentes na cena.

No entanto, para detectar desvios além da Estrutura Analítica de Projeto (EAP), esses métodos são deficientes pois não capturam detalhes em nível de operação, como por exemplo, estágio atual de concretagem: fôrmas, armaduras, concreto. Eles simplesmente indicam se o elemento já existe no canteiro. Para solucionar essas limitações, os autores apresentam métodos para a amostragem e o reconhecimento de materiais de construção a partir de dados de nuvens de pontos e o uso dessas informações em uma forma estatística para inferir o estado do progresso. O método proposto é validado usando o modelo D4AR gerado para um canteiro de obras.

3.3.4 Gestão de riscos na construção

Um total de 14 artigos foram inseridos na categoria “Gestão de riscos na construção”, que consiste na avaliação de riscos relativos à segurança e saúde dos profissionais da construção civil, associados com o ambiente de trabalho através do BIM 4D. Uma gestão adequada pode auxiliar na prevenção de situações perigosas e mitigação de acidentes. Os riscos inerentes à atividade de construir podem ser facilmente visualizados durante o estágio de projeto, e

monitoradas ou inspecionadas usando tecnologias avançadas de Realidade Aumentada ou de Varredura à Laser durante a fase de construção.

Para Zhang et al. (2015), o uso do BIM 4D para a gestão de riscos pode criar uma prática de planejamento prévio de segurança, se opondo ao gerenciamento tradicional que só faz esse planejamento durante a etapa de construção. As regras, diretrizes e práticas recomendadas de segurança podem ser usadas em conjunto com o modelo 4D para formular um sistema automatizado de verificação de regras de segurança. A intenção é identificar automaticamente essas condições dinâmicas, à medida que o prédio é construído, informar a localização dos riscos no modelo 3D e fornecer, de forma interativa ou automática, soluções e visualização de sistemas de proteção para mitigar riscos identificados.

Os autores desenvolveram um algoritmo automático de identificação e planejamento de risco de queda de alturas elevadas em canteiros de obras. Além dos benefícios de prevenção dos potenciais riscos de queda, indica a necessidade de remoção e instalação de equipamentos de segurança em determinados locais, auxilia na conscientização de segurança dos trabalhadores ao possibilitar a visualização direta dos perigos envolvidos em seu trabalho e ainda otimiza as atividades de modelagem que demandam tempo considerável do modelador. Ao considerar os benefícios da automação do planejamento de segurança com o BIM em vez de realizar modelagem manual, notou-se o tempo reduzido e menos esforços de modelagem manual. A plataforma desenvolvida foi implementada com sucesso em dois estudos de caso.

O estudo de Zhou, Ding e Chen (2013) abordam a utilização de tecnologia de visualização 4D para o gerenciamento de segurança e avaliação de risco na construção de um metrô. Um modelo de análise de risco de segurança do ciclo de vida inteiro é proposto, juntamente com uma abordagem metodológica para controle de segurança na construção do metrô. O modelo de análise de risco contém equações matemáticas para análise numérica e dados de monitoração reais. Como uma ferramenta de apoio à tomada decisão, pode ajudar os gerentes de obras a identificar elementos estruturais não estáveis, comportamentos de risco e áreas de trabalho perigosas.

3.3.5 Gestão de conflitos espaço-temporais em projetos

A categoria “Gestão de conflitos espaço-temporais em projetos” conta com 14 artigos. É definida como sendo a geração da modelagem para a detecção de conflitos entre tempo e espaço, visando a resolução de interferências antes do início da construção. Esses problemas podem ocorrer entre a sobreposição de atividades no cronograma e/ou diferentes componentes da edificação, tais como, estrutura e instalações, esquadrias e peças sanitárias, entre outros.

Chiu et al. (2011) realizaram um estudo para verificar a eficácia do uso de ferramentas BIM 4D simulando a montagem de uma ponte de aço. Obras em estruturas metálicas são consideradas construções industrializadas, onde as peças são produzidas em um local destinado à preparação prévia de elementos padronizados. Um planejamento de elevação detalhado dos componentes com a sequência pré-estabelecida, que permita economizar mão-de-obra e ao mesmo tempo manter a estabilidade do conjunto em todas as fases, é importante para assegurar o sucesso e completar a montagem dentro de um cronograma apertado como caso deste estudo, que precisava concluir a montagem antes de uma temporada de enchentes característica do local.

Foi construído um modelo 3D a partir dos desenhos 2D originais do projeto, e combinados com o plano de elevação feito no gráfico de Gantt para produzir uma simulação 4D de montagem da ponte. Um comitê de revisão composto pela agência rodoviária (contratante do projeto), o engenheiro de estruturas, o empreiteiro geral e o subcontratado da grua foi organizado para discutir os problemas detectados na simulação 4D. Os resultados da simulação apontaram efetivamente as colisões no espaço que teriam sido desastrosas antes de qualquer levantamento real. Com isso, foram observados os benefícios adquiridos com o auxílio de ferramentas BIM 4D para verificar virtualmente a etapa de montagem do empreendimento, que requer um planejamento específico próprio para que os trabalhos sejam executados dentro do prazo e padrão, garantindo uma sequência organizada.

A pesquisa de Malsane e Sheth (2015) explora o BIM, seus benefícios e dificuldades na execução de uma construção, tratando de diversos dos seus usos, como visualização, coordenação 3D, pré-fabricação, estimativa de custos,

planejamento e monitoramento. Porém, o foco do estudo é demonstrar a simulação 4D, através de um estudo de caso em Mumbai. O projeto é a *Worli Mixed-Use Tower*, localizado na cidade de Worli, um empreendimento de 142.500 m², 75 andares, com uma altura de 327 m. O BIM 4D é um excelente processo para construir uma edificação de acordo com o modelo projetado, mas esta pesquisa buscou avaliar se apenas a integração do cronograma com o modelo de construção é suficiente para um planejamento e monitoramento eficaz.

O cronograma de construção, preparado no *software* Primavera, foi estudado e vinculado com êxito ao modelo de construção, desenvolvido no *software* Autodesk Revit Architecture. A simulação, usando o Autodesk Navisworks Manage, foi feita para comunicar visualmente e analisar atividades do projeto, visando reduzir atrasos e conflitos no sequenciamento de execução. Os recursos de planejamento 4D têm a capacidade de verificar a viabilidade do edifício desenvolvendo sequências de construção que interligam a geometria do modelo a horas e datas do *software* de gerenciamento de projetos, permitindo configurar tempos planejados e reais para visualizar com antecedência os desvios do cronograma.

A sequência de trabalho no período escolhido para ser visualizado na linha do tempo incluiu o ciclo de construção de componentes estruturais como lajes, pilares e alvenaria, desde o seu momento de fôrma, até concretagem, retirada das fôrmas, verificação e aprovação. Usando o recurso *Timeliner* do Navisworks, uma simulação foi realizada e os benefícios da modelagem 4D imediatamente percebidas. Como a linha do tempo foi selecionada para um dia específico, o progresso planejado do projeto de construção virtual foi mostrado imediatamente no modelo. A simulação ajudou a entender o fluxo de trabalho de construção visualmente, sendo assim, considerada uma aplicação extremamente poderosa e suficiente para a equipe de gerenciamento planejar e monitorar uma edificação com precisão de dados e eficiência.

3.3.6 Integração entre o cronograma físico e planejamento de custos

O planejamento e o orçamento de obras geralmente são tarefas extensas, caras e suscetíveis a erros durante o seu processo de elaboração. Embora entre as duas sejam extremamente importantes, não é comum encontrar sistemas de

controle de projeto que tenham integrado as funções de controle de custo e planejamento. Com o surgimento de ferramentas 4D para o planejamento e 5D para o orçamento, o BIM vem se apresentando como uma alternativa às empresas da construção civil que procuram se tornar mais competitivas por meio de investimento em tecnologia. A categoria “Integração entre o cronograma físico e planejamento de custos” consiste na transmissão de dados entre os diferentes *softwares* 4D e 5D, integrando-os em uma mesma plataforma, o que facilita consideravelmente a gestão da informação. Foram selecionados 6 artigos para essa categoria.

Scheer et al. (2014) apresentaram uma aplicação prática de integração de cronograma e planejamento de custos em um modelo BIM. Foi realizado um estudo de caso em um projeto de construção localizado na cidade de Curitiba, Paraná. O projeto consistia inicialmente de desenhos 2D e uma Estrutura Analítica de Projeto (EAP) das atividades. A partir disso, foi elaborado o planejamento pela Linha de Balanço e todos os itens da EAP foram classificados em dimensões nD (3D, 4D e 5D), além de serem incluídos os procedimentos de produção e lista de materiais.

A modelagem 3D foi realizada no Autodesk Revit, cujo arquivo foi exportado para o Navisworks para a tarefa de detecção de interferências e modelagem 4D. Nessa etapa, os relatórios de conflitos retirados do modelo foram enviados para os engenheiros da obra, com o intuito de resolverem os problemas encontrados. Finalmente com todas as informações necessárias, o modelo integrado para planejamento e orçamento foi criado por uma equipe multidisciplinar. Posteriormente, foi feita a extração de quantitativos. A lista de materiais e custos de cada atividade da EAP foi enviada para o canteiro de obras e responsável pela compra.

Todas as informações no modelo integrado eram atualizadas diariamente, provendo indicadores de desempenho métrico para gerenciar os custos (5D), o planejamento (4D) e a qualidade da produção (3D). Isso permitiu um gerenciamento visual da situação obra para a equipe de gerenciamento de empreiteiros, que pôde verificar e controlar decisões com informações precisas. Algo importante de ser mencionado e que ocorre com bastante frequência é que a equipe multidisciplinar relatou que foram muitas tentativas e erros para testar

a interoperabilidade entre os *softwares*, o que contribuiu para não perceberem as vantagens do BIM inicialmente. Entretanto, concluíram que o trabalho de planejamento e controle da produção poderia ter sido feito sem o auxílio do BIM, mas o resultado seria menos produtivo e o processo teria exigido maior esforço mental da equipe.

3.3.7 Gestão e controle da construção através da integração do BIM 4D com outros métodos

A categoria intitulada de “Gestão e controle da construção através da integração do BIM 4D com outros métodos” consiste basicamente na integração ou comparação do uso do BIM 4D com outros métodos de planejamento e controle da produção e da qualidade em construções, tendo como destaque a construção enxuta. Embora sejam independentes, já é reconhecido por pesquisadores que a construção enxuta e a modelagem da informação da construção podem se auxiliar mutuamente e aumentar seu potencial de aplicação na gestão da construção (KOSKELA et al, 2010). Foram coletados 5 artigos para essa categoria, sendo um deles, o estudo de Mendes Junior et al. (2014). Em um deles, Mendes Junior et al. (2010), apresentaram um estudo prático da utilização da interação do BIM com a construção enxuta, objetivando discutir como a modelagem BIM pode ser utilizada no processo de Planejamento e Controle da Produção (PCP).

Neste artigo, foi realizado um estudo de caso, em uma obra residencial do programa Minha Casa Minha Vida. O modelo 4D do empreendimento foi elaborado quando as atividades de terraplenagem já estavam sendo executadas, os projetos e o planejamento já estavam finalizados. Com a criação do modelo, inicialmente foi feita a detecção de interferências, organização de informações e verificação do planejamento de longo prazo da obra. Durante a elaboração do plano de médio prazo, o modelo era revisto para interpretar o comportamento de uma atividade entre outras que seriam ou já estavam em produção e conflitos entre atividades eram identificadas no modelo e solucionadas. Os planos de curto prazo eram semanalmente confirmados e difundidos à equipe de produção através do modelo.

Apesar dos benefícios que a modelagem de informação da construção poderia agregar ao empreendimento, a equipe de obra não estava pronta para

utilizar o modelo 4D, pois muitos não compreendiam a importância do modelo e outros não sabiam como interagir. Quando não havia o mínimo de informação integrada, a equipe deixava o modelo de lado e voltava ao seu trabalho tradicional com documentos sem integração.

Porém, nos momentos em que a integração funcionou, a visualização e a possibilidade de simulação de cenários futuros, opção por outros sistemas construtivos, detecção de interferências e organização das informações em um só banco de dados, auxiliaram as decisões tomadas pela equipe de gestão, bem como propiciaram uma maior confiabilidade nos resultados. Em consequência disso, mesmo com as dificuldades citada, observou-se que houve redução de tempos de ciclo e redução em retrabalho pelo acerto em uma primeira tentativa, provando que a utilização de modelagem da informação da construção auxilia na aplicação dos princípios da construção enxuta.

3.3.8 Desenvolvimento e melhoria de ferramentas BIM 4D

A categoria “Desenvolvimento e melhoria de ferramentas BIM 4D” possui 4 artigos da amostra. Com a crescente adoção do BIM, muitas ferramentas estão sendo desenvolvidas e é normal que as existentes passem por processos de melhoria. Como é inerente às novas tecnologias, um dos desafios relacionados às ferramentas de modelagem 4D é a falta de padrões de visualização para representar elementos e tarefas da construção, pois normalmente, cada ferramenta tem seus próprios padrões.

Para entender como a falta de padrões de visualizações 4D afeta a prática atual Castronovo et al. (2014) realizaram entrevistas com profissionais da indústria da AEC. Com base na revisão da literatura e nas respostas obtidas, os autores identificaram pontos críticos a serem considerados em futuros esforços de desenvolvimento de simulação e visualização 4D e propuseram dois conjuntos de diretrizes. O primeiro se refere à interface do usuário, que deve ter como objetivo, fornecer vistas adaptadas para cada parte interessada do projeto, com propriedades interativas apropriadas. Essas visualizações devem conter uma visão 3D do modelo, e uma visão de planejamento do modelo, ilustrando as atividades de programação relacionadas. A interação com o modelo 3D deve basear-se em uma visão geral e simulação, zoom, filtro de informações e consulta de detalhes do modelo.

O segundo conjunto de diretrizes selecionadas sugere princípios de *design* para a representação gráfica de elementos de construção dentro da visualização tridimensional. Essas diretrizes de projeto abordam aspectos de cor, iluminação, transparência e qualidade gráfica dos elementos durante o processo de simulação 4D. Nas entrevistas dos usuários, a escolha da cor foi encontrada como um foco chave, pois a sua escolha permite amarrar os elementos 3D ao tipo de atividade que está sendo realizada sobre ele e ao seu status atual. As cores devem tornar os elementos de construção distinguíveis de seus antecedentes e de outros elementos. Portanto, mais cores saturadas devem ser aplicadas em objetos selecionados.

Outro fator de *design* do *software* é a iluminação dos elementos, pois a aplicação de uma maior luminância no objeto selecionado o distingue dos demais. O uso da transparência é uma técnica de visualização chave para exibir e destacar elementos de construção, mantendo o contexto circundante transparente, além de níveis de transparência poderem também ditar o status de uma atividade. Diante disso, os autores esperam ter contribuído com o adereçamento das áreas de *design* necessárias para o desenvolvimento de novas técnicas e padrões de visualização 4D.

3.3.9 Comparação entre diferentes ferramentas de visualização do cronograma

Foram atribuídos 3 artigos à categoria “Comparação entre diferentes ferramentas de visualização do cronograma”, que se trata de uma comparação entre a visualização do planejamento da maneira realizada tradicionalmente, e a visualização gerada pelo BIM 4D. Para Rolfsen e Merschbrock (2016), a ligação de informações do cronograma a modelos de objetos paramétricos proporciona uma compreensão mais intuitiva sobre o quê e quando será construído algo. Para comparar o método de visualização do planejamento pelo BIM 4D com outras técnicas pré-existentes, como gráficos de barras e fluxogramas, os autores realizaram entrevistas individuais e grupos focais para obter a percepção dos profissionais da construção sobre a utilidade das diferentes ferramentas.

Foram apresentados a eles o cronograma do mesmo edifício por três ferramentas diferentes: Diagrama de Gantt, Linhas de Fluxo e um modelo BIM 4D. O primeiro foi apontado como sendo o mais fácil de usar, fornecendo a

simplicidade e capacidade de resposta necessária para a comunicação diária em projetos. As Linhas de Fluxo foi tido como o menos intuitivo, apesar de alguns entrevistados considerarem que este oferece uma visão geral melhor quando muitas atividades precisam ser executadas simultaneamente. Finalmente, o modelo 4D criado em *software* que utiliza o BIM foi classificado como o mais útil principalmente para os estágios iniciais do projeto, e como tendo as visualizações mais compreensíveis e eficientes, por poder visualizar o edifício sendo construído virtualmente.

3.3.10 Desenvolvimento de biblioteca de componentes

Por fim, foi encontrado apenas um artigo para a categoria “Desenvolvimento de biblioteca de componentes” se refere ao uso do BIM 4D na criação de bibliotecas de componentes para os projetos. Neiva Neto e Ruschel (2015) desenvolveram famílias de componentes de fôrmas para o projeto de fôrmas de madeira, cuja análise da construtibilidade se deu pela observação de simulações 4D do processo de montagem e desmontagem das fôrmas. Os autores destacaram as facilidades e vantagens de se utilizar a simulação 4D para a coordenação das etapas construtivas. Para avaliar aceitação da proposta, a solução foi apresentada para um escritório de projetos especializado nessa área em São Paulo, para alunos em uma disciplina dos cursos de Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo da Unicamp, e ainda para uma obra real.

Os projetistas demonstraram grande receptividade à solução, mesmo não tendo ainda o nível de produtividade da solução de projeto em CAD do escritório. Mesmo assim, afirmaram ter interesse na proposta, pois desejam adotar o BIM em seu processo de projeto e incorporar ao planejamento da obra o sistema de fôrmas através de estudos de simulação 4D. Entre os alunos, apesar de alguns relatarem dificuldades com os *softwares*, observou-se grande potencial de aceitação da solução, que a consideraram útil principalmente para o apoio à visualização em projeto. Tendo sido validada em ambiente de ensino, na prática de projeto e na execução da obra, demonstrando o seu alcance, fica claro que a simulação 4D potencializa a visualização de processos construtivos, possibilitando avaliações de construtibilidade.

3.5 Considerações Finais

Neste capítulo, buscou-se elucidar o BIM 4D, dimensão do BIM para o planejamento de obras. Em seguida, foi feita a caracterização da produção internacional de artigos científicos sobre o tema, através de procedimentos metodológicos bem definidos e replicáveis. Além de mapear as pesquisas de acordo com indicadores, estas foram também classificadas em dez categorias quanto ao seu conteúdo.

As pesquisas atribuídas às categorias de implementação do BIM, gestão de operações logísticas no canteiro de obras e planejamento dinâmico possuem relação direta com o método proposto no presente trabalho. Isso é constatado nos capítulos 6 e 7, nos quais é descrito o estudo empírico realizado em uma construtora e apresentado o método para a implementação do BIM 4D proposto, respectivamente.

CAPÍTULO 4

Metodologia

O presente capítulo descreve o método de pesquisa adotado neste trabalho. Inicialmente, é apresentada a estratégia de pesquisa, justificando sua escolha no desenvolvimento da mesma e posteriormente, segue-se o delineamento da pesquisa com a descrição de cada uma de suas etapas.

4.1 Estratégia de pesquisa

Este trabalho visa propor um método de implementação da modelagem BIM 4D em empresas construtoras. Analisando o objetivo pelo ponto de vista metodológico, esta pesquisa pretendeu produzir uma construção inovadora para solucionar um problema encontrado no mundo real e também fazer contribuições teóricas a uma área do conhecimento (LUKKA, 2003). Por esse motivo, decidiu-se adotar a abordagem da *Design Science Research* (DSR) como método de pesquisa, também chamada de *Constructive Research* (pesquisa construtiva).

Este método estuda o artificial, ao contrário das ciências naturais, cujo objetivo é desenvolver teorias que explicam, descrevem e exploram os fenômenos naturais e sociais (MARCH; SMITH, 1995, apud VAN AKEN, 2004). A DSR tem como finalidade desenvolver e projetar soluções para melhorar sistemas existentes, bem como resolver problemas e criar novos artefatos que contribuam para uma melhor atuação humana. Em outras palavras, esse método fundamenta e operacionaliza a direção da pesquisa quando se busca um artefato ou uma prescrição (DRESCH, LACERDA e ANTUNES JÚNIOR, 2015). De acordo com Simon (1996), artefatos podem ser entendidos como algo que é criado pelo homem, ou objetivos artificiais que podem ser caracterizados em termos de objetivos, funções e adaptações, ou ainda a interface entre os ambientes interno e externo de um determinado sistema (DRESCH, LACERDA e ANTUNES JÚNIOR, 2015).

A pesquisa construtiva é orientada à utilização do conhecimento para a concepção de soluções, as quais devem orientar as ações (VAN AKEN, 2004). A partir do entendimento do problema, a DSR pretende construir e avaliar artefatos que possam transformar situações, não necessariamente buscando uma solução ótima, mas satisfatória, que altere as condições atuais do problema para estados melhores ou desejáveis. Dresch, Lacerda e Antunes Júnior (2015) afirmam que os pesquisadores devem buscar soluções suficientemente boas para problemas em que a solução ótima seja inacessível ou de implantação inviável. A solução ótima representa o melhor cenário hipotético possível, sendo raramente aplicada no mundo real. Enquanto isso, a satisfatória compreende os constrangimentos e a escassez de recursos inerente ao contexto, sendo possível ser de fato implementada (SIMON, 1996 apud LACERDA et al., 2013).

Embora os problemas presentes nas organizações costumem ser específicos, uma característica fundamental da pesquisa construtiva é que as soluções desenvolvidas devem ser passíveis de replicação, possibilitando que pesquisadores e profissionais, em situações diversas, possam fazer uso do artefato gerado. Em outras palavras, os artefatos devem ser capazes de generalização para uma determinada classe de problemas.

Esta classe pode ser definida como sendo a organização de um conjunto de problemas práticos ou teóricos que contenha artefatos úteis para a ação nas organizações (DRESCH, LACERDA e ANTUNES JÚNIOR, 2015). Na Tabela 1 é exemplificado o conceito de classe de problemas, considerando a realidade da área de gestão de operações e a Figura 15 mostra a lógica para a sua construção.

Van Aken (2004) afirma que uma outra particularidade presente em pesquisas que abordam a *Design Science Research* é a questão da validade pragmática. Isso significa que elas devem assegurar que o artefato desenvolvido realmente funcione, garantindo que os resultados esperados sejam alcançados. Ou seja, deve assegurar a utilidade da solução proposta para o problema, considerando também pontos como custo-benefício da solução, características do ambiente ou contexto em que esta será aplicada e as necessidades reais das partes interessadas.

Tabela 1 – Exemplos de classes de problemas e artefatos

Classe de problemas	Artefatos
Planejamento e controle da produção	Tambor-Pulmão-Corda (Goldratt, 1991)
Planejamento e controle da produção	Kanban (Ohno, 1997)
Mensuração dos custos	CONWIP (Spearman; Woodruff; Hopp, 1990)
Mensuração dos custos	Contabilidade de Ganhos (Goldratt, 1991)
Alinhamento estratégico	Custeio Baseado em Atividade (Cooper; Kaplan, 1988)
Alinhamento estratégico	Unidades de Esforço de Produção (Allora, 1985)
Mapeamento de processos	Modelo de Labovitz e Rosansky (1977)
Mapeamento de processos	Balanced Scorecard (Kaplan; Norton, 1992)
Mapeamento de processos	Modelo de Hambrick e Cannella Junior (1989)
Mapeamento de processos	Organizational Fitness Profiling (Beer; Eisenstat, 1966)
Mapeamento de processos	Value Stream Map (Rother; Shook, 1999)
Análise de problemas e apoio à tomada de decisão	Mapeamento pelo Mecanismo da Função Produção (Shingo, 1996)
Análise de problemas e apoio à tomada de decisão	Artchiterture of Integrated Information Systems ARIS (Scheer, 2005)
Análise de problemas e apoio à tomada de decisão	Processo de Pensamento (Goldratt, 2004)
Análise de problemas e apoio à tomada de decisão	Pensamento Sistêmico e Planejamento de Cenários (Andrate et al., 2006)
Gestão de projetos	MIASP - Método para Identificação, Análise e Solução de Problemas (Kepner; Tregoe, 1980)
Gestão de projetos	Corrente Crítica (Goldratt, 1998)
Gestão de projetos	PERT/CPM

Fonte: Dresch, Lacerda e Antunes Júnior (2015) com base em Lacerda et al. (2013)

Figura 15 – Lógica para Construção das Classes de Problemas

Fonte: Lacerda et al. (2013)

Os produtos gerados pela DSR são avaliados de acordo com critérios de valor ou utilidade. Esses artefatos construídos podem ser classificados em quatro tipos: constructos, modelos, métodos e instâncias, podendo resultar ainda em um aprimoramento de teorias (LACERDA et al., 2013).

Na presente pesquisa, o artefato inovador é um conjunto de passos e diretrizes necessários para realizar uma determinada tarefa. Estes podem ser representados graficamente ou em heurísticas e algoritmos (DRESCH, LACERDA e ANTUNES JÚNIOR, 2015). Os artefatos devem ser avaliados pela sua eficiência, generalidade, facilidade de uso e operacionalidade, isto é, a capacidade de executar a tarefa pretendida ou a capacidade de as pessoas utilizarem o método (MARCH; SMITH, 1995, apud LACERDA et al. 2013).

4.2 Delineamento da pesquisa

Diversos autores propuseram e formalizaram diferentes métodos para a condução das pesquisas fundamentadas na *Design Science Research*. Porém, nota-se que existem algumas similaridades entre eles, como por exemplo, todos os autores mencionam uma etapa de definição do problema a ser estudado, assim como a importância de se ter uma outra etapa para o desenvolvimento do artefato. Boa parte dos autores ainda recomenda uma etapa de sugestão para fazer o levantamento de características e requisitos do artefato que será construído. E por fim, destaca-se a necessidade de uma etapa de avaliação para verificar a utilidade da solução proposta (DRESCH, LACERDA e ANTUNES JÚNIOR, 2015).

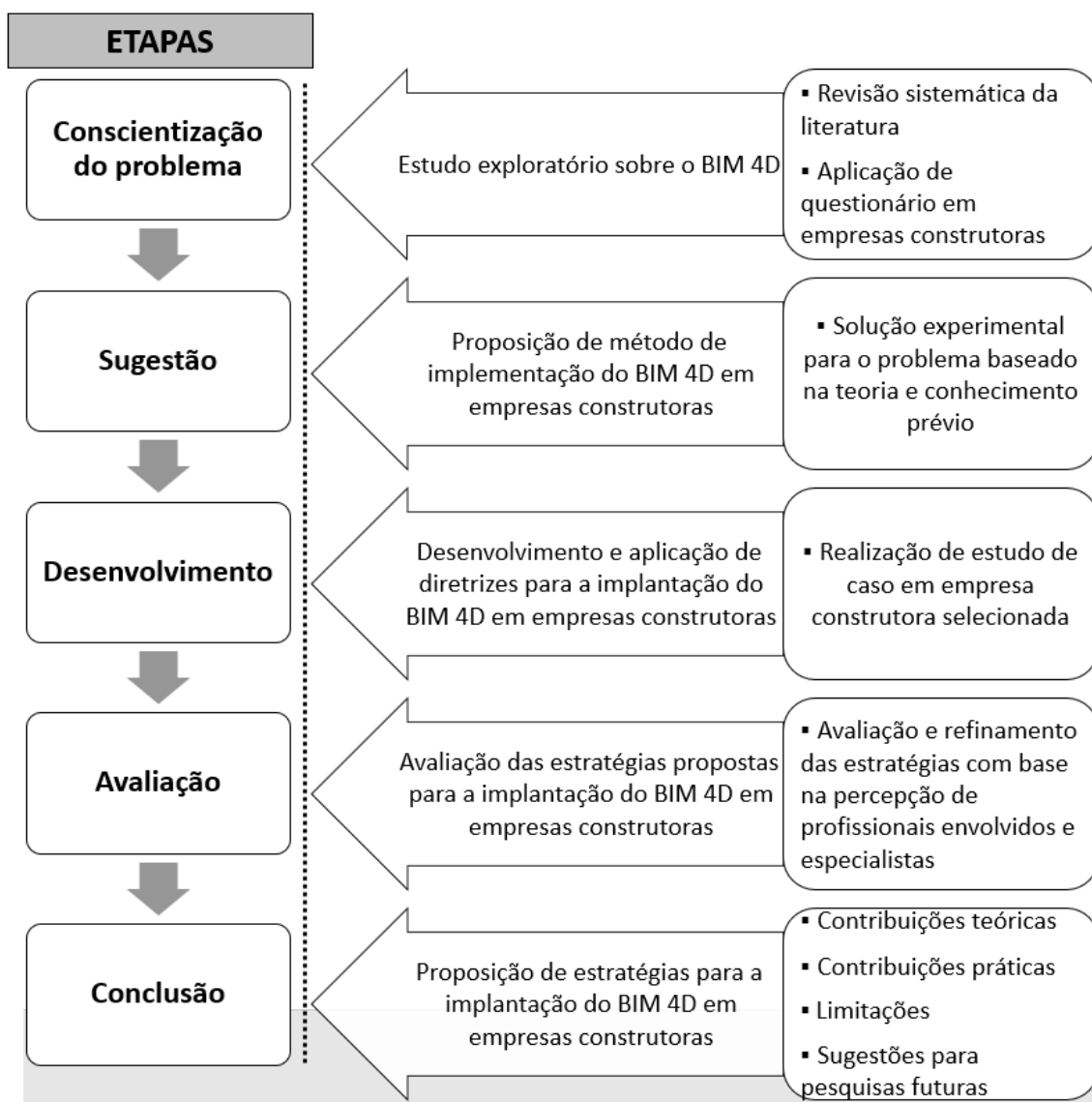
Diante disso, a Figura 16 apresenta o delineamento escolhido para a presente pesquisa, envolvendo cinco etapas distintas, cada uma gerando um produto parcial: conscientização do problema, sugestão, desenvolvimento, avaliação e conclusão.

4.3.1 Fase de conscientização do problema

A primeira etapa consiste na identificação e conscientização do problema a ser estudado. Inicialmente foi feita uma revisão sistemática da literatura, com um intervalo temporal de dez anos, acerca do BIM 4D (item 2.6) com o objetivo de descobrir lacunas presentes na literatura. Considerar o conhecimento

existente auxilia o pesquisador a explicar a importância de se construir um artefato e por que ele irá funcionar.

Figura 16 – Fluxograma do método de pesquisa adotado



Fonte: Elaborado pela autora (2018)

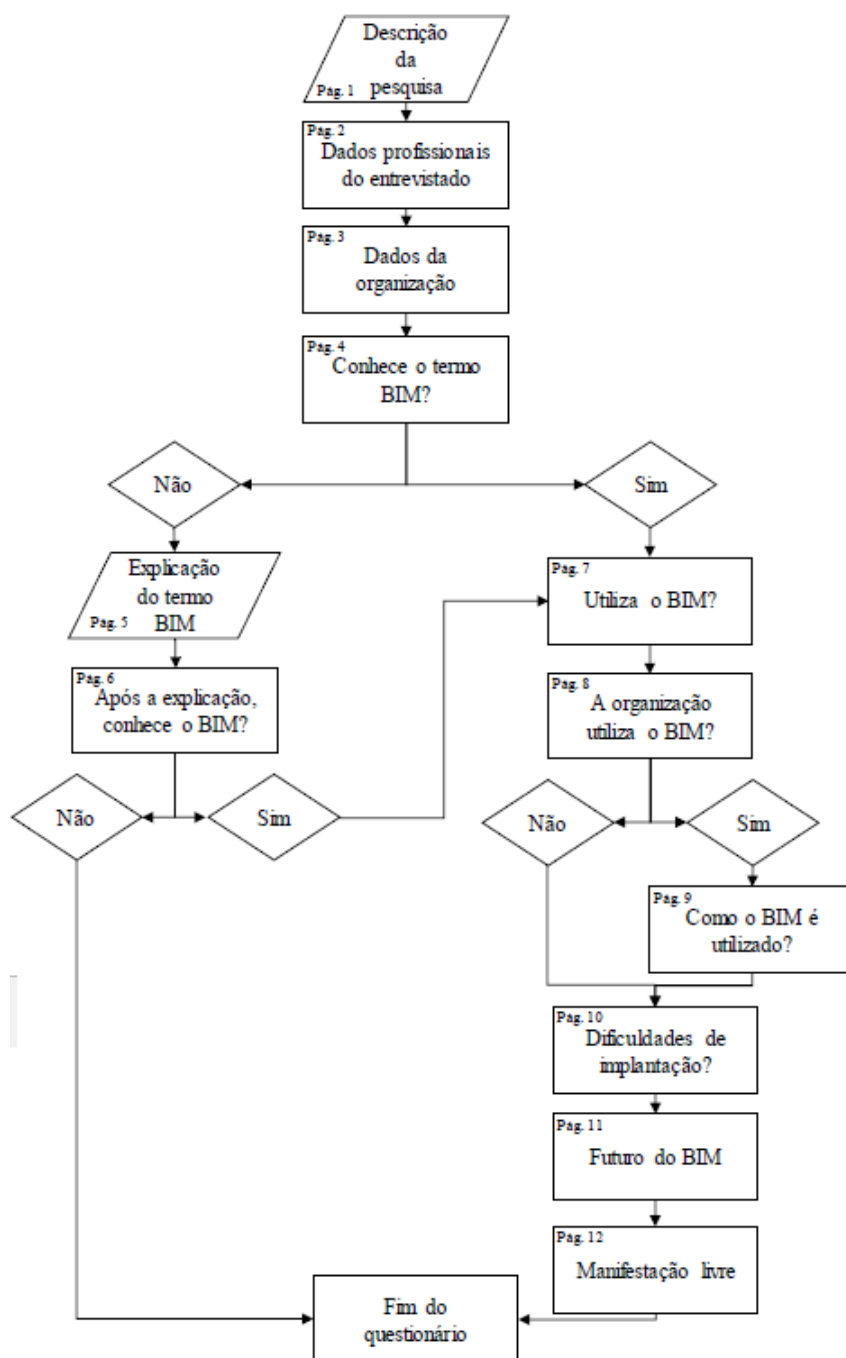
Ainda na primeira etapa, foi aplicado um questionário estruturado em empresas construtoras atuantes nos estados do Rio Grande do Norte e da Paraíba, visando caracterizar a utilização do BIM nas regiões. Com o alinhamento das lacunas encontradas na teoria e na prática, tem-se a justificativa da importância de estudar e criar o artefato desejado.

O questionário, que se encontra no Apêndice A, foi adaptado de Carmona e Carvalho (2017), o qual investigou-se a adoção do BIM por dezesseis das principais empresas construtoras atuantes no mercado imobiliário residencial e

comercial do Distrito Federal e as maiores dificuldades enfrentadas durante a sua implantação.

Para a elaboração do questionário, foi tomado como base o fluxograma desenvolvido por Carmona e Carvalho (2017), com apenas algumas perguntas acrescentadas ou modificadas. A Figura 17 mostra o fluxograma das perguntas do questionário e este pode ser visualizado no Apêndice A.

Figura 17 – Fluxograma do questionário



Fonte: Carmona e Carvalho (2017)

Através do questionário, foram analisados o grau de utilização do BIM, bem como a finalidade de sua aplicação, podendo assim, identificar se a empresa faz uso da modelagem 4D. Além disso, foram questionadas as maiores dificuldades em sua implantação, ou os motivos para a sua não utilização.

As empresas selecionadas para a aplicação do questionário deviam constar na lista do Sindicato da Indústria da Construção Civil do Rio Grande do Norte (Sinduscon - RN), no Sindicato da Indústria da Construção Civil de João Pessoa (Sinduscon – JP) e estarem relacionadas ao mercado imobiliário. A maior parte das empresas encontra-se na região metropolitana de ambos os estados. Devido à sua facilidade de criação, levantamento das respostas e gratuidade, foi utilizada a plataforma *Google Forms* para o preenchimento do questionário, cujo link foi enviado em e-mails com uma breve explicação sobre a pesquisa.

Para aumentar a quantidade de respostas e obter informações imparciais, os questionários foram elaborados de modo a garantir a impossibilidade de identificação do respondente, mantendo a sua privacidade. A intenção inicial era de que os questionários ficassem disponíveis online durante duas semanas, porém, por não obter número satisfatório de respostas no RN, o período foi estendido por mais duas semanas, contabilizando um mês.

4.3.2 Fase de sugestão

A etapa de sugestão é realizada utilizando como base o método científico abduutivo, devido ao fato de o pesquisador utilizar essencialmente sua criatividade e seus conhecimentos prévios para transformar o conhecimento descritivo em princípios para a construção do artefato (DRESCH, LACERDA e ANTUNES JÚNIOR, 2015). Assim, foram propostas algumas premissas e passos para auxiliar na criação do método, com o apoio da base de conhecimento existente, tanto teórico quanto empírico.

A etapa de sugestão envolveu também a escolha do *software* de modelagem 4D para se propor o método. Foi feito o levantamento dos principais *softwares* que atendem o propósito de pesquisa, e chegou-se à conclusão que os mais indicados são o Navisworks Manage, da Autodesk, e o Synchro, que no

início da pesquisa era da Synchro Software Ltda, mas na fase de desenvolvimento foi comprado pela empresa Bentley.

Portanto, foi feita por e-mail a solicitação das licenças às empresas desenvolvedoras, explicando que o pedido estava sendo feito para fins acadêmicos. O processo levou cerca de três dias para o Navisworks e sete dias para o Synchro, com diversas trocas de e-mail e envio de documentos comprobatórios de vínculo com a UFRN. Para o Navisworks, foi cedida uma licença de três anos, enquanto que para o Synchro, de seis meses.

A pesquisadora já tinha conhecimento prévio em ambos os softwares selecionados. Os dois possuem interface amigável e procedimentos de modelagem 4D semelhantes. No entanto, a simulação no Synchro possui um nível superior, pois permite escolher um sentido de aparição dos elementos, como se estivessem realmente sendo construídos. Por exemplo, um objeto de parede pode ser configurado para ser visualizado, aos poucos, da sua base ao seu topo, simulando o levantamento da alvenaria. No Navisworks os objetos aparecem inteiros, da maneira que foi feita a modelagem 3D. Consequentemente, para se ter o grau de visualização da simulação do Synchro no Navisworks, é necessário maior esforço de modelagem 3D.

A Autodesk domina o mercado de softwares para construção civil e possui uma grande variedade de produtos BIM, atendendo a diversas áreas (PORTAL BIM, 2011). O Revit é o sucessor BIM da ferramenta de desenvolvimento de projetos AutoCAD da Autodesk. Este software BIM é o mais utilizado pelos profissionais que trabalham com a metodologia colaborativa e tem total conectividade com todo o conjunto de produtos da empresa (ROJAS, 2018). Consequentemente, estes outros, incluindo o Navisworks, possuem grande quantidade de usuários. O fato da licença do Synchro ser consideravelmente mais elevada que a do Navisworks também contribui para o uso majoritário deste último.

No quesito de suporte e assistência do fabricante, o Navisworks supera bastante o Synchro. O uso popularizado do Revit impulsionou o surgimento de um serviço de suporte da Autodesk incomparável com as outras empresas. Além de possuir fóruns de dúvidas que podem ser respondidos pelos próprios usuários em questão de minutos, o seu site possui *chat online*, no qual é possível se

comunicar em tempo real, durante vinte e quatro horas por dia, com um especialista de qualquer uma de suas ferramentas. Porém, o *chat* é em inglês e isso pode representar uma barreira para algumas pessoas.

Por esses motivos, apesar de apresentar maior potencial para o planejamento 4D, a pesquisadora concluiu que é mais conveniente criar o método utilizando o software da Autodesk na fase de modelagem. O pouco tempo de avaliação gratuita cedido pela empresa fabricante também pesou na escolha. Portanto, o método foi criado com base na modelagem do Navisworks Manage.

4.3.3 Fase de desenvolvimento

A etapa seguinte na DSR é a de desenvolvimento, na qual a sugestão é operacionalizada e implementada. Dessa forma, o método foi de fato desenvolvido, apresentado em forma de etapas e testado em uma das empresas participantes da pesquisa. Como critérios de escolha da empresa para o estudo empírico, optou-se por procurar construtoras que não utilizassem BIM e que concordassem em colaborar com a realização da pesquisa.

4.3.4 Fase de avaliação

Na quarta etapa, denominada de avaliação, foi verificado se a solução proposta foi eficiente, através da técnica de grupo focal. O desempenho do artefato criado na DSR é mensurado pela opinião de profissionais envolvidos e especialistas em um grupo focal. Quanto ao número de participantes, o ideal é que o total oscile entre um mínimo de seis e um máximo de doze pessoas (CHIESA; CIAMPONE, 1999). Portanto, o método foi analisado por profissionais quanto à sua utilidade e facilidade de uso, em uma discussão colaborativa, proporcionando o surgimento de novas ideias, melhores soluções e facilitando na análise crítica dos resultados obtidos (DRESCH, LACERDA e JÚNIOR, 2015).

Sabendo que o artefato a ser avaliado se trata de um método para a implementação de um uso do BIM, o recomendado era que os participantes do grupo focal não sejam leigos no assunto, para que assim possam dar contribuições relevantes ao estudo. Para tanto, foram escolhidos profissionais que já possuem conhecimento em BIM. Todos os convidados estão finalizando uma Pós-Graduação em BIM e alguns destes já trabalham com a plataforma.

O convite para o grupo focal foi feito primeiramente por mensagem de *WhatsApp*, com o intuito de saber se havia interesse e disponibilidade por parte das pessoas selecionadas, e posteriormente, formalizado por *e-mail*. Estes foram enviados oito dias antes do grupo focal, explicando resumidamente o contexto da pesquisa, o objetivo do grupo focal, como este seria realizado, sua data, local, horário e previsão de duração.

A avaliação do método foi dividida em quatro momentos: contexto da pesquisa, fase de preparação, fases de modelagem e análise, e por fim, fase de avaliação final do método.

- Contexto da pesquisa:

Foi feita uma apresentação em slides sobre as intenções do grupo focal, BIM de uma forma geral, e BIM 4D, baseado na revisão sistemática da produção científica feita no capítulo 3. Como todos os participantes já tinham noção do assunto, essa etapa foi breve e objetiva.

Em seguida, foi entregue em *pen drive* para cada participantes todos os arquivos digitais que seriam utilizados na atividade. Foi solicitado anteriormente que os participantes levassem *notebook* para que pudessem acompanhar e replicar o passo a passo do método. Foram passados um arquivo PDF esquematizando o método e cada etapa proposta, um arquivo em Microsoft Word para avaliar o método, um projeto em Revit e um cronograma feito no Microsoft Excel.

- Fase de preparação:

Nesta etapa, foi apresentada a fase de preparação do método e debatida. O arquivo do Microsoft Word tinha espaço para os participantes avaliarem cada etapa de acordo com sua utilidade prática e facilidade, e ainda fazerem qualquer comentário, caso achassem necessário, e discutir em conjuntos com os demais profissionais.

- Fases de modelagem e análise:

Foi avisado com antecedência que seria feita uma demonstração do planejamento 4D através do Autodesk Navisworks Manage e que todos deveriam tentar replicar a fase de modelagem do método. Os participantes já tinham o *software* instalado e licenças estudantis ativadas nos seus notebooks porque um dos módulos anteriores na pós-graduação em BIM foi a disciplina

Orçamento e Controle de Custos, na qual a extração de quantitativos foi feita pelo Navisworks. Isso fez com que a atividade da fase de modelagem fosse mais rápida porque os participantes já possuíam conhecimento de algumas ferramentas e comandos básicos de navegação no modelo. Portanto, foi preciso apenas mostrar mais algumas ferramentas, tirando a necessidade de prolongar a parte introdutória de tecnologia.

No arquivo PDF entregue no momento de apresentação, tinha o método esquematizado de forma resumida (conforme será apresentado no capítulo 7) e a fase de modelagem ampliada, abrangendo também as sub-etapas de cada passo, além de um projeto em Revit. Foi demonstrado como fazer cada etapa da modelagem BIM 4D para uma parte do edifício, deixando o restante para os participantes tentarem sozinhos seguindo o método.

- Fase de avaliação final: O documento que já havia sido entregue aos participantes continha tópicos sobre as três fases do método, questionando a utilidade e facilidade de aplicação do método. Eles deveriam avaliar entre 0 (nenhuma), 1 (pouca), 2 (média) e 3 (muita) estas duas questões e justificarem no debate as suas escolhas.

4.3.5 Fase de conclusão

A conclusão constitui a última fase da pesquisa construtiva. Nela, é realizada a síntese das principais contribuições práticas e teóricas do método desenvolvido, além de justificar a contribuição do trabalho para a classe de problemas na qual o artefato está inserido (LACERDA et al., 2013).

É possível que nessa etapa final seja concluído que a conscientização do problema foi incompleta e por esse motivo, não foi obtido sucesso no estabelecimento do artefato, sendo necessário retornar à primeira etapa do processo da *Design Science Research*. Por fim, é fundamental que em toda pesquisa sejam explicitadas as suas limitações e feitas sugestões para trabalhos futuros. Com base nisso, na fase de conclusão deste trabalho foram apresentadas as principais contribuições, as limitações e sugestões para pesquisas futuras.

4.3 Considerações Finais

Neste capítulo foi descrita a metodologia de pesquisa utilizada, chamada *Design Science Research*, ideal para este trabalho porque resultou na criação

de um artefato. A estratégia foi dividida em cinco fase, iniciando pela conscientização do problema, que é baseado na revisão da literatura e na aplicação dos questionários sobre a utilização do BIM. Na revisão, já foi identificada a lacuna a ser preenchida pelo trabalho. Quanto à caracterização do BIM, os resultados e análises são apresentados no capítulo seguinte. Em seguida, tem-se as fases que acontecem simultaneamente, de sugestão e desenvolvimento. Por fim, as fases de avaliação do artefato e conclusão da pesquisa.

CAPÍTULO 5

Caracterização do BIM

Este capítulo apresenta as respostas obtidas nos questionários respondidos por construtoras atuantes nos estados do Rio Grande do Norte e da Paraíba, associadas ao Sinduscon, visando caracterizar, de forma pioneira, o uso do BIM nessas regiões.

5.1 Informações gerais sobre os questionários

Para analisar o grau de adoção e qualificar o uso do BIM nos estados do Rio Grande do Norte e da Paraíba, o *link* do questionário estruturado e adaptado de Carmona e Carvalho (2017) foi enviado à empresas que atuam no setor da construção local associadas ao sindicato patronal de ambas as regiões, os quais são o Sinduscon/RN e o Sinduscon/JP. A escolha destas se deu devido a estes serem as entidades representativas das empresas do ramo da Construção Civil.

Com o intuito de garantir uma maior visibilidade da pesquisa por parte dos entrevistados, recebendo assim, uma maior taxa de respostas, contou-se com o apoio das diretorias sindicais, que sem hesitar, aceitaram encaminhar o *link* pelo e-mail dos próprios sindicatos. Enquanto que na Paraíba foi adquirido um percentual alto de respostas, no Rio Grande do Norte poucas empresas colaboraram com a pesquisa.

Por essa adversidade, foi necessário enviar novamente o questionário diretamente para pessoas da empresa e solicitar que o respondessem. Sendo assim, o período estipulado para manter o questionário online deixou de ser duas semanas para se tornar um mês, entre os meses de Junho e Julho de 2018. Esta tentativa de obter mais dados para a análise resultou em quase o quádruplo de respostas adquiridas inicialmente.

5.2 Taxa de respostas

O Quadro 2 mostra a quantidade de empresas associadas aos sindicatos, ou seja, a quantidade de empresas que foram convidadas a participar da

pesquisa, bem como quantos questionários foram respondidos e o percentual que esse número representa sobre o total.

Quadro 2 – Percentual de questionários respondidos

SINDICATO	EMPRESAS ASSOCIADAS	QUESTIONÁRIOS RESPONDIDOS	TAXA DE RESPOSTAS
Sinduscon/RN	101	32	31,68%
Sinduscon/JP	168	38	22,62%

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

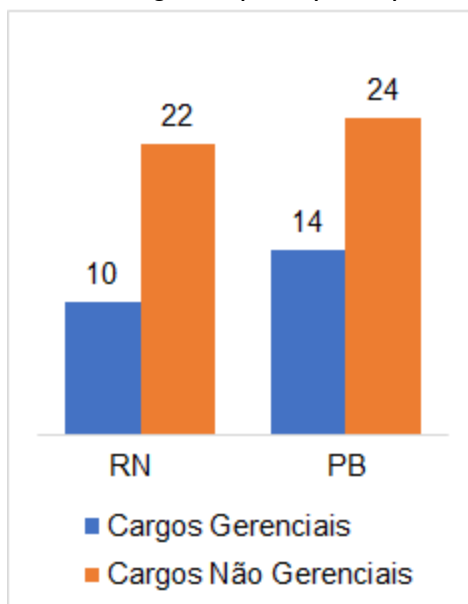
Dos 101 questionários enviados no RN, 32 foram respondidos, totalizando 31,68%. Já na PB, dos 168 enviados, obteve-se 38 respostas, representando 22,62%. Carmona e Carvalho (2017) conseguiram 22% de retorno e averiguaram que pesquisas semelhantes feitas em outros países obtiveram taxas de resposta entre 11% e 39% (GARDEZI *et al.*, 2014) (LANGAR; PEARCE, 2014).

Para análise das respostas, as perguntas foram classificadas nos seguinte sete pontos: perfil do profissional, perfil da organização, conhecimento do termo BIM (antes e após explicação do termo), utilização do BIM e caracterização do uso, dificuldades de implantação e projetos futuros para uso do BIM.

5.3 Perfil dos respondentes

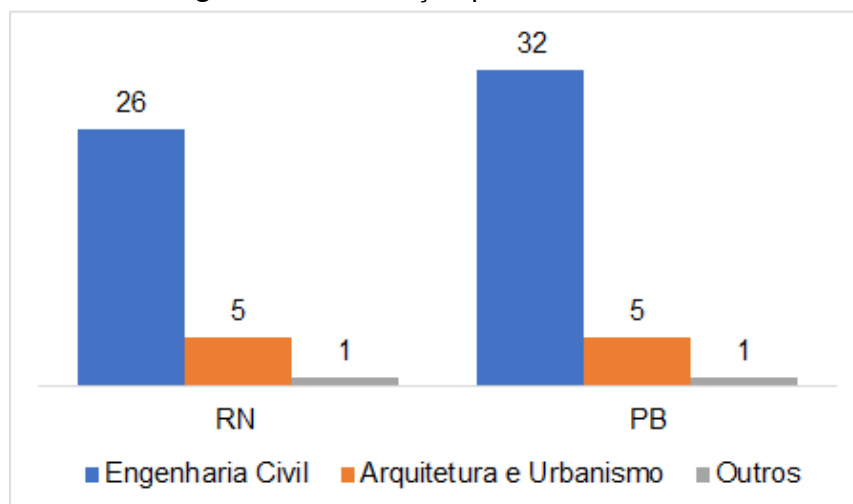
Para esse primeiro parâmetro, buscou-se analisar o cargo ocupado pelo profissional na empresa, sua formação e anos de experiência no ramo da construção civil. A resposta para cargo ocupado era livre e foi decidido adotar a classificação de Carmona e Carvalho (2017), entre ocupações gerenciais e não gerenciais conforme mostra a Figura 18. Entre os não gerenciais, tiveram engenheiros civis, gerentes de projetos, projetistas, técnicos em edificações, analistas de qualidade e estagiários de engenharia.

Foi observado proporções semelhantes entre os dois estados. No RN, 10 profissionais ocupam cargos gerenciais, enquanto que 22 ocupam não gerenciais, o equivalente a 31,3% e 68,8%, respectivamente. Na PB, esses parâmetros foram de 14 e 24, que indicam respectivamente, 36,8% e 63,2%.

Figura 18 – Cargo ocupado pelos profissionais

Fonte: Elaborado pela autora (2018)

A Figura 19 mostra a formação das pessoas que responderam o questionário pelas empresas. Como já era esperado baseado nos resultados de Carmona e Carvalho (2017), a maior parte possui graduação em Engenharia Civil, uma minoria no curso de Arquitetura e Urbanismo, e apenas uma pessoa de cada estado não se enquadra nestas duas áreas.

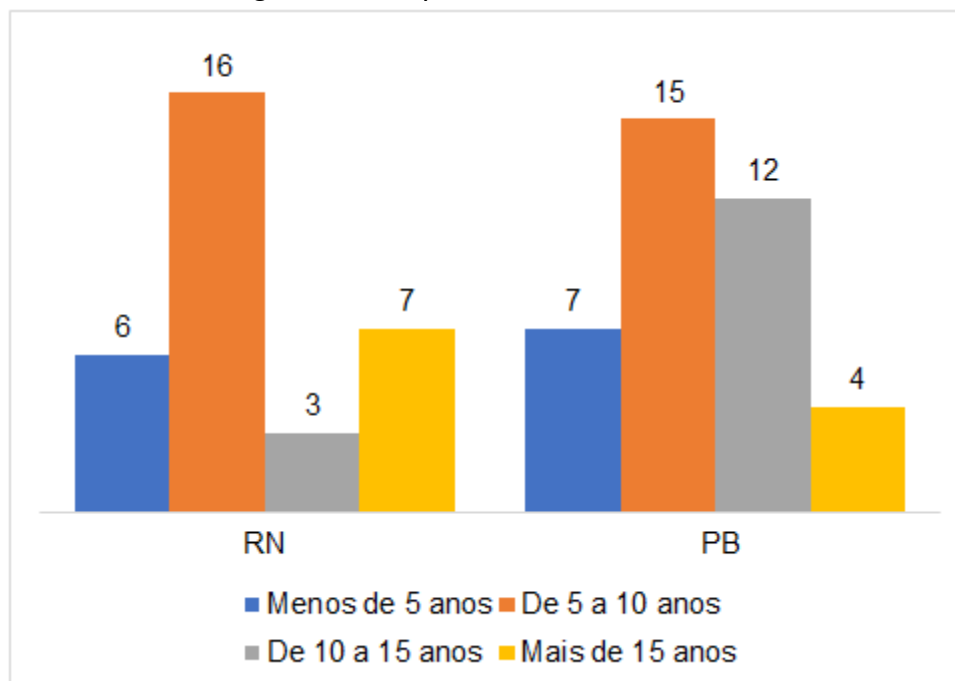
Figura 19 – Formação profissional

Fonte: Elaborado pela autora (2018)

A última informação coletada nesta seção se refere à experiência dos profissionais no setor da construção civil, medida em anos. Como pode-se ver na Figura 20, a maior parte dos entrevistados encontra-se no mercado de 5 a 10 anos. De uma forma geral, nota-se que a predominância de pessoas com menos

de 10 anos de experiência. No RN, esse perfil totaliza 68,8% dos profissionais (22 pessoas), e na PB, totaliza 57,9% deles (22 pessoas). Este período considerado relativamente curto também evidenciado na pesquisa feita no Distrito Federal.

Figura 20 – Experiência em anos



Fonte: Elaborado pela autora (2018)

5.4 Perfil das organizações

Para traçar o perfil das empresas potiguaras e paraibanas, o questionário também buscou saber as atividades que são normalmente realizadas, além do porte e locais de atuação da organização. Quanto às atividades, foi utilizada a questão de múltipla escolha com possibilidade de mais de uma resposta e ainda foi dada a opção de acrescentar uma atividade não citada. O Quadro 3 apresenta estes resultados.

A atividade mais comum entre as empresas de ambos os estados é a construção, estando presente em todas as empresas da Paraíba e 63% das empresas do Rio Grande do Norte. A construção é seguida por prestação de serviços, incorporação, escritório de projetos (disciplinas além de arquitetura), consultoria e escritório de arquitetura. No RN, foram mencionadas também atividades relacionadas ao ensino, saneamento de ETA's e ETE's e fazendas de carcinicultura.

Quadro 3 – Atividades realizadas pelas empresas

Atividade	RN		PB	
	Ocorrência	%	Ocorrência	%
Construção	20	63%	38	100%
Incorporação	12	38%	12	32%
Escritório de arquitetura	5	16%	5	13%
Escritório de projetos (outras disciplinas)	10	31%	12	32%
Prestação de serviços	12	38%	16	42%
Consultoria	10	31%	7	18%
Outras	3	9%	0	0%

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

Quanto ao porte da empresa, esta análise foi feita pelo número de funcionários contratados. Foi considerado microempresa construtora com até 19 empregados; pequena empresa construtora, com 20 a 99 empregados, média empresa construtora com 100 a 499 empregados, e por último, grande empresa construtora com 500 ou mais empregados. Conforme mostra o Quadro 4, a maior parte das empresas se classifica como microempresa ou pequena. Na Paraíba, esses dois grupos chegam a totalizar, juntos, 97,4%. O Rio Grande do Norte não fica muito atrás, com 87,6%.

Quadro 4 – Porte das empresas

Porte	RN		PB	
	Ocorrência	%	Ocorrência	%
Microempresa construtora	18	56,3%	27	71,1%
Pequena empresa construtora	10	31,3%	10	26,3%
Média empresa construtora	3	9,4%	1	2,6%
Grande empresa construtora	1	3,1%	0	0,0%

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

Em relação à atuação das empresas, o Quadro 5 evidencia que grande parte de suas atividades não ultrapassam sequer as fronteiras de seus

respectivos estados, já que 87,5% das empresas potiguaras e 78,9% das paraibanas possuem atuação classificada como local. Ao todo, 21,1% das paraibanas exercem também funções em outros estados nordestinos, o dobro de empresas potiguaras que fazem o mesmo.

Quadro 5 – Local de atuação das empresas

Atuação	RN		PB	
	Ocorrência	%	Ocorrência	%
Local (estadual)	28	87,5%	30	78,9%
Regional (estados do Nordeste)	4	12,5%	8	21,1%
Nacional (mais de 10 estados)	0	0,0%	0	0,0%
Internacional (atuação nacional e em outros países)	0	0,0%	0	0,0%
Global (atuação em mais de 10 países)	0	0,0%	0	0,0%

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

O Quadro 6 apresenta o faturamento anual das empresas declarado pelos respondentes. O fato de em torno de 60%, nos dois estados, o capital não chegar a ser 1 milhão de reais, juntamente com 40% das empresas que afirmaram ganhar de 1 a 100 milhões, confere com o caso de serem micro ou pequenas empresas de atuação apenas local. Apenas uma empresa do RN e uma da PB alegaram receber mais de 1 bilhão de reais por ano.

Quadro 6 – Faturamento anual das empresas

Faturamento Anual	RN		PB	
	Ocorrência	%	Ocorrência	%
Menos de 1 milhão	19	59,4%	23	60,5%
1 a 100 milhões	12	37,5%	15	39,5%
100 milhões a 1 bilhão	0	0,0%	0	0,0%
Mais de 1 bilhão	1	3,1%	1	2,6%

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

A contração nos gastos públicos, aliada à crise do setor imobiliário, fez a construção civil encolher drasticamente. Segundo dados do IBGE, desde o início

da recessão, no segundo trimestre de 2014, a atividade encolheu 21%. Visando identificar o quanto as empresas foram afetadas pela crise econômica nacional, foram inseridas perguntas no questionário indagando quantos empreendimentos estavam em andamento ou em desenvolvimento nos períodos anterior e posterior a essa adversidade. Os Quadros 7 e 8 apresentam esses resultados, respectivamente.

Quadro 7 – Empreend. em desenvolvimento antes da recessão econômica

Empreendimentos	RN		PB	
	Ocorrência	%	Ocorrência	%
Nenhum	3	9,4%	5	13,2%
1 a 5	18	56,3%	10	26,3%
6 a 10	4	12,5%	11	28,9%
10 a 15	2	6,3%	5	13,2%
Mais de 15	2	6,3%	2	5,3%
A empresa não trabalha diretamente com construção	3	9,4%	5	13,2%

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

Quadro 8 – Empreend. iniciados após o início da recessão econômica

Empreendimentos	RN		PB	
	Ocorrência	%	Ocorrência	%
Nenhum	7	21,9%	4	11%
1 a 5	14	43,8%	26	68%
6 a 10	3	9,4%	3	8%
10 a 15	2	6,3%	0	0%
Mais de 15	2	6,3%	0	0%
A empresa não trabalha diretamente com construção	4	12,5%	5	13%

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

De modo geral, nota-se que após o início do período de recessão econômica o número de construções diminuiu consideravelmente. Enquanto que antes disso, na Paraíba 47,5% das empresas tinham no mínimo 6 empreendimentos em desenvolvimento, somente 8% destas conseguiram começar novos empreendimentos desde essa data. No entanto, boa parte

conseguiu se manter no mercado com 1 a 5 empreendimentos, que deixou de representar 26,3% para ser 68%.

No Rio Grande do Norte, as empresas que tinham pelo menos 6 empreendimentos eram 25,1%, valor que caiu apenas para 22% após a crise. Porém, as empresas que não tinham nenhum empreendimento em andamento passaram de 9,4% para 21,9%. Também houve uma grande queda neste estado para as que iniciarem entre 1 a 5 construções, que era de 56,3% e passou para 43,8%. Uma empresa assinalou que não trabalha diretamente com construção apenas após o período de recessão, o que pode ser entendido como esta ter mudado o seu viés profissional ou simplesmente o respondente ter marcado a opção errada.

O Quadro 9 apresenta o nível de prejuízo às empresas ocasionado pela crise, conforme a opinião dos respondentes. A intensidade foi medida de 0, a 3, em que 0 significa que não houve prejuízo, 1 que a empresa foi pouco prejudicada, 2 que foi moderadamente prejudicada, e 3 que a empresa foi bastante afetada. Apenas uma empresa do RN alegou não ter tido nenhum problema com a crise econômica. 84,4% do RN e 81,5% da PB atribuíram graus acima de 2 para essa resposta, denotando as empresas foram, no mínimo, relativamente afetadas.

Quadro 9 – Intensidade de prejuízo ocasionado pela crise

Intensidade de prejuízo	RN		PB	
	Ocorrência	%	Ocorrência	%
0	1	3,1%	0	0,0%
1	4	12,5%	7	18,4%
2	15	46,9%	17	44,7%
3	12	37,5%	14	36,8%

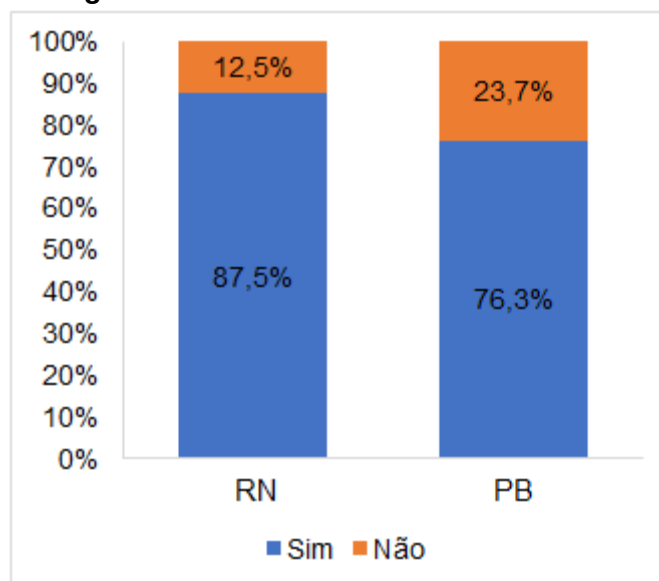
Fonte: Elaborado pela autora (2018).

5.4 Conhecimento sobre o BIM

Ao finalizar a caracterização do perfil dos profissionais e das empresas, o questionário adentrou no BIM. Primeiramente, foi perguntado a familiaridade do respondente com o termo. Apesar de já ser consideravelmente discutido nos dias

atuais, algumas pessoas alegaram não conhecer o BIM, conforme é apresentado na Figura 21.

Figura 21 – Familiaridade com o termo BIM



Fonte: Elaborado pela autora (2018)

Para os 12,5% do RN (4 pessoas) e os 23,7% da PB (9 pessoas) que responderam dessa maneira, o questionário automaticamente exibiu uma explicação clara, inclusive apontando softwares com a metodologia BIM, pois pode acontecer das pessoas os conhecerem e até usarem, mas não saberem que são BIM. Após a explicação, todos afirmaram ter entendido.

5.5 Utilização do BIM

Após a seção de entendimento sobre o termo, tentou-se investigar o posicionamento pessoal dos profissionais em relação ao BIM. Foi feita uma pergunta de múltipla escolha com as seguintes possibilidades de resposta:

- Não o utilizo atualmente e não utilizarei num futuro próximo (5 anos);
- Não o utilizo atualmente, mas certamente utilizarei num futuro próximo (5 anos);
- Utilizo atualmente e continuarei da mesma maneira;
- Utilizo atualmente e intensificarei sua utilização num futuro próximo (5 anos).

Os resultados desse questionamento são exibidos no Quadro 10. As empresas do Rio Grande do Norte, que se destacaram ligeiramente em relação à Paraíba na pergunta de familiaridade com o termo, 19 pessoas também mostraram ter mais pretensão de utilização do BIM (67,9%) e aprimoramento em

futuro próximo (46,4%). O Rio Grande do Norte apresenta ainda resultados mais positivos que o Distrito Federal, com 36% em relação à utilização do BIM.

Quadro 10 – Posicionamento pessoal em relação ao BIM (familiarizados)

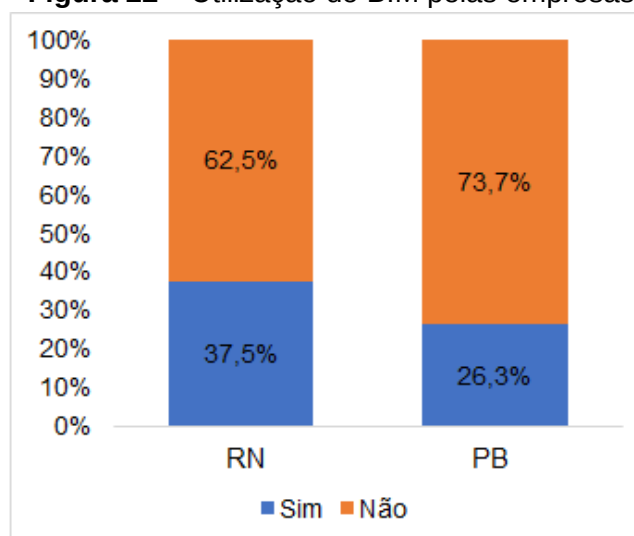
Posicionamento	RN		PB	
	Ocorrência	%	Ocorrência	%
Não o utilizo atualmente e não utilizarei num futuro próximo.	0	0,0%	11	28,9%
Não utilizo atualmente, mas certamente utilizarei num futuro próximo.	19	67,9%	17	44,7%
Utilizo atualmente e continuarei da mesma maneira.	0	0,0%	0	0,0%
Utilizo atualmente e intensificarei sua utilização nos próximos anos.	13	46,4%	10	26,3%

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

Na Paraíba, impressionantemente 37,9% (11 pessoas) afirmaram que além de não fazerem uso atual, não possuem nenhuma pretensão de utilizar num futuro próximo de 5 anos. No entanto, 44,7% (17 pessoas) têm essa intenção e 26,3% (10 pessoas) pretendem intensificar.

Em relação às empresas, buscou-se saber quais utilizam o BIM em suas atividades, para compreender o nível de implantação nos estados. Esses dados, que são apresentados na Figura 22, evidenciam que a resposta ainda é negativa para a maior parte das empresas. 20 das 32 do RN, representando 62,5%, não utilizam o BIM em suas atividades. Já na Paraíba, 28 das 38, representando 73,7%, também se enquadram nisso.

Figura 22 – Utilização do BIM pelas empresas

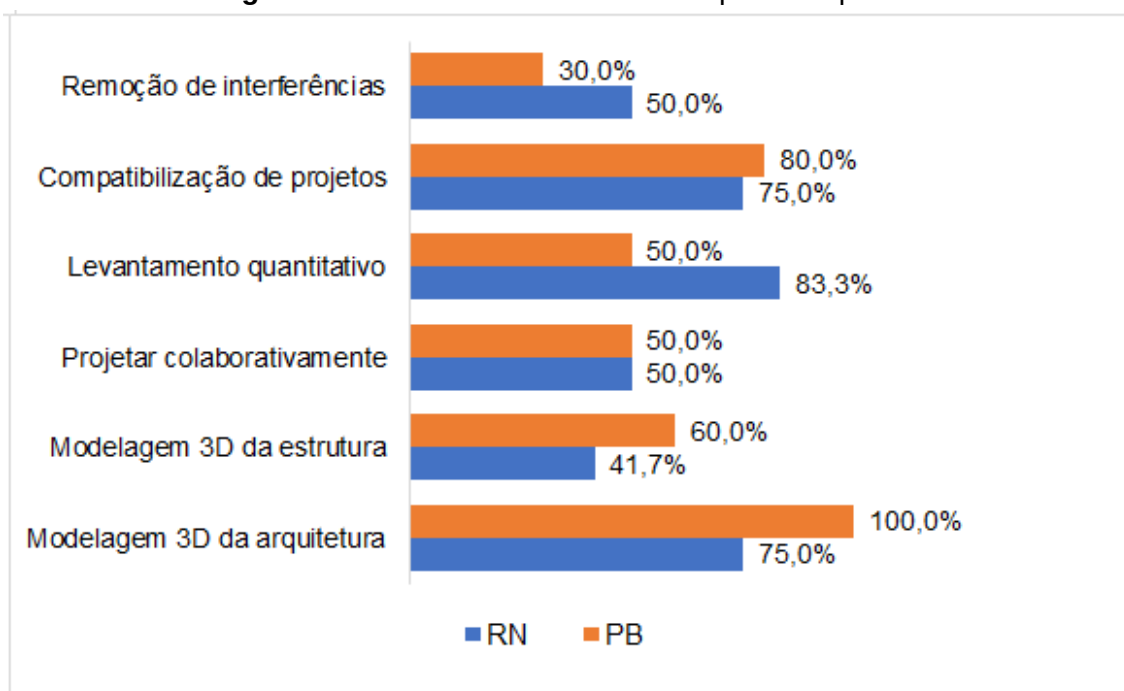


Fonte: Elaborado pela autora (2018)

O questionário exibiu as três perguntas seguintes especificamente para os que responderam positivamente na questão anterior. A primeira foi feita objetivando saber a finalidade de uso do BIM na empresa, com uma questão de múltipla escolha e possibilidade de marcar várias alternativas entre as nove sugeridas e inserção de uma categoria diferente. As opções “Modelagem 4D” (mescla com planejamento), “modelagem 5D” (mescla com orçamento) e “modelagem 6D” (mescla com sustentabilidade) não receberam qualquer resposta.

Os resultados da Figura 23 evidenciam que “modelagem 3D da arquitetura” e “compatibilização de projetos” são os principais usos na Paraíba. No Rio Grande do Norte, se destaca “levantamento quantitativo”, seguido dos usos mais presentes na PB, “modelagem 3D da arquitetura” e “compatibilização de projetos”.

Figura 23 – Finalidade de uso do BIM pelas empresas



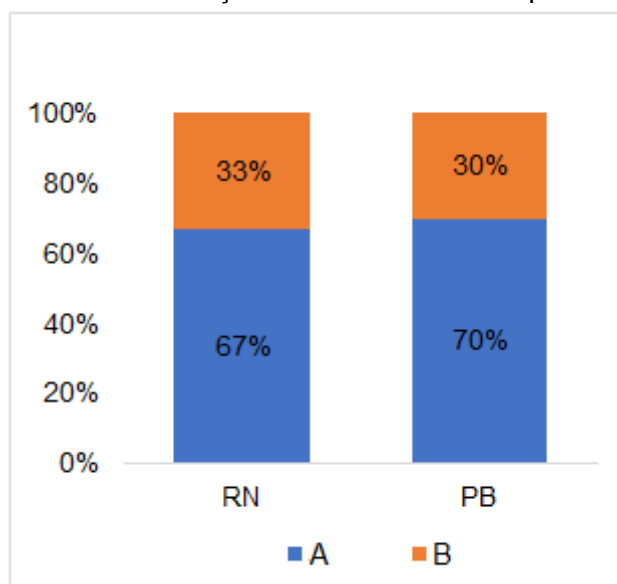
Fonte: Elaborado pela autora (2018)

Uma outra questão para os que já utilizam BIM pede para que seja escolhida a afirmação que melhor se aproxima da sua realidade, ou seja, que melhor define a maneira que as atividades são realizadas. Foram dadas as seguintes alternativas:

- A: Todas as atividades relativas ao BIM são internas. Todos os envolvidos são funcionários da própria organização.
- B: Parte dos serviços é executado por empresas terceirizadas (arquitetura e projeto de instalações, por exemplo), mas o controle e gestão dos processos envolvendo o BIM é de responsabilidade da própria organização.
- C: Parte dos serviços é executado por empresas terceirizadas (arquitetura e projeto de instalações, por exemplo). O controle e gestão dos processos envolvendo o BIM é de responsabilidade de uma consultora/especialista externa, cujas atribuições incluem a conversão dos projetos de CAD para BIM. A análise gerencial segue sob responsabilidade da Organização.
- D: Todos os processos do BIM são terceirizados, a organização apenas usufrui dos resultados do BIM.

Pelos resultados apresentados na Figura 24, as únicas alternativas marcadas foram A e B. Todas as atividades BIM são feitas dentro da própria organização em cerca de 70% das empresas nos dois estados.

Figura 24 – Caracterização das atividades BIM pelas empresas

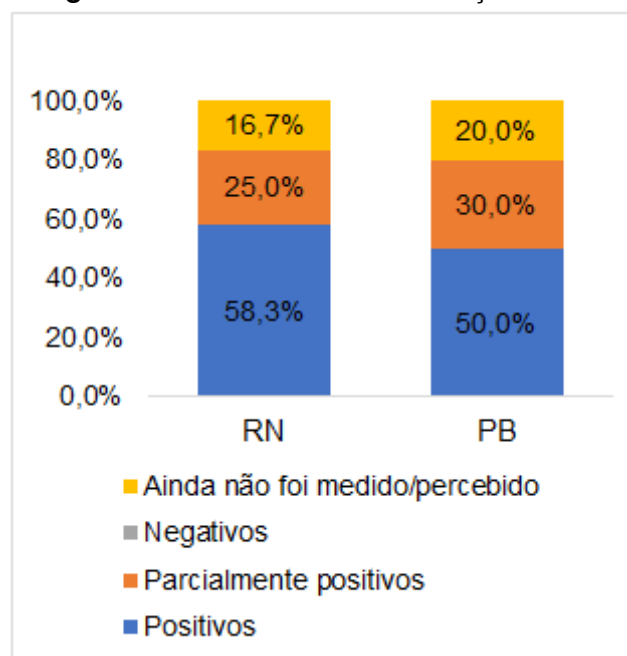


Fonte: Elaborado pela autora (2018)

Ainda apenas para os que já utilizam o BIM, foi questionado a respeito dos resultados obtidos com a sua implementação. Majoritariamente as empresas consideraram como sendo bons e nenhum negativo. No Rio Grande do Norte,

16,7% (2 empresas) ainda não percebeu ou fez a medição, juntamente com 20% na Paraíba (2 empresas). 83,3% no RN (10 empresas) e 80% (8 empresas) na PB consideram parcialmente ou totalmente positivos. Os resultados estão apresentados na Figura 25.

Figura 25 – Resultados da utilização do BIM



Fonte: Elaborado pela autora (2018)

5.6 Dificuldades

Foi elaborado uma série de perguntas a respeito das dificuldades enfrentadas ao adotar o BIM, para os que já o fizeram, ou os motivos que impedem que seja feita essa mudança processual, para os que não fizeram ainda. Procurou-se listar 9 tópicos considerados na literatura como barreiras, com opção de responder 0 a 3, indicando nenhuma (0), pouca (1), muita (2) e máxima (3) relevância. Os resultados de escolha em ambos os estados estão apresentados no Quadro 11. Para os dois estados, o aspecto mais crítico se refere ao fato de projetistas externos não fazerem uso do BIM. Para este, a opção 3 foi selecionada por 50% no RN e 60,5% na PB.

No Rio Grande do Norte, somando os valores de muita e máxima relevância, os fatores que foram tidos como mais graves são, em ordem decrescente, o valor das licenças dos softwares (81,3%), projetistas externos com quem a empresa trabalha não utilizam BIM (81,3%), falta de mão de obra interna especializada (78,2%), falta de conhecimento ou pouca importância dada

ao BIM pelos líderes da organização (65,6%) e custo da infraestrutura de informática necessária (62,5%).

Na Paraíba, os pontos considerados mais críticos foram semelhantes aos do RN, com exceção da falta de conhecimento ou pouca importância dada ao BIM pelos líderes da organização. Com exceção disso, se destacou o valor das licenças dos softwares (89,4%), projetistas externos com quem a empresa trabalha não utilizam BIM (86,8%), falta de mão de obra interna especializada (71%) e custo da infraestrutura de informática necessária (63,1%).

Quadro 11 – Dificuldades ou impedimentos para a utilização do BIM

Dificuldades	RN				PB			
	0	1	2	3	0	1	2	3
Desconhecimento/ falta de informação sobre o BIM.	12,5%	25,0%	37,5%	25,0%	18,4%	42,1%	28,9%	10,5%
Falta de conhecimento ou pouca importância dada ao BIM pelos líderes da organização.	15,6%	18,8%	37,5%	28,1%	21,1%	36,8%	39,5%	2,6%
Falta de mão de obra interna especializada.	9,4%	12,5%	34,4%	43,8%	5,3%	23,7%	34,2%	36,8%
Complexidade do software.	25,0%	31,3%	34,4%	9,4%	18,4%	28,9%	39,5%	10,5%
Valor das licenças dos softwares.	12,5%	6,3%	34,4%	46,9%	5,3%	5,3%	36,8%	52,6%
Custo da infraestrutura de informática necessária.	18,8%	18,8%	34,4%	28,1%	7,9%	28,9%	44,7%	18,4%
O BIM ainda não é importante/demandado para o mercado.	18,8%	34,4%	21,9%	25,0%	23,7%	31,6%	26,3%	18,4%
Projetistas externos com quem a empresa trabalha não utilizam BIM.	9,4%	9,4%	31,3%	50,0%	7,9%	5,3%	26,3%	60,5%
Dificuldade de coordenação das diversas frentes de projeto e etapas envolvidas.	25,0%	15,6%	31,3%	28,1%	26,3%	39,5%	26,3%	7,9%

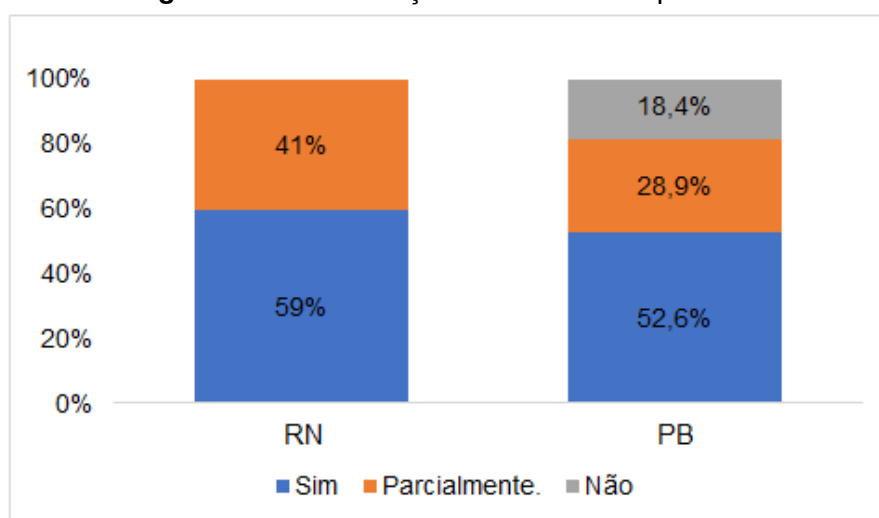
Fonte: Elaborado pela autora (2018).

5.7 Futuro do BIM

A última seção de perguntas do questionário abordou as perspectivas dos respondentes a respeito do futuro do BIM. Inicialmente, foi indagado se estes

acreditam que o CAD será substituído pelo BIM. Conforme mostra a Figura 26, 19 pessoas do RN, o que equivale a 59% das empresas do estado, juntamente com 20 pessoas da PB, representando 52,6% da região, esperam que haja a substituição total de um processo pelo outro. 41% do RN (13 pessoas) e 28,9% (11 pessoas) pensam que será apenas uma substituição parcial, pois o BIM sempre contará com o apoio de projetos em 2D. Somente na Paraíba há a expectativa de não haver a mudança, por 18,4% (7 pessoas).

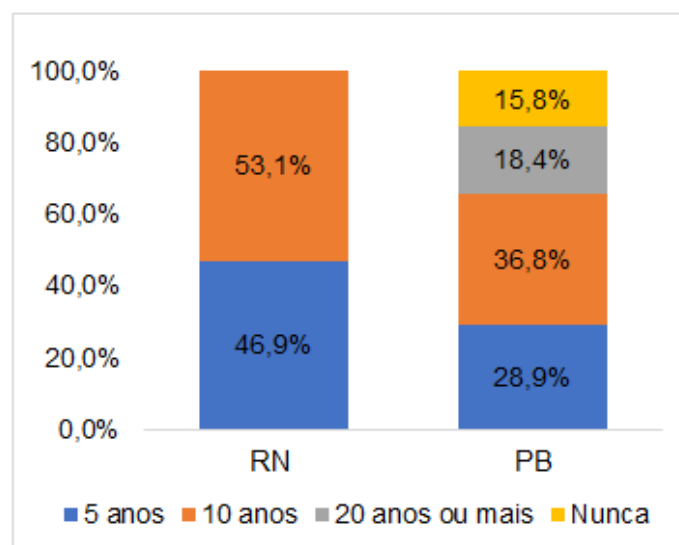
Figura 26 – Substituição futura do CAD pelo BIM



Fonte: Elaborado pela autora (2018)

Além disso, perguntou-se o período aproximado para a possível padronização do BIM e sua maior facilidade de comercialização no mercado. A Figura 27 mostra as repostas obtidas.

Figura 27 – Expectativa do BIM se tornar padrão no mercado



Fonte: Elaborado pela autora (2018)

Enquanto que na PB 15,8% acreditam que o BIM nunca vai se tornar padrão no mercado, o estado do RN destacou-se em evidenciar período máximo de 10 anos. Isso pode revelar tendências mais favoráveis à utilização de BIM nessa região e maior comprometimento de tais empresas a seguir fluxos de demanda a nível nacional e internacional.

5.8 Manifestação livre

Finalizando o questionário, foi facultado aos respondentes comentarem algo que achassem relevante para a discussão do BIM. Não foi feito nenhum comentário pelos paraibanos, mas dez pessoas do RN se manifestaram sobre o assunto.

Um profissional relatou que estuda e usa o BIM desde a faculdade, tendo sido inclusive bolsista em um programa de implantação do BIM na Superintendência de Infraestrutura da UFRN e monitor na disciplina de BIM também na UFRN (2010-2012). No entanto, quando se formou efetivamente sentiu muita dificuldade, principalmente porque nenhum dos projetistas de instalações e estruturas com quem trabalhava utilizam ou sequer conhecem o BIM. Em suas experiências profissionais, o mesmo desenvolveu o projeto arquitetônico em BIM, e em seguida foi necessário exportar para o CAD para o desenvolvimento dos projetos complementares, tornando o processo de projeto consideravelmente mais trabalhoso.

Um segundo profissional relatou a frustração semelhante, de que muitas empresas do estado já utilizam a plataforma BIM, mas terminam regredindo ao ter que exportar em CAD para colaborar com outro profissional ou empresa responsável pela continuidade do projeto.

Muitos comentários chamaram atenção para a necessidade de conscientização sobre a importância do BIM, através da abertura de mais cursos e treinamentos que possam capacitar os profissionais, além de palestras que abordem o tema.

Foi citado também que os órgãos públicos deveriam dar preferência aos projetos feitos em plataforma BIM, devido à sua transparência e redução de erros, resultando em mais confiabilidade na construção. Para uma outra pessoa, o incentivo do Governo Federal, através da Estratégia de Disseminação do BIM

já está influenciando no mercado, pois os profissionais já se mostram mais curiosos e dispostos a enfrentarem a mudança processual exigida.

5.9 Considerações Finais

Neste capítulo foi possível compreender o panorama da utilização do BIM pelas empresas atuantes nos estados do Rio Grande do Norte e da Paraíba, vinculadas ao Sinduscon. Isso foi feito através da aplicação de um questionário para empresas do setor da construção civil, na qual foram obtidas taxas de respostas de 31,68% e 22,62% para o RN e a PB, respectivamente.

Apesar das empresas potiguares apresentarem maior avanço em relação ao uso do BIM que as paraibanas, é notável que o uso do BIM ainda não é majoritário em nenhum destes estados, mas já se tem empresas e profissionais trabalhando com a tecnologia, mesmo que internamente, sem colaboração externa e apenas para usos mais comuns, se enquadrando em um estágio inicial de adoção. Em relação aos que não o fazem uso do BIM, foi observado que boa parte possui consciência da importância do BIM e almeja implementá-la em um futuro próximo. Estas informações são importantes para definir estratégias de disseminação do BIM nestas cidades.

CAPÍTULO 6

Desenvolvimento da Pesquisa

Este capítulo inicia-se com as caracterizações da empresa e obra objeto do estudo, bem como o diagnóstico do processo de planejamento existente na obra. Na sequência é discorrido sobre o processo de planejamento 4D realizado durante o acompanhamento da obra, enquanto o método ia sendo elaborado e testado no presente estudo.

6.1 Caracterização da empresa

O presente estudo foi realizado em uma construtora de pequeno porte, de acordo com o critério adotado pelo Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE), no qual empresas com até 19 funcionários são consideradas de micro porte, de 20 a 99 funcionários são de pequeno porte, de 100 a 499 são de médio porte e acima de 500 funcionários são consideradas empresas de grande porte.

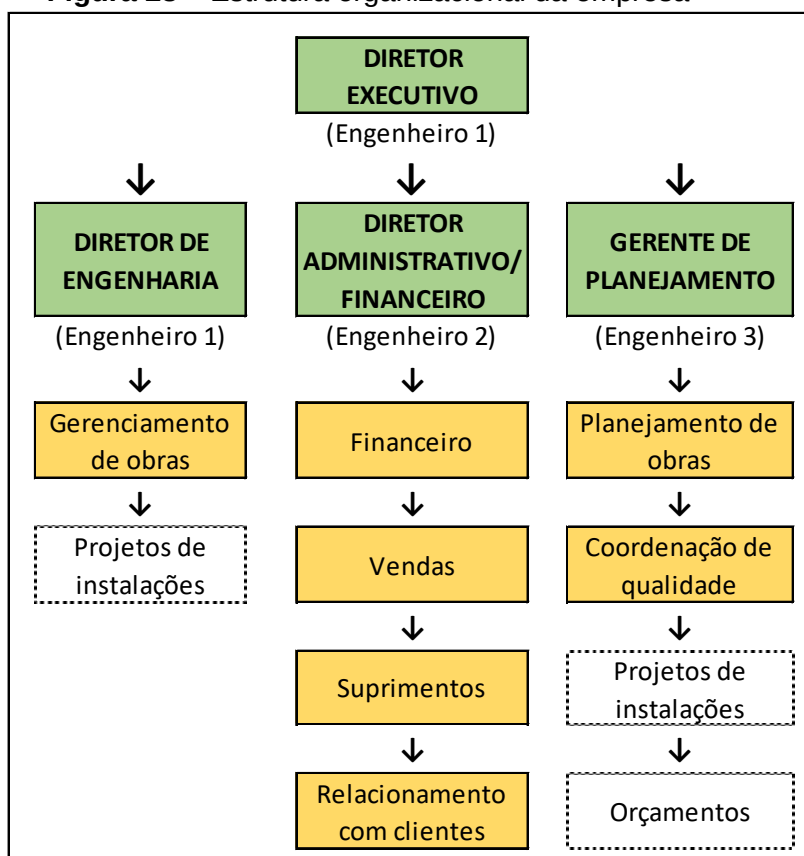
A obra adequada para se propor o planejamento 4D para a pesquisa é uma de duração relativamente curta, em que se possa acompanhar do início ao fim. Devido ao período de recessão econômica nacional que ocorre desde 2014, poucas obras estão em desenvolvimento nas duas cidades deste estudo, o que dificultou o processo de seleção da empresa. Portanto, a seleção da empresa participante baseou-se na disposição da diretoria em colaborar, juntamente com o seu interesse em tecnologias inovadoras na construção e no fato da obra em questão se adequar às preferências da pesquisadora.

A empresa está sediada na cidade de João Pessoa – PB e atua no mercado da construção civil desde 2010, onde iniciou suas atividades na área de gerenciamento de obras de médio e grande porte. Desde então, ela tem se consolidado e se tornado referência como uma das empresas mais completas no ramo da gestão de obras, oferecendo serviços de qualidade em toda região da capital paraibana.

Poucos anos depois, passou também a prestar consultoria em orçamento e planejamento, além de desenvolver projetos de instalações prediais. Apenas em 2017 começou a de fato construir edifícios residenciais e tem feito isso em parceria com outras pequenas empresas. Já foram construídos 2.040 metros quadrados, distribuídos em três edifícios residências de quatro pavimentos cada.

Esta conta com um quadro técnico gerencial bastante reduzido, composta por três engenheiros civis, os quais estão divididos em funções de diretor executivo e diretor de engenharia (funções acumuladas pela mesma pessoa), diretor administrativo e financeiro, e gerente de planejamento. A estrutura organizacional da empresa é ilustrada na Figura 28.

Figura 28 – Estrutura organizacional da empresa



Fonte: Elaborado pela autora (2018)

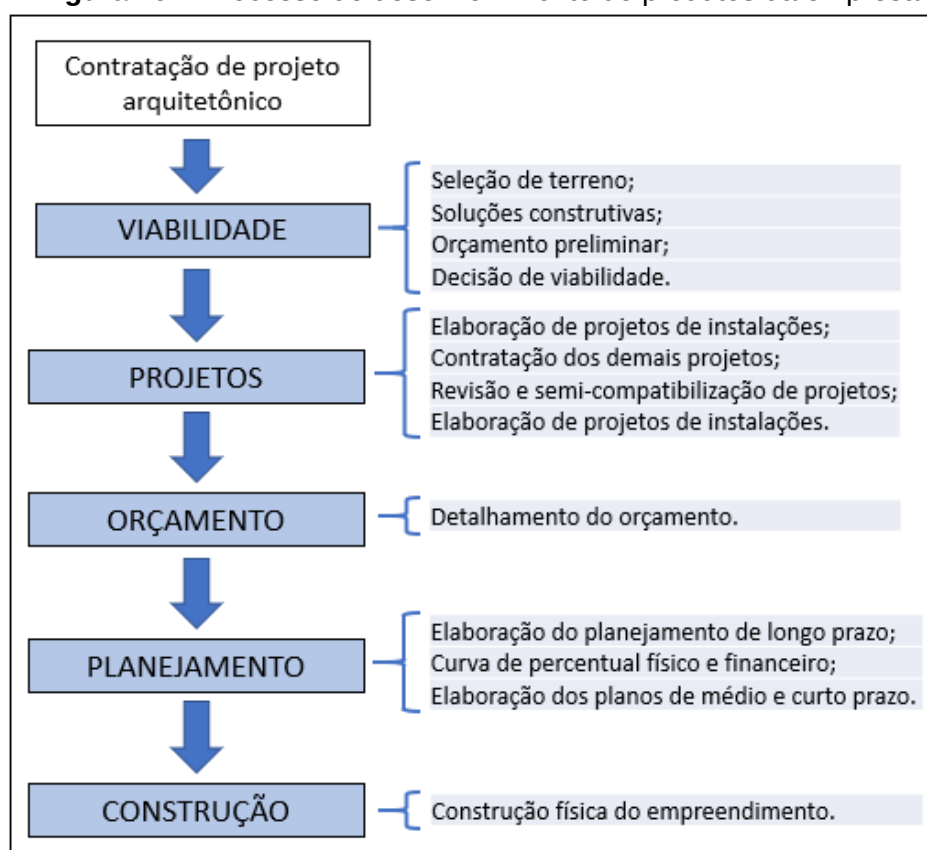
O diretor de engenharia, além de ser o diretor presidente da construtora, é o responsável direto pelo gerenciamento de obras e em empreendimentos anteriores, fez parte do processo de projetos de instalações. O diretor administrativo/financeiro está encarregado dos setores financeiro, de vendas, suprimentos (almoxarifado, compras e transportes) e pelo relacionamento com os clientes. O gerente de planejamento é incumbido do planejamento de obras e coordenação de qualidade.

Normalmente este também atua fazendo os projetos de instalações e orçamentários das obras, porém, para a que está em andamento nesse momento, essas atividades foram realizadas por terceirizados.

6.2 Processo de desenvolvimento de produtos na empresa

Após o início das atividades na empresa, foi feito o diagnóstico do seu processo de planejamento. Primeiramente, foi realizada uma reunião com o diretor de engenharia, que é quem está responsável pelo gerenciamento de obras da empresa. O intuito desta etapa foi identificar como se dá o processo de desenvolvimento de produto da empresa, o qual está dividido em cinco fases, ilustradas na Figura 29.

Figura 29 – Processo de desenvolvimento de produtos da empresa



Fonte: Elaborado pela autora (2018)

- **Viabilidade:**

Após contratar o projeto arquitetônico, através do estudo de viabilidade a empresa realiza um processo de seleção e triagem de possíveis terrenos para o desenvolvimento do projeto, considerando fatores como o zoneamento urbano, restrições geotécnicas da área e limitações legais. Além disso, são formuladas diretrizes da solução construtiva que melhor atenda o projeto arquitetônico,

considerando os materiais e técnicas construtivas que serão utilizados na obra, além dos valores de contratação de funcionários. Assim, é definido o orçamento prévio do custo de construção. Ao avaliar o fluxo de caixa disponível na empresa, os custos de construção do imóvel e as possibilidades de venda, é decidido entre os três diretores engenheiros se é viável construir tal empreendimento.

a) Projetos:

Em seguida, a partir do projeto arquitetônico, são feitos na própria empresa os projetos de instalações, enquanto que os demais são terceirizados. Essa etapa não necessariamente termina antes de iniciar a construção, pois os projetos são revisados e modificados, além de ainda passarem pelo licenciamento na Prefeitura. Por fim, é feita uma reunião de semi-compatibilização de projetos, afim de detectarem apenas interferências graves entre a estrutura e arquitetura, e que sejam mais difíceis de serem resolvidas durante a fase de obra. Essa reunião é feita apenas entre o diretor de engenharia e o gerente de planejamento, sendo este último, o responsável por fazer as modificações nos projetos, quando necessário.

b) Orçamento:

A terceira etapa, na qual o gerente de planejamento também se responsabiliza, é a elaboração acurada do orçamento do empreendimento. A partir do orçamento prévio feito no estudo de viabilidade, é feito o orçamento parametrizado de insumos à materiais, equipamentos e mão de obra e as planilhas orçamentárias são passadas para o diretor administrativo-financeiro.

c) Planejamento:

Na etapa de planejamento, o gerente de planejamento elabora o plano de longo prazo do empreendimento baseado no prazo estabelecido em contrato. O plano é feito no *software Microsoft Project*. Também determina a curva de percentual físico e financeiro da obra. Os planos de médio e curto prazo são elaborados pelo diretor de engenharia durante a fase de construção da edificação.

d) Construção:

Nesta etapa, é feito o acompanhamento da obra, que será descrito no tópico 6.4. Após a conclusão, o empreendimento é entregue ao cliente contratante.

6.3 Caracterização do empreendimento

O estudo de caracterização do empreendimento realizou-se durante o mês de julho de 2018, em paralelo com a etapa de caracterização da empresa e o diagnóstico de planejamento da obra. Está situado no bairro de Pedro Gondim, com o intuito de atender uma demanda de pessoas que trabalham na região e valorizam a mobilidade e fácil acesso, pois este é um local estratégico da cidade de João Pessoa/PB, a poucos minutos das duas Avenidas mais importantes da cidade. A previsão de entrega da obra é em maio de 2019.

Trata-se de uma edificação multifamiliar, direcionada para as classes B2 a C2 da população, de acordo com o Critério de Classificação Econômica no Brasil. A divisão da população em classes socioeconômicas é baseada no Critério de Classificação Econômica Brasil, levantamento realizado pela Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa (ABEP).

Essa categorização surgiu em 1997, tendo sido atualizada em 2015, para medir o poder aquisitivo das pessoas, através da avaliação dos bens da família, do grau de escolaridade do chefe da casa e do acesso a serviços públicos (água encanada e rua pavimentada). De acordo com a ABEP (2016), os principais bens avaliados são quantidade de banheiros na casa, automóveis, microcomputador, lava-louças, secadora de roupas, micro-ondas, televisões, rádios, DVD's, geladeiras, freezers, videocassetes ou DVDs, máquina de lavar e empregada mensalista. Cada item desse tem um peso diferente, conforme mostra os Quadros 12, 13 e 14.

Quadro 12 – Sistema de pontos para os bens materiais

	Quantidade				
	0	1	2	3	4 ou +
Banheiros	0	3	7	10	14
Empregados domésticos	0	3	7	10	13
Automóveis	0	3	5	8	11
Microcomputador	0	3	6	8	11
Lava louca	0	3	6	6	6
Geladeira	0	2	3	5	5
Freezer	0	2	4	6	6
Lava roupa	0	2	4	6	6
DVD	0	1	3	4	6
Micro-ondas	0	2	4	4	4
Motocicleta	0	1	3	3	3
Secadora roupa	0	2	2	2	2

Fonte: ABEP (2016).

Quadro 13 – Sistema de pontos para o acesso a serviços públicos

Serviços públicos		
	Não	Sim
Água encanada	0	4
Rua pavimentada	0	2

Fonte: ABEP (2016).

Quadro 14 – Sistema de pontos para o grau de instrução do chefe de família

Escolaridade da pessoa de referência	
Analfabeto / Fundamental I incompleto	0
Fundamental I completo / Fundamental II incompleto	1
Fundamental II completo / Médio incompleto	2
Médio completo / Superior incompleto	4
Superior completo	7

Fonte: ABEP (2016).

O Quadro 15 mostra as estimativas de renda domiciliar mensal para os estratos socioeconômicos. Os valores representam aproximações dos que podem ser obtidos em amostras de pesquisas de mercado, média e opinião.

Quadro 15 – Renda domiciliar mensal

Classe	Pontos	Renda Média Domiciliar
A	45 - 100	20.888
B1	38 - 44	9.254
B2	29 - 37	4.852
C1	23 - 28	2.705
C2	17 - 22	1.625
D-E	0 - 16	768

Fonte: ABEP (2016).

Portanto, o empreendimento se destina a famílias com renda mensal de R\$ 1.625,00 a R\$ 4.852,00. Possui área construída de 470 metros quadrados, três pavimentos e sete apartamentos, sendo um no térreo e três por pavimento tipo, conforme mostra as Figuras 30 e 31 de suas fachadas frontal e posterior, respectivamente.

Figura 30 – Fachada perspectiva frontal do empreendimento

Fonte: Disponibilizado pela empresa (2018)

Figura 31 – Fachada perspectiva posterior do empreendimento

Fonte: Disponibilizado pela empresa (2018)

Existem três modelos de apartamentos, que variam de 35 a 64 metros quadrados, com um ou dois quartos, sendo uma suíte em ambos os tipos, conforme distribuição do pavimento tipo apresentado na Figura 32. Todos os apartamentos possuem uma vaga de garagem por unidade, mas apenas os de dois quartos contam com varanda.

Figura 32 – Planta baixa perspectiva do pavimento tipo do empreendimento

Fonte: Disponibilizado pela empresa (2018)

6.4 Visão geral da obra

O início da etapa de construção se deu com a escavação para a fundação, no final de maio de 2018 e a previsão inicial de conclusão era para o mês de janeiro de 2019, totalizando oito meses de duração. O sistema construtivo utilizado se trata de uma laje de transição em concreto armado e sapatas, com os demais pavimentos em alvenaria estrutural.

O prédio ocupa praticamente todo o terreno, por isso foi optado por não dimensionar alguns espaços no canteiro de obras. Tirando as instalações sanitárias, que foi preparado na extremidade dianteira da obra, todos os outros espaços essenciais de um canteiro se localizaram em locais próximos ao terreno. O alojamento dos trabalhadores era em uma casa alugada a três ruas distante da obra, onde também eram feitas as refeições. O escritório era o mais próximo, localizado na mesma rua, a cerca de cinquenta metros desta. Não havia almoxarifado na obra por falta de espaço, porém alguns materiais menores ficavam em um pequeno galpão ao lado do escritório.

Na obra ficavam apenas os materiais que seriam utilizados nas atividades decorrentes, ou que pela quantidade não caberiam no almoxarifado, como cerâmicas, madeiras, sacos de cimento, areia, ferragens, etc. Estes ficavam distribuídos pelo canteiro, ocupando espaço considerável, dificultando a logística dos trabalhadores e dos próprios materiais, conforme mostra a Figura 33.

Figura 33 – Disposição dos materiais na obra



Fonte: Autora (2018)

Em teoria, a obra possui no seu quadro organizacional dois engenheiros civis (diretor de engenharia e gerente de planejamento), um mestre de obra e dois estagiários de engenharia. No entanto, o diretor de engenharia, que é o responsável direto pelo gerenciamento de obras, fez o acompanhamento diário presencialmente na obra até a concretagem da primeira laje. Depois disso, passou a fazer visitas rápidas semanais, com menor frequência a cada etapa da construção. Na fase de acabamento, chegou a se afastar da obra por mais de um mês para se dedicar a outros compromissos. Enquanto isso, o responsável técnico que se fazia presente diariamente era um dos estagiários de engenharia.

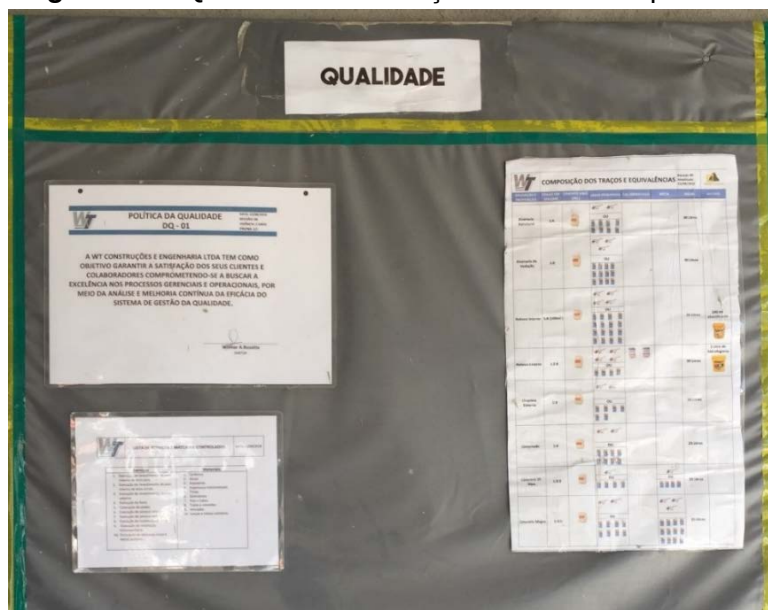
No início da obra, este estagiário estava no último período da graduação e é parente de dois dos diretores da empresa, tendo assim, confiança por parte do quadro técnico gerencial. Apesar disso, não possuía autoridade para tomar grandes decisões sozinho, sendo sempre necessário fazer ligações para os seus superiores, e algumas vezes aguardar a chegada de um deles na obra, problema este que atrasava as atividades. Como este teve papel importante no processo de modelagem 4D e tem função gerencial na obra, será mencionado como estagiário gerente para diferenciar do outro.

O número de operários variava frequentemente de acordo com as atividades que estavam sendo realizadas. Apenas dois pedreiros e dois serventes permaneceram durante toda a obra, enquanto que os demais assinaram contratos temporários ou eram terceirizados. O número máximo atingido de membros da equipe operária foi nas etapas de revestimento interno e externo, de quatro ajudantes e seis pedreiros, sendo que um destes tinha a função de mestre de obras.

Com base no conceito de transparência proposto pela *Lean Construction*¹ a empresa busca aumentar a eficiência de suas obras disponibilizando no

¹ *Lean Construction* ou Construção Enxuta é um termo estabelecido por Lauri Koskela (1992) para designar a aplicação na construção civil dos conceitos e princípios da *Lean Production* (Produção Enxuta), originada na indústria automobilística, através do Sistema Toyota de Produção. Esse sistema de produção aumentou a competitividade com a identificação e eliminação de perdas, que não se resumem a apenas a produtos defeituosos, mas também a qualquer ineficiência no uso de equipamentos, materiais, mão de obra e capital, que acarrete em maiores quantidades daquelas necessárias. A Construção Enxuta considera que a produção é composta de atividades de conversão, as quais agregam valor ao produto final, e de atividades que conversão, que não agregam valor ao produto final e resultam em perdas. Estas são atividades que ocorrem durante o processo construtivo, como transporte, espera e inspeção de materiais, pessoas, equipamentos e informações.

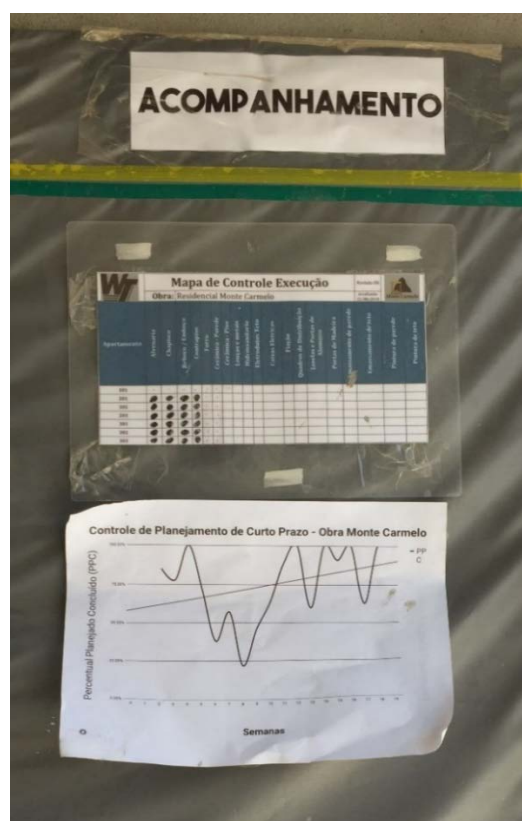
Figura 35 – Quadro de informações relativas à qualidade



Fonte: Autora (2018)

A seção de acompanhamento (Figura 36) possui o mapa de controle de execução de todos os serviços a serem executados, divididos por apartamento para uma melhor visualização da situação do empreendimento.

Figura 36 – Quadro de informações de acompanhamento da obra



Fonte: Autora (2018)

A outra folha anexada a esta seção diz respeito ao controle de planejamento de curto prazo, na qual é inserido o Percentual de Planos Concluídos (PPC). Este, que vem do Sistema *Last Planner*² (SLP), é um indicador de desempenho do Planejamento de Curto Prazo. É equivalente ao número de atividade planejadas concluídas, dividido pelo número total de atividades planejadas, expresso em percentual (KOSKELA, 1999). A atualização do indicador era responsabilidade de um estagiário, que o fazia a cada duas semanas.

No geral, a obra conseguia manter o PPC relativamente alto, chegando a ser 100% em algumas semanas. Porém, esse índice chegou a cair para menos de 25% nas primeiras semanas devido à baixa produtividade da mão de obra contratada para a carpintaria de fôrmas e ferragem de armaduras, o que afetou todo o cronograma de planejamento, além de ocorrência de chuvas intensas nos primeiros meses de construção. O índice também sofreu queda considerável na fase de alvenaria estrutural, pois a equipe teve dificuldade em entender o sistema.

O planejamento de longo prazo da obra é feito na ferramenta MS Project e mantido no escritório. A obra não faz uso de Linha de Balanço, ou outras técnicas além do Gráfico de Gantt gerado automaticamente no MS Project. No canteiro são fixados os planos de curto e médio prazo, apresentados na Figura 37. Diferentemente do outro, estes são elaborados no Microsoft Excel. Neste de médio prazo, são apresentadas as atividades que serão executadas ao longo das três semanas seguintes. Consta nele nomes das atividades, pessoas responsáveis por executar o serviço e os dias da semana previstos para a sua realização. Além disso, para cada tarefa, são apontados riscos de não conclusão do trabalho, como mão de obra insuficiente para terminar dentro do planejado, falta de material e fatores climáticos baseados na previsão meteorológica.

Quanto ao planejamento de curto prazo, este contém as mesmas informações do plano de médio prazo, só que é impresso com a programação da semana corrente e apresenta colunas para indicar se a atividade foi de fato

² O Sistema Last Planner, baseado em conceitos *Lean*, busca através de um rigoroso processo de planejamento assegurar que as atividades sejam entregues conforme o prazo, custo e qualidade. Esse sistema prevê um ambiente confiável de produção, estabelecido através da redução da variabilidade do fluxo de trabalho.

concluída. Caso não tenha sido, a folha possui uma outra coluna para ser descrito o motivo. Na sexta-feira à tarde, um estagiário faz a análise de todos os dias para calcular o PPC das atividades. Juntamente com as razões de atrasos, caso tenha acontecido, e listagem das lições aprendidas, é gerado um relatório e enviado para o gerente de planejamento.

Figura 37 – Planos de curto e médio prazo



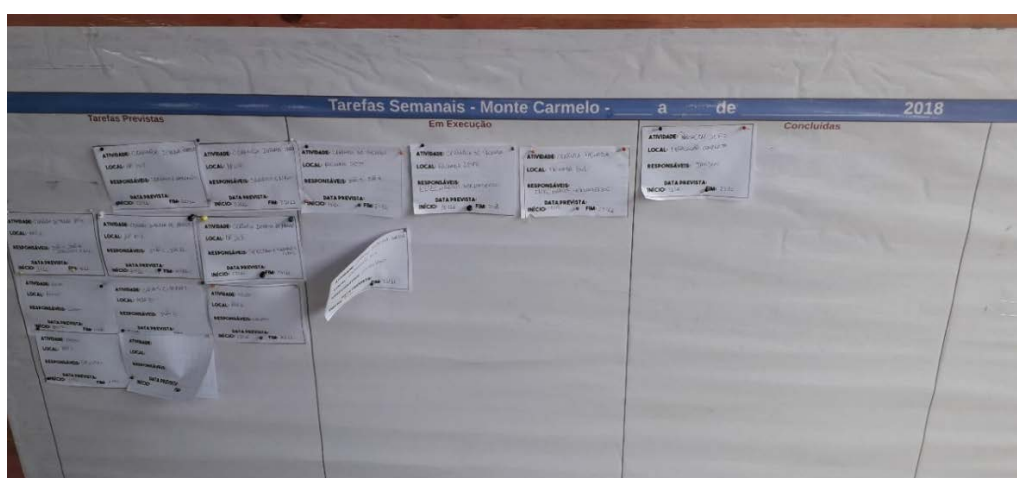
Fonte: Autora (2018)

Visando melhor a comunicação e identificação da programação semanal, o canteiro também dispõe de um *Kanban*³ as atividades listadas no planejamento de curto prazo. Consiste em um quadro disposto de colunas referentes às tarefas previstas, em andamento e concluídas e o seu funcionamento se dá por meio da fixação de post-its com informações das atividades, como local, responsáveis, datas de início e fim esperadas (Figura 38).

³ *Kanban* é uma palavra japonesa, que significa cartão ou sinal. Consiste em um dispositivo sinalizador, que visa aumentar a eficiência da produção e otimizar seus sistemas de movimentação, produção, realização de tarefas e conclusão de demandas. Também conhecido como método de gestão visual, o *Kanban* faz parte de uma das técnicas desenvolvidas no Sistema Toyota de Produção.

Além do gerenciamento visual apresentado até então, a empresa faz uso do ERP Sienge, software de gestão especializada na construção civil. ERP, é uma sigla em inglês que significa *Enterprise Resource Planning*, traduzido como Planejamento dos Recursos da Empresa. A ferramenta possui doze módulos para administrar todas as operações diárias de uma organização. A empresa do estudo faz uso apenas dos módulos de orçamento, controle de recursos humanos, administração de contratos, compra e estocagem de materiais, locação de equipamentos e relatório diário de obras.

Figura 38 – Kanban de tarefas



Fonte: Autora (2018)

6.5 Processo de planejamento 4D

Neste tópico será descrita a participação da pesquisadora na obra em questão, na qual a auxiliou a desenvolver o método para a implementação do planejamento 4D em empresas construtoras.

6.5.1 Criação do modelo federado

O Quadro 16 lista as ferramentas utilizadas no processo de modelagem do caso estudado. Estas permitiram a troca de informações em diferentes extensões de arquivos.

Quadro 16 – Ferramentas computacionais utilizadas

Item	Modelagem 3D da arquitetura	Modelagem 3D da fundação	Modelagem 4D	Planejamento do cronograma
Software	Revit Architecture	TQS	Navisworks Manage	MS Project
Empresa	Autodesk	TQS Informática Ltda.	Autodesk	Microsoft

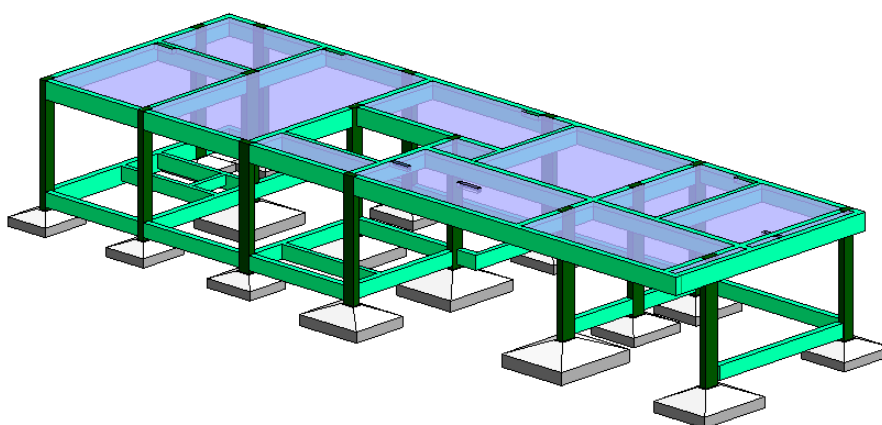
Versão	2018	20	2018	2016
Extensão	.rvt	.tqs	.nwf	.mpp

Fonte: Elaborado pela autora (2019)

Os arquivos de entrada de informação de planejamento foram obtidos de um arquivo da ferramenta MS Project disponibilizado pela empresa, enquanto que os arquivos referentes à arquitetura foram obtidos do AutoCAD 2D e modelados pela pesquisadora em 3D no software Autodesk Revit Architecture.

A modelagem 3D abrangeu a arquitetura do empreendimento, deixando de fora as instalações hidrossanitárias e elétricas por exigirem consideravelmente mais tempo e detalhamento. O escritório de cálculo estrutural responsável pelos projetos estruturais da empresa disponibilizou a modelagem 3D da fundação do edifício (LOD 300) (Figura 39). Os pavimentos tipo do edifício foram feitos em alvenaria estrutural.

Figura 39 – Modelagem 3D da fundação no TQS



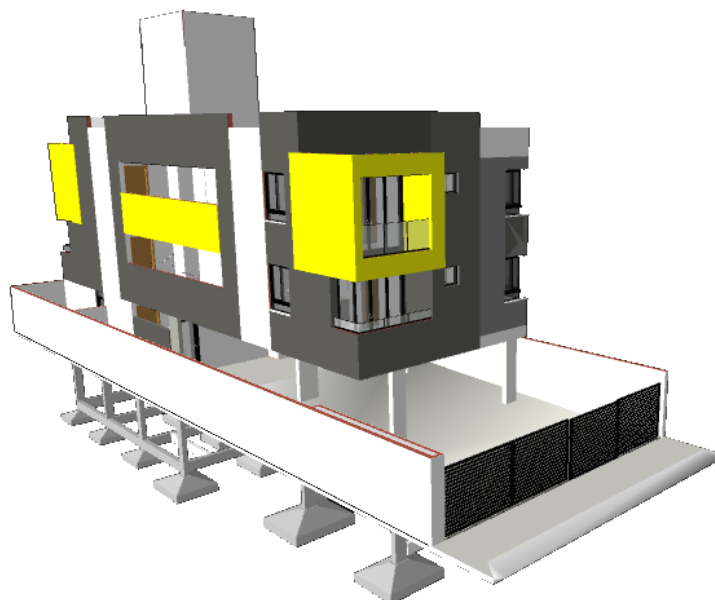
Fonte: Autora (2018)

A modelagem 3D da arquitetura do empreendimento foi feita pela pesquisadora, de acordo com os processos construtivos adotados pela empresa. Ou seja, todas as camadas de paredes e pisos foram modeladas, configurando o LOD 350. A modelagem BIM 4D foi realizada no software Autodesk Navisworks Manage, onde foi criado o modelo federado a partir da união da arquitetura com a estrutura, mostrado na Figura 40.

Em reunião com os responsáveis pelo gerenciamento da obra presentes, os quais eram o mestre de obras e o estagiário gerente, foram dadas explicações sobre o BIM 4D com o auxílio de slides no notebook, e mostrado o resultado modelagem 3D da obra em questão. Foi esclarecido o que poderia ser feito a

partir dele e discutido o que eles teriam interesse em realizar com o planejamento 4D.

Figura 40 – Modelo federado no Navisworks



Fonte: Autora (2018)

6.5.1 Treinamento do usuário do modelo 4D

Enquanto o modelo 4D era elaborado pela pesquisadora, esta propôs dar um treinamento de planejamento 4D no Navisworks ao estagiário com função gerencial, de maneira que o tornasse capaz de navegar no modelo e atualizar o cronograma de planejamento. Uma das fases da implementação do BIM 4D é o treinamento de software, após ter sido definido o modelador e o(s) usuário(s) do modelo. A pesquisadora representou o papel de modelador da empresa, enquanto que o estagiário gerente representou um possível usuário do modelo 4D, já que estava presente diariamente na obra.

No treinamento, realizado no escritório na mesma rua da obra, foi utilizado o próprio modelo elaborado para a obra do estudo empírico. Primeiramente foram ensinados os comandos básicos de navegação, visualização, seleção de objetos, animações e a utilização do realismo em terceira pessoa. Posteriormente, foi explicado e demonstrado o passo a passo da simulação da construção com base em um cronograma de planejamento elaborado para o treinamento. Não foi utilizado o real pois não seria adequado para um treinamento, devido à grande quantidade de informações e tarefas.

As etapas e sub-etapas da modelagem 4D no Navisworks foram organizadas em um arquivo PDF e entregue a ele para caso quisesse praticar em outros modelos e fixar melhor o processo. Quanto à modelagem 3D, ele informou ter conhecimentos básicos de Revit. Foi explicado por que é importante que o modelador 4D tenha bom conhecimento também de modelagem 3D e dos processos construtivos. Recomendou-se que o estagiário gerente fizesse um curso ou praticasse assistindo videoaulas, mas este alegou que não estava com tempo de fazer um treinamento avançado naquele momento devido ao final do curso da graduação. Diante disso, ele se limitou à modelagem 4D.

6.5.3 Modelagem 4D do empreendimento total

Inicialmente definiu-se um prazo para a elaboração da simulação da obra completa, acertando-se ainda, que o modelo seria cedido à empresa para o estagiário gerente manusear no decorrer da obra.

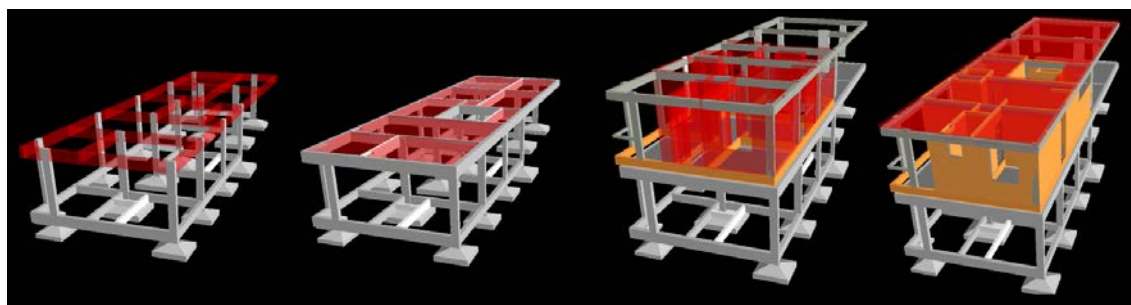
Tendo isso acordado, a pesquisadora deu início à modelagem 4D do empreendimento. Com os modelos 3D inseridos no Navisworks, o passo seguinte foi criar os conjuntos de seleção de objetos (*Selection Sets*) para serem vinculados às atividades do cronograma de planejamento e simular a construção da obra. Inicialmente, foram criados 82 conjuntos abrangendo todos os elementos construtivos. O cronograma de planejamento da obra tem um total de 371 linhas de atividades. Porém, além de nem todas estas se referirem a atividades de construção física, algumas são representadas pelo mesmo objeto. Foram feitos os ajustes necessários no cronograma para que este pudesse ser finalmente importado para o Navisworks. Todos esses passos são explicados com detalhes no Capítulo 7.

Após importar o cronograma, as tarefas foram vinculadas aos conjuntos de seleção criados e em seguida, foi feita a simulação da obra. A primeira observação feita foi referente às datas das atividades, que não correspondiam com a realidade. A obra já estava com mais de duas semanas de atraso devido à baixa produtividade da mão de obra contratada para a carpintaria de fôrmas e ferragem de armaduras da fundação, além de ocorrência de chuvas intensas, comuns na região ao se aproximar do fim do primeiro semestre. As datas foram atualizadas no MS Project e sincronizadas no Navisworks.

Logo em seguida, foi mostrado que ao fazer atualizações do cronograma, é possível não só acompanhar o avanço físico do empreendimento, como

também visualizar as atividades que já deveriam ter sido realizadas. Nas configurações de simulação, tem-se a opção de deixá-las em uma cor específica. Foi escolhido vermelho com 70% de transparência. A Figura 41 mostra que o término tardio nas vigas da fundação fez com que todas as atividades seguintes se atrasassem.

Figura 41 – Simulação com atividades atrasadas

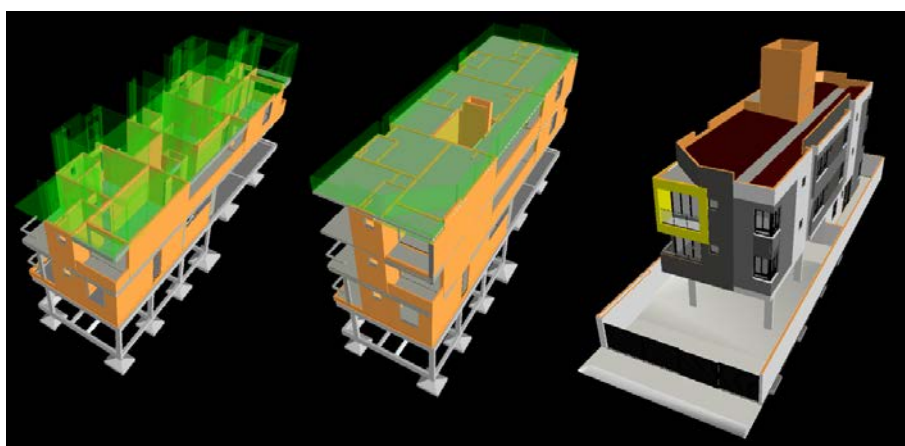


Fonte: Autora (2018)

Sabendo de situações como essa com antecedência, o usuário do modelo 4D pode realocar recursos ou contratar novos funcionários para reverter o atraso da obra. Na obra em questão, estava prevista a chegada de três novos funcionários na fase de alvenaria estrutural (apenas pavimentos tipos), por isso acreditava-se que aos poucos, o tempo perdido seria recuperado.

Ainda pela simulação, foram identificadas atividades com prazos equivocados. Por exemplo, na primeira imagem da Figura 42, a alvenaria estrutural inicia antes do término da laje do segundo pavimento. O mesmo aconteceu para o pavimento da cobertura, como se pode ver na segunda imagem. Na terceira, nota-se que as calhas de telhado da cobertura estão concluídas antes de ter sido colocado o revestimento cerâmico da alvenaria.

Figura 42 – Sequência da alvenaria estrutural no modelo federado



Fonte: Autora (2018)

Estes problemas identificados foram mostrados ao engenheiro de planejamento em uma de suas visitas à obra. Para ele, estes pequenos equívocos ocorrem por pressa e falta de atenção na elaboração do cronograma, pois podem ser ocasionados por um algarismo digitado erroneamente na data da atividade. São erros que não afetariam a obra porque obviamente seriam percebidos na construção, mas que sendo constatados e corrigidos desde o início do planejamento, evitam prováveis dúvidas do gerente de obras.

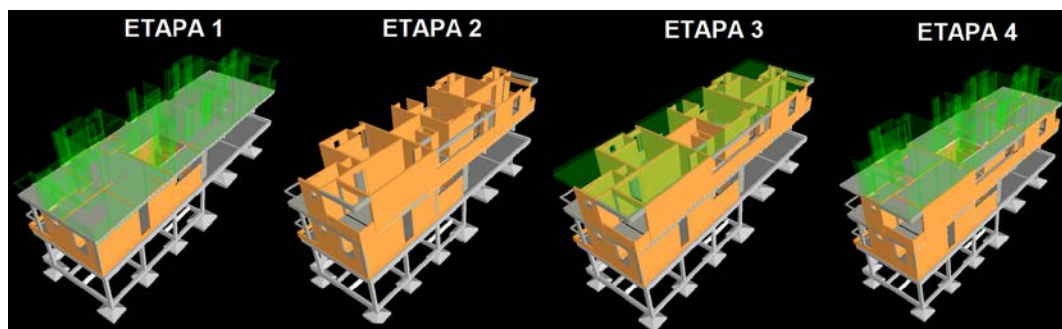
Os erros detectados foram consertados, replanejando atividades na ferramenta MS Project e logo em seguida, sincronizando o cronograma. O estagiário gerente ficou encarregado de atualizar as datas reais das atividades do cronograma uma vez por semana, e com o assessoramento da pesquisadora, periodicamente fazer simulações de comparação do que foi planejado com o que foi construído.

6.5.4 Modelagem 4D da alvenaria estrutural

Ao entenderem o potencial do planejamento 4D, além da simulação da obra por inteiro, que foi utilizada até o fim da construção para acompanhar o avanço físico do empreendimento, foi decidido fazer uma simulação mais minuciosa de duas etapas da obra: o processo construção da alvenaria estrutural e a execução do revestimento cerâmico da fachada. A primeira está inserida no cronograma com etapas divididas por pavimento e a segunda como uma única atividade. A intenção de detalhar mais a simulação era estudar estratégias de plano de ataque e entender melhor a alvenaria estrutural, já que a equipe não havia trabalhado com este processo construtivo ainda.

Porém, o modelo elaborado não estava detalhado o suficiente para isso. Além disso, os conjuntos de seleção foram criados conforme as atividades do cronograma, ou seja, todas as paredes de um pavimento eram uma atividade só. Neste modelo, a alvenaria estrutural se apresentava com as etapas da Figura 43.

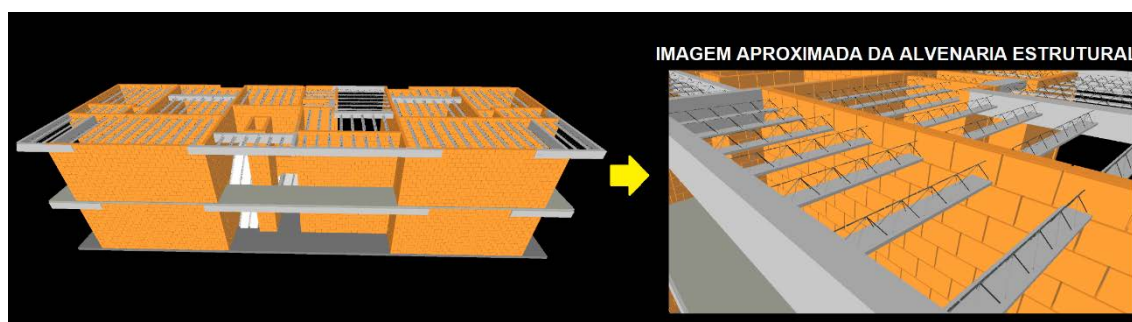
Figura 43 – Sequência da alvenaria estrutural



Fonte: Autora (2018)

Para poder fazer a simulação do processo construtivo, a modelagem 3D foi aperfeiçoada de acordo com os projetos recebidos. O entendimento deste tipo de construção foi obtido ao assistir vídeos da montagem da alvenaria estrutural. A Figura 44 mostra o novo modelo da alvenaria estrutural elaborado (LOD 400).

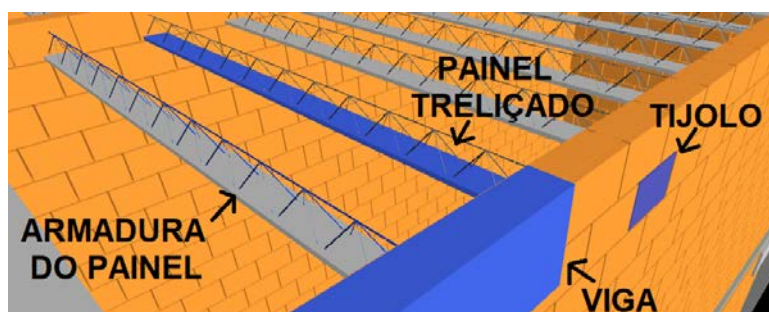
Figura 44 – Modelo da alvenaria estrutural



Fonte: Autora (2018)

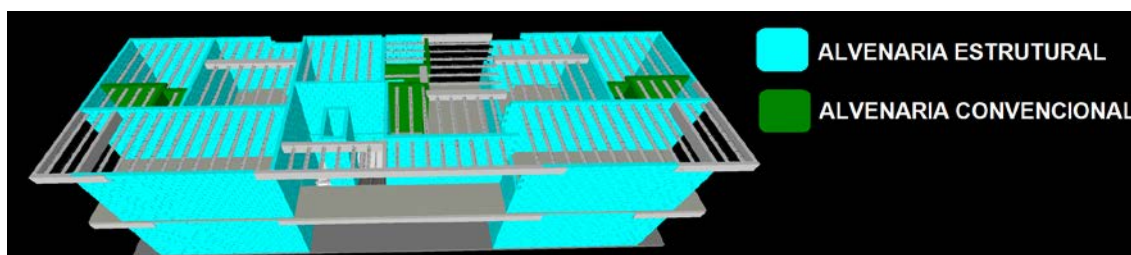
A Figura 45 revela que os principais elementos do sistema foram modelados de maneira que pudessem ser selecionados individualmente e tornasse possível simulações mais dinâmicas.

Figura 45 – Elementos da alvenaria estrutural



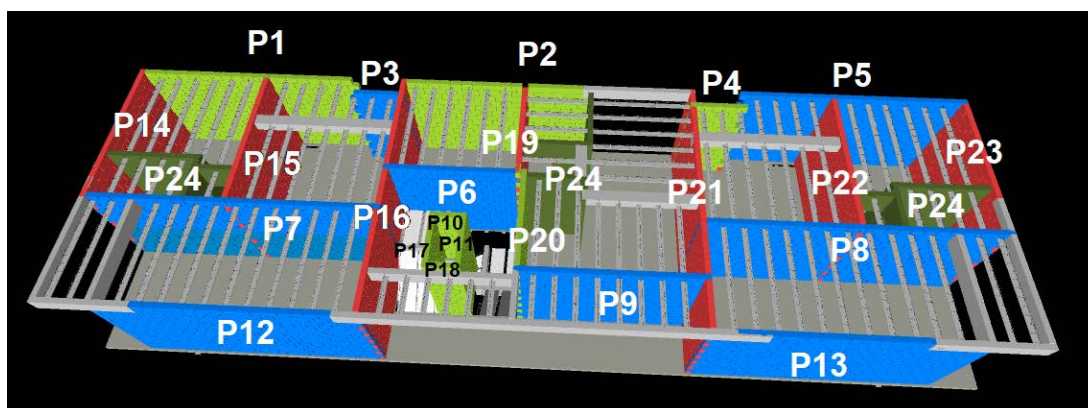
Fonte: Autora (2018)

Algumas das paredes não são feitas com o mesmo processo. A Figura 46 destaca as paredes que são feitas de alvenaria convencional.

Figura 46 – Tipos de paredes do modelo

Fonte: Autora (2018)

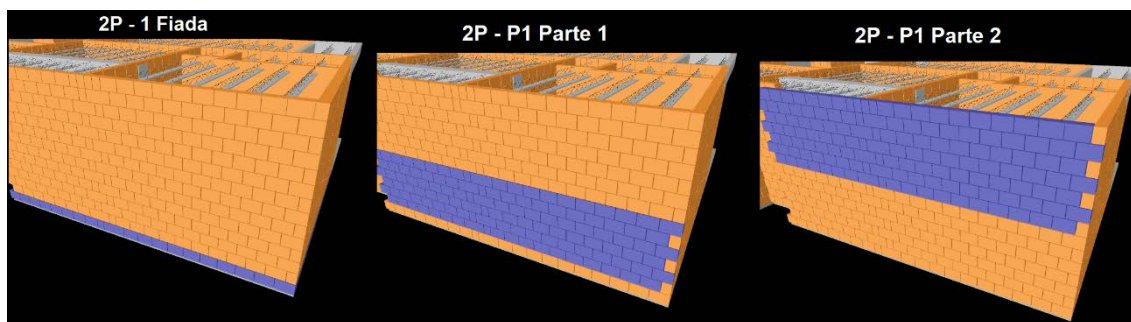
O modelo da alvenaria foi separado do federado para poder analisar estratégias de ataque através de um cronograma específico para essa atividade e utilizar arquivos mais leves. O primeiro passo foi nomear as paredes para diferenciá-las nos conjuntos de seleção. Na Figura 47, é possível observar que para cada pavimento, foram dadas 24 paredes, sendo que as de alvenaria convencional foram consideradas juntas (P24). A cor aparente das paredes foi alterada apenas na imagem para facilitar a sua identificação.

Figura 47 – Nomeação e coloração das paredes

Fonte: Autora (2018)

Em seguida, foram criados três conjuntos de seleção para cada parede: o primeiro era apenas com a primeira fiada de tijolos, o segundo ia da segunda fiada à metade da altura da alvenaria, e o terceiro ia da metade parede até o seu topo. Conforme está ilustrado na Figura 48, os conjuntos de seleção foram nomeados da seguinte maneira: XP (pavimento) – PX (parede) parte X (metade inferior ou superior da parede). Os de primeira fiada foram nomeados como “XP (pavimento) – 1 Fiada”.

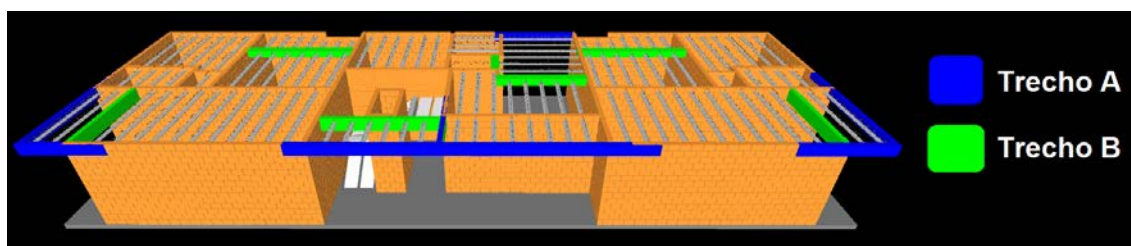
Figura 48 – Divisão dos conjuntos de seleção de paredes



Fonte: Autora (2018)

Antes mesmo de pensar no plano de ataque das paredes, já tinha sido acordado o das vigas. Só foi necessário dividi-las em dois conjuntos de seleção para cada pavimento, um para as internas e outro para as de paredes da extremidade, como é mostrado na Figura 49.

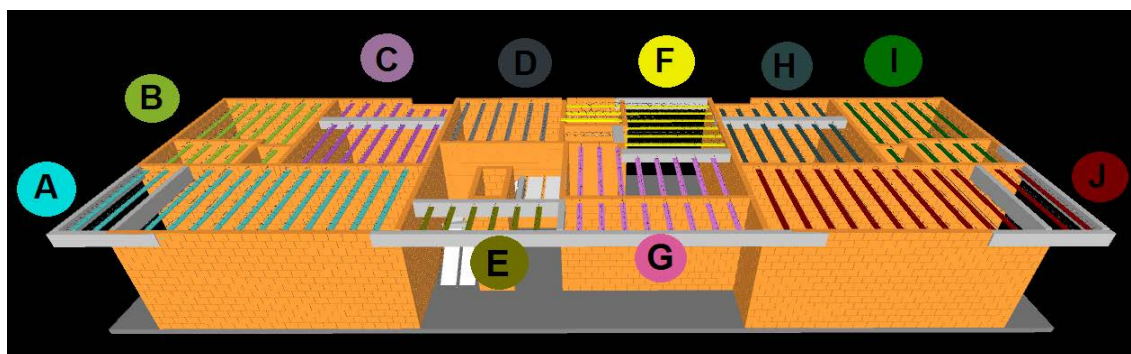
Figura 49 – Divisão dos conjuntos de seleção de vigas



Fonte: Autora (2018)

A Figura 50 mostra que os painéis treliçados e suas armaduras foram separados em dez partes. As armaduras de cada uma destas só seriam colocadas após a montagem dos seus respectivos painéis. Portanto, as armaduras e painéis foram atribuídos a diferentes conjuntos de seleção, pois apareceriam em momentos distintos da simulação.

Figura 50 – Divisão dos conjuntos de seleção de painéis treliçados

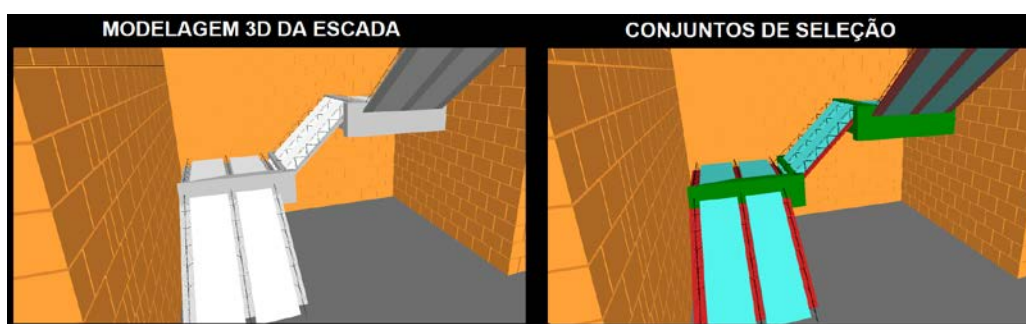


Fonte: Autora (2018)

Por fim, a Figura 51 mostra os conjuntos de seleção criados para a escada, divididos em vigas de concreto (vigas), painéis treliçados (vermelho), armaduras dos painéis (preto) e isopor (azul).

No modelo inicial tinha apenas nove conjuntos de seleção para o que foi feito no novo modelo da alvenaria estrutural, incluindo as lajes (laje do primeiro pavimento, alvenaria do primeiro pavimento, alvenaria da escada do primeiro pavimento, vigas do primeiro pavimento, laje do segundo pavimento, alvenaria do segundo pavimento, alvenaria da escada do segundo pavimento, vigas do segundo pavimento e laje da cobertura). Para o novo, foram criados o total de cento e cinquenta e dois conjuntos de seleção representando sub-etapas da atividade de alvenaria, além de novos elementos para aproximar a construção virtual da real.

Figura 51 – Divisão dos conjuntos de seleção das escadas



Fonte: Autora (2018)

Com o modelo concluído, foi criado um novo cronograma com uma atividade para cada um dos conjuntos de seleção criados. No dia de concretagem da laje do primeiro pavimento, a obra já estava com seis semanas de atraso. Diante disso, a estratégia era ganhar tempo com a alvenaria estrutural. A partir do histograma de recursos humanos atrelado ao cronograma de obra do MS Project, foram testados junto com o estagiário gerente e o mestre de obras diversos cenários de construção que fossem possíveis de executar com a mão de obra existente, sem necessitar da contratação de novos operários, pois o engenheiro já havia colocado isso como restrição.

É importante frisar que a pesquisadora incentivou os debates entre a equipe e sugeriu de maneira imparcial o que seria possível fazer com a modelagem 4D, mas a tomada de decisões dos planos de ataque sempre foi

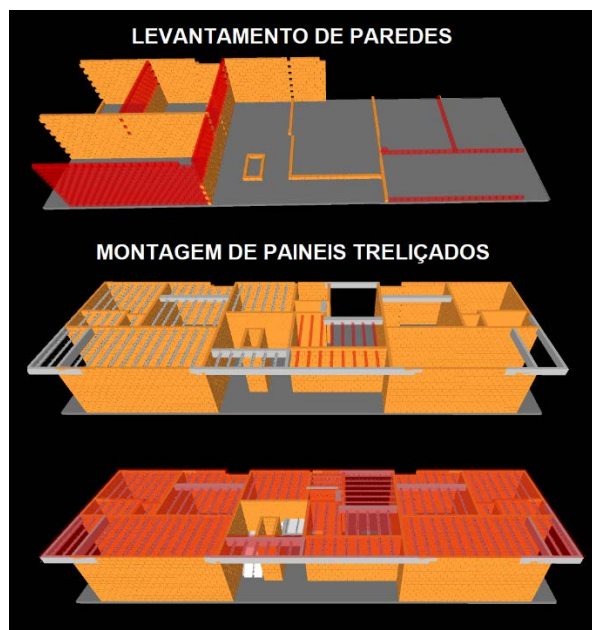
feita por eles. Essa estratégia foi utilizada para os estimular a pensar sozinhos e incentivar o desenvolvimento de uma nova cultura de planejamento.

Foram analisados com o estagiário gerente e o mestre de obras diversos cenários a partir das Figuras 47, 48, 49, 50 e 51 até definir o plano de ataque. O cenário foi criado com base na produtividade dos trabalhadores na alvenaria do pavimento térreo, que era do tipo convencional. Foi optado pela divisão de três etapas.

- a) A equipe da primeira etapa era formada por um pedreiro e um ajudante, com o auxílio contínuo do estagiário sem função gerencial para interpretar o projeto, já que os tijolos devem estar dispostos como estabelecidos pelo calculista. Os dois fariam a marcação da primeira fiada de alvenaria, que foi separada em seis partes no Navisworks.
- b) Assim que concluíssem as três primeiras partes da marcação, outros dois pedreiros e um ajudante, começariam a levantar as paredes até o topo. Eles trabalhariam em paredes próximas para poderem ter a ajuda do mesmo servente sem que ele precisasse se deslocar tanto.
- c) Outro servente tinha a tarefa de fazer a logística de todo o material necessário até o pavimento em questão, além de encargos relacionados à outras atividades da obra.
- d) Quando as paredes estruturais fossem terminadas, seriam feitas as de alvenaria convencional.
- e) Só depois que toda a alvenaria do pavimento estivesse concluída, seriam feitas as vigas e painéis treliçados.

A Figura 52 mostra o resultado da simulação. Houve atrasos decorrente de chuvas na primeira semana, que os fazia parar o serviço por algumas horas. Porém, o maior problema foi a dificuldade em entender o processo construtivo. A complexidade do sistema influenciou desde a marcação da primeira fiada, fazendo com que todas as atividades tivessem duração maior que o planejado.

Figura 52 – Sequência de atividades atrasadas



Fonte: Autora (2018)

Além disso, o método escolhido para sinalizar os pontos elétricos e hidráulicos foi deficiente. As marcações eram feitas pelos próprios pedreiros que levantavam a alvenaria. Como eram feitas apenas quando fosse iniciar a parede, eles precisavam ficar constantemente verificando o projeto. Outra adversidade a ser mencionada é a laje do segundo pavimento ter durado quase uma semana a mais por não ter sido previsto o tempo de ser colocado todo o escoramento antes da concretagem.

Diante disso, antes da concretagem de laje o plano de ataque do segundo pavimento foi alterado. Um pedreiro que exercia outras funções na obra foi realocado para a alvenaria estrutural. O novo plano aconteceu da seguinte maneira:

- a) Dois pedreiros e um ajudante ficariam responsáveis pela marcação da primeira fiada das paredes e teriam o auxílio do mesmo estagiário.
- b) À medida que fosse sendo criado frente de trabalho, os outros dois pedreiros e um servente iniciariam simultaneamente o levantamento de todas as paredes até a quarta fiada. O estagiário também ia conferindo a disposição dos tijolos, que devem se encaixar de forma alternada, e ia marcando na alvenaria os pontos elétricos e hidráulicos, pois nesse sistema construtivo as instalações devem ser feitas enquanto se levanta a alvenaria.

- c) Em seguida, todos os quatro pedreiros subiriam as paredes da quinta fiada ao seu topo.
- d) Três pedreiros colocariam as vigas e painéis treliçados.
- e) Um pedreiro e um ajudante ficaram encarregados das atividades de escoramento.

A Figura 53 mostra a alvenaria do segundo pavimento, no qual todas as paredes foram feitas até a quarta fiada para só depois subirem até o topo, e o escoramento de vigas concluído.

Para melhorar a visualização do novo plano, foi inserido uma família de escoramento de fôrmas de vigas e lajes criada no Revit. Esta família é comercializada, mas foi disponibilizada para a pesquisa pelo seu modelador, engenheiro e instrutor de Revit Structure, conhecido pela pesquisadora. Foram criadas tarefas para os novos elementos e estas foram vinculadas aos conjuntos de seleção destes objetos.

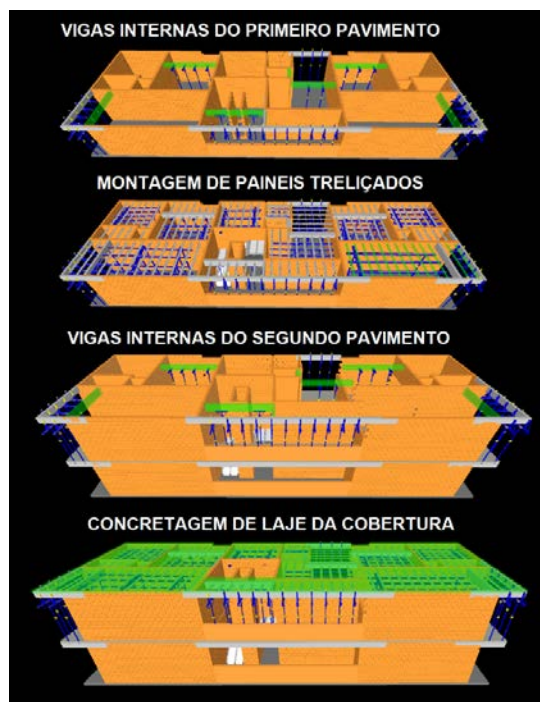
Figura 53 – Alvenaria estrutural do segundo pavimento



Fonte: Autora (2018)

Além do novo plano ter aumentado o fluxo de trabalho, foi notado que a eficiência dos operários foi crescendo com o passar dos dias, à proporção que o processo ia ficando cada vez mais intuitivo. Foram dados novos prazos para atividades desse pavimento e todas concluíram dentro do previsto. A Figura 54 mostra o segundo pavimento sendo finalizado com tempo de folga.

Figura 54 – Sequência de atividades adiantadas



Fonte: Autora (2018)

Ao encerrar a alvenaria estrutural, o modelo federado continuou sendo usado para acompanhamento da obra. O treinamento dado ao estagiário gerente o tornou apto a manusear o modelo com segurança. Como ele está presente diariamente na obra, exerce funções gerenciais representando o engenheiro, sendo muitas vezes o tomador de decisões, ele é a pessoa ideal para essa atribuição de modelador 4D.

6.5.5 Modelagem 4D do revestimento cerâmico da fachada

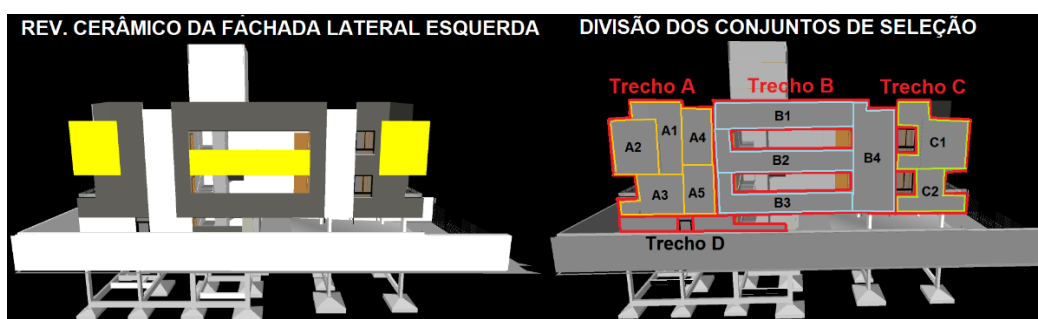
Como havia sido solicitado anteriormente em reunião, seria feita ainda a simulação da execução da cerâmica da fachada. O terreno dispõe de pouquíssimo espaço entre o muro e o edifício, e a atividade seria realizada em andaimes. Diferentemente de etapas de revestimento anteriores da fachada, como chapisco e emboço, o revestimento cerâmico exige consulta aos projetos. Foi pedido uma quantidade limitada de peças para a montagem dos andaimes, suficientes para chegar à cobertura preenchendo metade das fachadas laterais. Portanto, foi necessário formular um cronograma de logística das peças do andaime em sincronia com as pastilhas cerâmicas e atenção às cores. Desta vez, o plano de ataque foi determinado com o engenheiro da obra.

A pesquisadora procurou, em sites de objetos BIM, famílias de andaimes para o software Revit, mas teve dificuldade em encontrar uma ideal. As poucas

famílias achadas eram muito mais sofisticadas que os andaimes que o engenheiro adquiriu para a obra. Portanto, decidiu-se fazer a modelagem 3D dos andaimes conforme as necessidades do projeto e importa-la para o Navisworks como se fosse outro modelo.

Para esta etapa da obra, foram criados oitenta e nove conjuntos de seleção, sendo quarenta e oito referentes à montagem das peças dos andaimes e quarenta e um relacionados às pastilhas, que foram divididas em trechos por cores. A Figura 55 mostra o modelo (LOD 400) e exemplifica os conjuntos criados para a simulação da fachada lateral esquerda, após ter sido definida a sequência de execução.

Figura 55 – Conjuntos de seleção da fachada



Fonte: Autora (2018)

Na ferramenta *Timeliner*, os andaimes foram configurados como sendo tarefas temporárias. Ou seja, eles apareceriam e sumiriam na simulação em determinadas datas. Como foram criados diversos conjuntos de seleção, com igual número de atividades, seria possível visualizar a logística da sua montagem e desmontagem em simultaneidade com os trechos de cerâmica da fachada que eram assentados. A sequência de execução da fachada estabelecida foi iniciando pela fachada lateral direita, da sua extremidade superior direita para a extremidade inferior esquerda, seguidas das fachadas frontal, lateral esquerda e posterior, com o mesmo esquema sequencial.

Os pedidos de material da obra são feitos em quantidade suficiente apenas para as atividades próximas de execução, com o objetivo de não gerar estoque. Assim sendo, o engenheiro iria fazer o pedido só para pastilhas da fachada lateral direita inicialmente, e quando o serviço estivesse perto de conclusão, pediria as da fachada norte.

Cada pallet de pastilhas do fornecedor definido contém quarenta e oito caixas de pastilhas cerâmicas. Com base em cálculos feitos, a quantia

necessária da tonalidade ardósia (cinza escuro) seria de um pallet e vinte caixas, mas o fornecedor só vendia o pallet inteiro. Mesmo sabendo que usaria depois as sobras, o engenheiro buscou outro fornecedor que vendesse por caixas, não por pallets. Assim, foram compradas setenta e cinco caixas, incluindo sete caixas de reserva para eventuais quebras ou erros.

No entanto, notou-se que as pastilhas eram levemente mais claras que a tonalidade correta. Por esse motivo, o engenheiro tomou a decisão de mudar o plano de ataque. A nova estratégia era começar pela fachada lateral esquerda com a cerâmica de cor diferente, pois essa tem menor destaque, pois o fluxo de carros da rua é consideravelmente maior da direita para a esquerda. Apesar dessa mudança, a diferença de tonalidade só é percebida se as pastilhas forem colocadas lado a lado (Figura 56). As pastilhas da cor ardósia das demais fachadas foram pedidas para o primeiro fornecedor, mesmo gerando estoque na obra.

Então, o novo plano de ataque era iniciando pela fachada lateral esquerda, em sentido horário do prédio, até a fachada sul. Todas as tarefas do cronograma precisaram ser replanejadas, já que não só a fachada, como a sequência das pastilhas foram alterados, e consequentemente a montagem e desmontagem de todos os andaimes. O resultado da modelagem 4D foi apresentado ao engenheiro e o plano de ataque foi aprovado.

Figura 56 – Diferença de tonalidade das pastilhas



Fonte: Autora (2018)

Por padrão do Navisworks, estruturas temporárias são visualizadas na simulação com a cor amarela, mas o aspecto visual não agradou o engenheiro, até porque confundia com as pastilhas amarelas. Dessa forma, foi configurado

para os andaimes aparecerem com as cores originais do modelo 3D. A Figura 57 mostra datas diferentes da simulação. A primeira imagem se refere ao início da montagem dos primeiros andaimes, a segunda mostra os quatros patamares de andaimes montados, e a terceira, o assentamento de pastilhas do trecho A5 da fachada oeste.

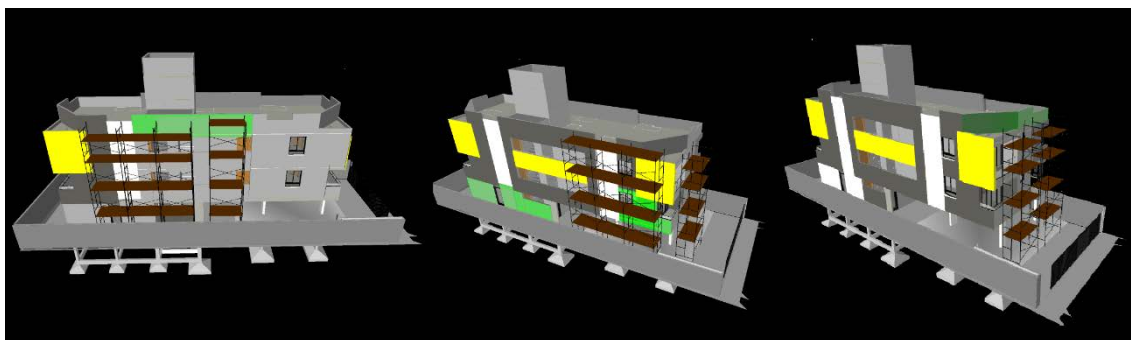
Figura 57 – Primeira montagem de andaimes e início do revestimento cerâmico



Fonte: Autora (2018)

A Figura 58 ilustra a desmontagem de parte dos andaimes, seguida de sua montagem em diferentes locais, ao mesmo tempo que as pastilhas eram assentadas. O plano de ataque previa que os andaimes estivessem sempre em uso. Portanto, assim que não fosse mais necessário em um trecho, o mesmo era desmontado e montado em outro lugar.

Figura 58 – Desmontagem e montagem de andaimes simultâneas



Fonte: Autora (2018)

Na prática, a execução não conseguiu seguir fielmente o que foi planejado. Na primeira tentativa, a desmontagem de parte dos andaimes enquanto ainda estavam em uso foi considerada como uma atividade de risco. Por causa disso, os andaimes só foram desmontados após concluírem totalmente os trechos alcançados.

Foram testados cenários diferentes e a partir da fachada norte, a melhor solução encontrada foi alugar o dobro de andaimes. O tempo gasto com

montagem e desmontagem para os inúmeros trechos iria atrasar ainda mais a obra. Com isso, o plano de ataque foi alterado novamente e os trechos seriam assentados horizontalmente por todo o comprimento da fachada, como mostra a Figura 59.

Figura 59 – Desmontagem e montagem de andaimes simultâneas



Fonte: Autora (2018)

Durante a execução do serviço, não houve falta de material e nem ocorrência significativa de chuvas. A produtividade dos operários no assentamento de pastilhas estava dentro do esperado, mas o desempenho caía na montagem e desmontagem dos andaimes. Na segunda fachada, dois ajudantes foram contratados para suprir essa deficiência e auxiliar em outras tarefas.

6.6 Considerações Finais

O estudo empírico realizado reproduziu passos importantes em uma implementação do BIM 4D, desde o diagnóstico do processo de planejamento, à treinamento de software, definição de modelador e usuário do modelo, bem como a própria modelagem. A necessidade de modelar novamente a alvenaria estrutural provou que o nível de detalhamento desejado deve estar bem estabelecido desde o início do projeto, de acordo com os objetivos de uso do modelo.

O engenheiro reconheceu que o planejamento 4D ajudou os envolvidos no gerenciamento da obra a entender os processos construtivos e a visualização da sequência das atividades facilitou a tomada de decisões. O mesmo revelou que pretende pagar um curso do software Revit para o estagiário gerente ter a capacidade de modelar futuros empreendimentos, e que vai incentivá-lo a

praticar a modelagem 4D para estar preparado para usar o modelo sem ajuda externa quando for contratado como engenheiro da empresa.

A pesquisadora agradeceu pela empresa ter concedido a realização do estudo empírico em uma de suas obras. Por fim, o engenheiro foi avisado e convidado para o grupo focal que haveria em breve, sem data até aquele momento, para avaliar o método proposto para a implementação do planejamento BIM 4D em empresas construtoras.

CAPÍTULO 7

Método para a Implementação do BIM 4D

Neste capítulo é esquematizado e descrito o método desenvolvido para a implementação do BIM 4D voltado para a simulação da sequência construtiva. Em seguida, é mostrada a avaliação do método feita por profissionais da indústria da construção civil.

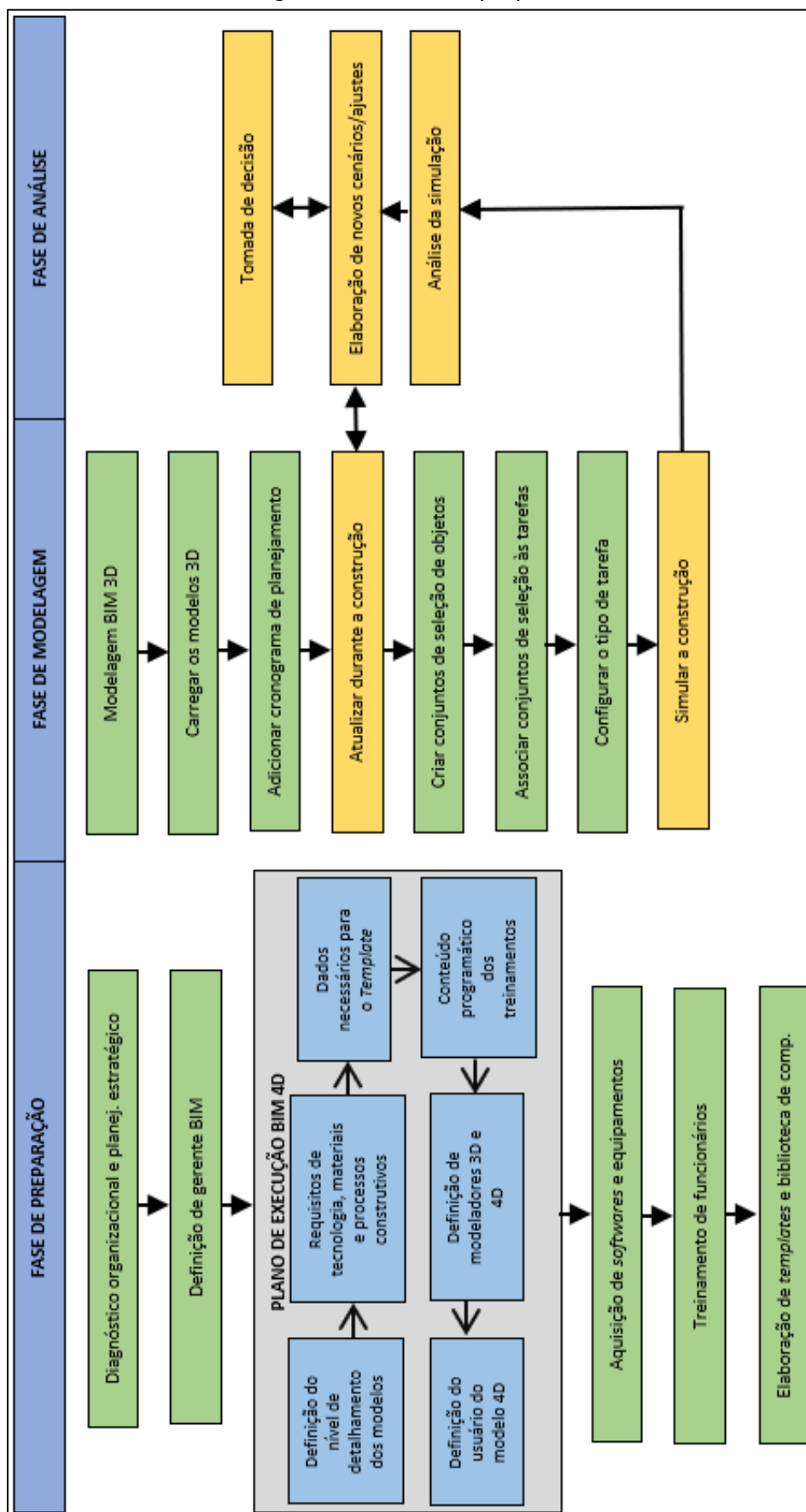
7.1 Método Proposto

O método aqui proposto visa aperfeiçoar o mapa de processo mencionado, fornecendo instruções de como implementar o BIM 4D para a simulação da construção através do *software* Autodesk Navisworks Manage. A Figura 60 representa o método proposto, que é composto por três fases: fase de preparação, fase de modelagem 4D e fase de análise. As sub-etapas da fase de modelagem para o Navisworks Manage são apresentadas na Figura 61.

A partir da revisão da literatura, foram identificados diversos requisitos para a implementação do BIM em empresas construtoras. Adaptado destes, a primeira fase guia a preparação necessária da empresa para o uso do método. Já a segunda fase, inclui as etapas de elaboração do modelo BIM 3D das disciplinas a serem utilizadas no modelo federado, além de descrever o passo a passo detalhado da simulação da construção pelo *software* Autodesk Navisworks Manage, apresentando procedimentos para a automatização do processo. Por fim, a terceira fase diz respeito às análises da modelagem 4D e a partir disso, a tomada de decisões.

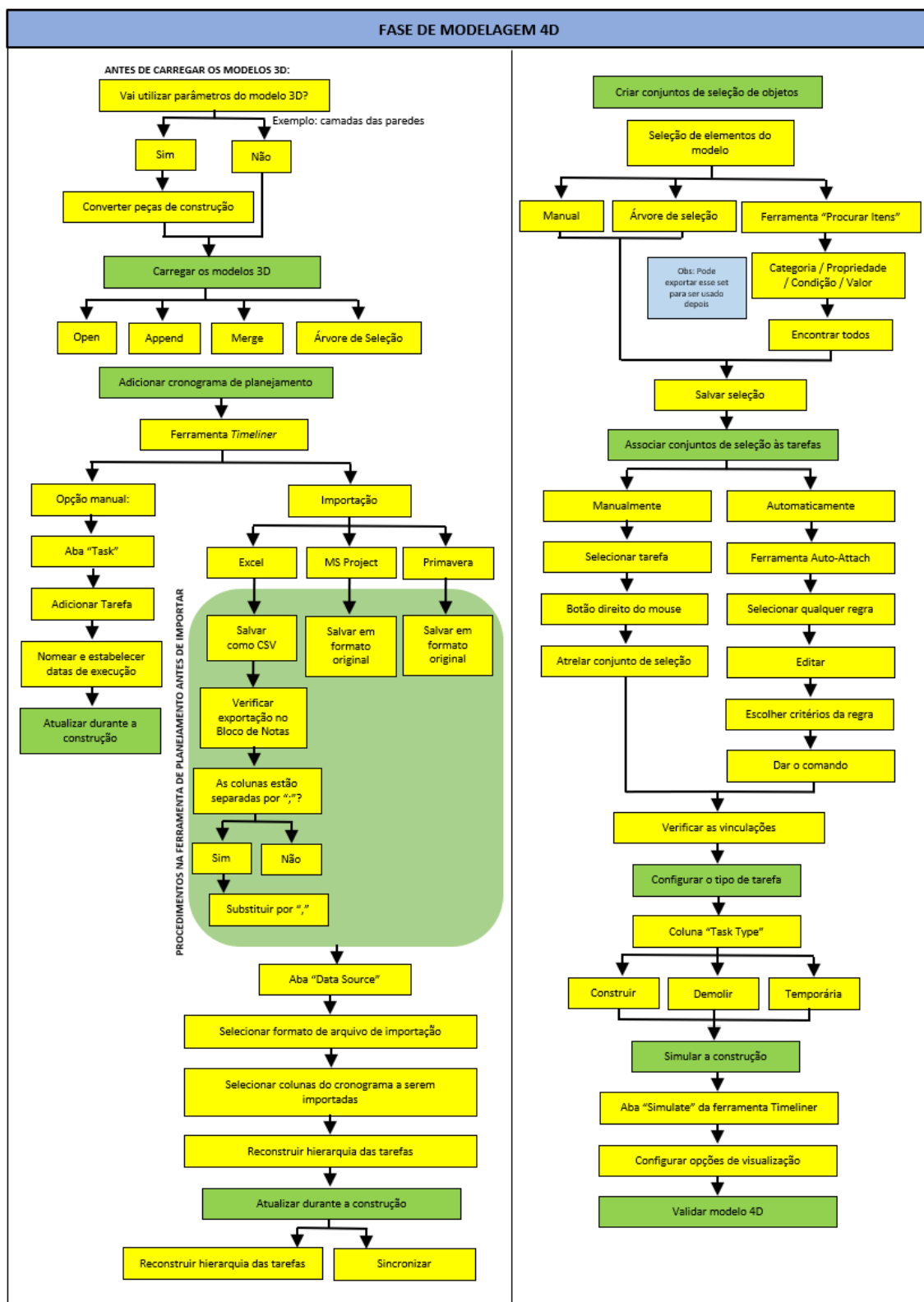
Ao decidir iniciar a implementação do BIM 4D, a empresa construtora deve estar ciente do investimento a ser feito, devendo assim, disponibilizar o capital necessário para treinamentos, aquisição de equipamentos e *software* adequados, além de conceder tempo para o treinamento adequado de seus funcionários.

Figura 60 – Método proposto



Fonte: Autora (2018)

Figura 61 – Fase de modelagem ampliada



Fonte: Autora (2018)

7.1.1 Fase de preparação

- Diagnóstico organizacional e planejamento estratégico:

A implementação do BIM 4D prevê uma mudança de cultura, sendo recomendado, antes de tudo, entender o processo de planejamento já existente na empresa. Por isso, o primeiro passo deve ser fazer um diagnóstico e registrar todos os métodos, ferramentas e técnicas utilizadas no seu gerenciamento de obras, além de identificar falhas de capacitação profissional. Esta análise pode ser debatida em reuniões com a equipe de implementação, que deve ser composta pelas pessoas diretamente relacionadas ao planejamento e gerenciamento de obras da empresa (podendo incluir estagiários) e pelo menos um representante do setor administrativo.

Juntamente com o diagnóstico, devem ser dadas orientações gerais sobre o BIM e o planejamento 4D, para que toda a equipe fique ciente da metodologia a ser adotada pela empresa. Discutir isso com a equipe é uma maneira eficaz de reconhecer os pontos que precisam de melhoria e visualizar as lacunas entre o desempenho de planejamento atual e o desejado com o BIM. Em seguida, deve ser feito o planejamento estratégico da implementação do BIM 4D, que consiste em deixar claro os objetivos do BIM a serem atingidos, o orçamento dos custos disponível e o prazos para a conclusão de cada etapa da implementação.

- Definição de gerente BIM:

Independentemente do tamanho de empresa e de suas atividades, é na fase de preparação para a implementação que se faz necessário a definição ou contratação de um Gerente BIM (BIM Manager). Este profissional deve entender de forma considerável o principal software a ser utilizado, bem como as demais ferramentas relacionadas. Deve também ter profundo conhecimento acerca dos processos de planejamento, coordenação de obras e sobretudo, BIM. Entender os métodos e técnicas gerenciais desenvolvidos pela empresa objeto da implementação é de extrema importância para hierarquizar e estabelecer os sistemas mais importantes que devem ser considerados para a implementação do BIM 4D.

Como em muitos casos nem a empresa e nem o mercado dispõem desses profissionais, ele deve ser formado dentro da empresa. Por esse motivo o

Gerente BIM deve ser escolhido no início do projeto, para que dessa maneira, este possa receber o treinamento adequado e estar apto a exercer o papel em etapas posteriores. O perfil adequado é de uma pessoa com boa capacidade de comunicação, que tenha ou possa ter atuação em campo, juntamente com uma afinidade com tecnologia.

- Plano de Execução BIM (PEB):

Neste plano é onde vai estar documentado o escopo de projeto, tudo o que deve ser feito, como deve ser feito, quando deve ser feito e por quem deve ser feito. Deve constar todas as informações e definições de projeto e construção, como uso e objetivo do modelo (visualização da sequência construtiva), padrões de entregas, representação gráfica, memoriais descritivos, nomenclatura de arquivos e bibliotecas, indicação de software e infraestrutura necessária, descrição do fluxo de trabalho e cronograma de projeto.

Para a implementação da modelagem BIM 4D, é imprescindível que o BEP contemple os seguintes itens:

- a. Definição do nível de detalhamento dos modelos:

O nível de detalhamento deve indicar o nível de representação gráfica dos elementos do modelo. A escolha do nível de detalhe deve ser determinada pelo propósito de seu uso, considerando seus benefícios e impactos. Se for desejado fazer o planejamento 4D só da disciplina de instalações, por exemplo, não é preciso gastar tanto tempo de modelagem com as de arquitetura e estrutura. Modelos pouco detalhados para o seu objetivo podem resultar na omissão de elementos críticos de uma sequência de atividades. De maneira oposta, um modelo muito detalhado pode tornar o trabalho fatigante e ultrapassar o nível adequado para as necessidades de uso.

Em outras palavras, deve-se levar em consideração o grau de detalhamento de informações do cronograma desejado, que não necessariamente é o do projeto inteiro.

Além disso, pode-se utilizar o mesmo elemento 3D para representar diversas atividades, não havendo necessidade de detalhamento minucioso do modelo, mantendo o arquivo mais leve, fácil de trabalhar e reduzindo o tempo com modelagem. Porém, isso depende do controle que o construtor quer ter

sobre a obra. O LOD 300 apresenta geometria precisa e definida, fornecendo informações acerca das quantidades, tamanho, forma, localização e orientação dos elementos. Portanto, para o planejamento 4D, o mínimo indicado é o LOD 300. O quanto será superior a este vai depender da vontade de controle do planejador.

b. Requisitos de tecnologia, materiais e processos construtivos:

No BEP deve ser mencionada a infraestrutura de Tecnologia da Informação (TI) exigida para o desenvolvimento dos projetos em BIM, além de ferramentas escolhidas para a elaboração do cronograma, modelagem 3D e 4D. É necessário que a empresa disponha de equipamentos e computadores com maior poder de processamento, evitando o atraso no desenvolvimento das atividades planejadas.

Além dos requisitos de tecnologia, é fundamental que este guia também contenha memoriais descritivos, com todas as informações a respeito de materiais, e processos construtivos. Esses requisitos servirão de base à última etapa da fase de preparação, que é a construção de *templates* e bibliotecas de componentes.

c. Padronização de entregáveis

Para fins de controle e conclusão do projeto, deve-se definir uma estrutura de organização dos arquivos e documentação entregues em meio digital. Para tanto, deve ser feita uma padronização de todos os entregáveis que se deseja produzir, através de regras de nomenclatura dos arquivos, elementos do projeto (blocos, famílias e similares) e folhas, bem como padrões de cores, hachuras, textos. Assim como o item anterior, este também fornece informações necessárias para a construção de *templates*. Ainda nesta etapa devem ser informados os formatos de entrega desejados, controle de versões e atualizações das ferramentas.

d. Direcionamento do conteúdo programático dos treinamentos:

É importante que conste no BEP os tópicos que a equipe de implementação deve ter conhecimento e habilidades a serem desenvolvidas. Para consolidar o BIM 4D na empresa, pode-se dividir o treinamento em três módulos. O primeiro deve abordar técnicas de controle e acompanhamento de

obras. O segundo refere-se à modelagem BIM voltada ao planejamento de obras, através do software de modelagem escolhido. Por fim, o terceiro módulo refere-se ao planejamento BIM 4D utilizando a ferramenta computacional.

Para estes dois últimos módulos, deve-se ter dois níveis de treinamento, sendo um básico e um avançado, pois apenas os modeladores e usuários do modelo 4D precisam ter habilidade de modelagem superior. Aos demais, é indicado saber pelo menos navegar no modelo quando precisar.

e. Definição de modeladores 3D e 4D:

Conforme foi visto na caracterização do BIM nos estados do Rio Grande do Norte e da Paraíba, em cerca de 70% das empresas que utilizam o BIM, todas as atividades relativas ao BIM são internas e a maior dificuldade apontada em ambos os estados é fato de projetistas externos com quem a empresa trabalha ainda não utilizarem o BIM.

Tendo em vista essa realidade, a empresa deve optar por treinar um membro interno no software de modelagem 3D ou terceirizar esse serviço. Neste último caso, faz-se necessário definir estratégia e requisitos específicos para contratação em BIM. A elaboração de um BEP e *templates* próprios para os projetos da empresa direciona os projetistas externos em como a modelagem deve ser feita, por isso é uma etapa essencial na fase de preparação.

Quanto à modelagem 4D, é aconselhado que esta seja uma atividade interna da empresa, visto que o planejamento está sempre sujeito a sofrer alterações durante a construção e a intenção do método é implementar o BIM 4D. Além disso, projetistas e modeladores externos nem sempre possuem todo o conhecimento ou empenho necessário para modelar o projeto, pois eles não se beneficiam diretamente da precisão dos modelos. Esta atividade pode ser feita pelo(s) mesmo(s) modelador(es) 3D, contanto que este(s) tenha(m) passado pelo treinamento avançado nos dois softwares e tenham conhecimento da ferramenta de planejamento do cronograma adotada.

f. Definição do usuário do modelo 4D:

O usuário do modelo 4D não é necessariamente o modelador 4D, mas sim alguém que esteja apto a visualizar o modelo e fazer simulações de cenários, auxiliando a tomada de decisões. Este usuário pode ser do setor de

planejamento, de projetos, ou ainda, fazer parte da equipe de gerenciamento do canteiro de obras, como o engenheiro responsável, estagiários e encarregados. Como na fase de modelagem será necessário que haja constantes atualizações do cronograma, é mais indicado que o usuário do modelo 4D seja alguém que faça o acompanhamento diário da obra.

- Aquisição de softwares e equipamentos:

Esta etapa consiste em adquirir a tecnologia definida no BEP como necessária para a implementação do BIM 4D na empresa, desde computadores, monitores, estrutura de rede, ferramentas e licenças de software.

- Treinamento de funcionários:

Nesta etapa ocorrem os treinamentos básico e avançado de todos os membros da equipe de implementação.

- Elaboração de *template* e biblioteca de componentes:

A última etapa da fase de preparação é responsabilidade do modelador 3D. Consiste na elaboração de um *template*, com uma estrutura predefinida e uma biblioteca de componentes padrão, ambos predefinidos no BEP, para facilitar o desenvolvimento e criação de cada novo projeto da empresa na plataforma BIM.

7.1.2 Fase de modelagem

Conforme mostra a Figura 60, a fase de modelagem foi dividida em oito grandes etapas, as quais são explicadas logo abaixo. A Figura 61 apresenta o delineamento das sub-etapas para a ferramenta Navisworks Manage, da empresa Autodesk. O passo a passo dos comandos a serem utilizados neste software é descrito no Apêndice B.

- Modelagem 3D:

Após ter definido o nível de detalhe, as disciplinas a serem modeladas, o software a ser utilizado e o(s) modelador(es), o primeiro passo na fase de modelagem é a criação do(s) modelo(s) 3D, seguindo o *template* padrão elaborado.

Vale ressaltar que a modelagem 4D só refletirá os processos construtivos adequadamente se a modelagem 3D foi feita tendo isso como base. Por exemplo, as camadas de paredes e pisos são criadas alterando os parâmetros dos elementos no modelo, mas para elas poderem ser representadas separadamente no modelo 4D, precisam também estarem separadas no modelo 3D. Por isso, todas as informações referentes aos processos construtivos devem estar presentes no Plano de Execução BIM 4D e serem disponibilizadas para os modeladores.

- Carregar os modelos 3D:

O próximo passo é importar na ferramenta de modelagem 4D todos os modelos que serão utilizados para criar o planejamento 4D.

- Adicionar cronograma de planejamento:

O cronograma de planejamento da obra pode ser feito na própria ferramenta de modelagem 4D ou ser importado de uma outra ferramenta própria para isso, como o Ms Project, o Primavera ou até mesmo o Microsoft Excel.

- Atualizar cronograma durante a construção:

Para que haja assertividade no planejamento feito pelo modelo 3D, é imprescindível que haja aproximação entre escritório e canteiro, mantendo informações acessíveis e atualizações sincronizadas entre ambas as partes. Devem ser feitas revisões contínuas do modelo 4D, atualizando o cronograma à medida que a obra avança. Por isso, é recomendado que o usuário do modelo responsável por essa tarefa seja alguém que esteja diretamente relacionado ao acompanhamento da obra, seja ele um estagiário ou o próprio engenheiro da obra. Sempre que houver alteração no cronograma, este deve ser atualizado na ferramenta de modelagem 4D.

- Criar conjuntos de seleção de objetos:

Até este passo, foram criadas as tarefas que irão compor o planejamento 4D, mas ainda é necessário associar quais elementos do modelo correspondem às tarefas criadas. Portanto, os elementos do modelo 3D que serão associados a uma tarefa devem ser selecionados simultaneamente e esta seleção deve ser gravada por um comando da ferramenta. Isso deve ser feito para cada tarefa do

cronograma, que deva ser representada visualmente na simulação posteriormente.

- Associar conjuntos de seleção às tarefas:

O próximo passo é associar cada tarefa ao seu respectivo conjunto de seleção. Muitas vezes, um único conjunto deve ser associado a mais de uma tarefa, ou o contrário. Isso depende do nível de detalhe do modelo e do cronograma. Deve-se ter atenção maior nesta etapa pois o software não tem inteligência suficiente para identificar erros de vinculação. Estes só são percebidos durante a simulação pela análise do usuário do modelo.

- Configurar o tipo de tarefa:

As tarefas do cronograma ainda devem ser diferenciadas quanto ao seu tipo de visualização na simulação, que podem ser de construção, temporário ou demolição.

- Simular a construção:

Realizadas todas as configurações, o modelo está pronto para ser visualizado em 4D e testar diferentes cenários.

7.1.3 Fase de análise

- Análise da simulação:

Com a visualização clara da construção digital da obra, o modelador ou usuário do modelo podem perceber que há melhores alternativas ou até mesmo identificar problemas no planejamento 4D, que vão desde erros de compatibilização ou de sequência construtiva, à prazos equivocados, atividades justapostas no mesmo espaço e problemas de logística, no caso do cronograma e do modelo 3D abrangerem esses aspectos.

- Elaboração de novos cenários/ajustes nos modelos:

A partir das análises feitas com o auxílio do modelo 4D, é avaliado se há a necessidade de ajustes no modelo 3D, no arquivo do cronograma ou a elaboração de novos cenários de planejamento. O usuário do modelo pode rapidamente testar novas simulações de planejamento da construção e escolher a alternativa mais viável.

Além disso, o planejamento elaborado está sujeito a alterações e atualizações devido à variabilidade e incerteza presentes na construção civil.

Dessa forma, podem ser requeridas mudanças no planejamento de longo prazo por causa de novas informações oriundas do gerenciamento da obra nos níveis de médio e curto prazo, ou por problemas identificados na análise.

É importante lembrar que sempre que fizer alterações no arquivo original do cronograma, é necessário atualizá-lo na ferramenta de modelagem 4D, conforme foi visto em etapas anteriores.

- Tomada de decisão:

O último passo da fase de modelagem é escolher, entre os cenários criados, a melhor alternativa de planejamento a ser seguida no empreendimento.

7.2 Avaliação do Método

Dando início à quarta fase da pesquisa, foi feita a avaliação do método proposto quanto à sua utilidade prática e facilidade de uso, seguida de seu refinamento com base na percepção de profissionais da construção civil. O produto final desta etapa é uma versão aprimorada do método.

Foram convocadas dez pessoas que já possuíam conhecimento em BIM, das quais sete confirmaram a presença e uma destas avisou no dia da atividade que não poderia mais comparecer no horário determinado. Portanto, o grupo focal foi realizado com seis profissionais, número este que se enquadra no indicado pela literatura. O Quadro 17 esquematiza o perfil dos participantes confirmados.

Conforme explicado no capítulo 4, avaliação do método foi dividida em quatro momentos: contexto da pesquisa, fase de preparação, fases de modelagem e análise e avaliação final do método. A previsão inicial da pesquisadora era de que o grupo focal tivesse duração média de duas horas e trinta minutos: vinte minutos para a acomodação dos participantes e apresentação do contexto da pesquisa, vinte minutos para a fase de preparação, uma hora e vinte minutos para as fases de modelagem e análise, trinta minutos para a avaliação final do método.

7.2.1 Contexto da pesquisa

Foi feita uma apresentação breve e objetiva sobre as intenções do grupo focal, BIM de uma forma geral, e BIM 4D. Depois disso, foi entregue em *pen*

drive para cada participante todos os arquivos digitais que seriam utilizados na atividade.

Quadro 17 – Participantes do grupo focal

Participante	Formação Acadêmica	Atuação Profissional
Profissional 1	Engenharia Ambiental e Sanitária	Sócio-diretor de escritório de projetos em instalações prediais há 6 anos e professor de Gestão Ambiental no curso de Engenharia Ambiental de uma faculdade particular. Seu processo de projeto está em transição para a plataforma BIM.
Profissional 2	Engenharia Civil	Possui 29 anos de experiência como coordenador de projetos e gerente de obras de uma construtora de médio porte. Ainda não utiliza o BIM.
Profissional 3	Arquitetura e Urbanismo	Possui 25 anos de experiência em projetos arquitetônicos e atualmente faz treinamentos no software Autodesk Revit Architecture pelo SENAI (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial).
Profissional 4	Engenharia Civil	Possui 2 anos de experiência em projetos de instalações prediais e atualmente exerce cargo de projetista em escritório de projetos complementares integrados no software Autodesk Revit Architecture.
Profissional 5	Engenharia Civil	Assim como o Profissional 4, possui 2 anos de experiência em projetos de instalações prediais e atualmente exerce cargo de projetista em escritório de projetos complementares integrados no software Autodesk Revit Architecture.
Profissional 6	Engenharia Civil	Possui 14 anos de experiência em planejamento e gerenciamento de obras, é sócio-diretor de construtora de pequeno porte e analista de projetos do INSS (Instituto Nacional do Seguro Social). Antes de iniciar suas obras, modela no Revit os projetos que recebe em CAD e compatibiliza no software Autodesk Navisworks Manage.

Fonte: Elaborado pela autora (2019)

7.2.2 Fase de preparação

Neste segundo momento, a fase de preparação do método apresentada e debatida. No arquivo do Microsoft Word entregue, os participantes avaliaram cada etapa de acordo com sua utilidade prática e facilidade, e ainda fizeram comentários, quando necessário. Na discussão, os participantes afirmaram que não havia necessidade de novas etapas, porém sugeriram algumas mudanças. Após o debate, chegaram a um consenso em relação aos tópicos:

- a. A atividade de modelagem 3D deve ser interna da empresa.

No método, apesar de já haver essa recomendação, foi dada também a opção de terceirizar essa atividade. Como a modelagem 3D influencia diretamente na modelagem 4D, é essencial que seja realizada pela própria empresa, e de preferência, pelo mesmo modelador 4D. É importante salientar que o modelador 4D não é necessariamente o responsável por elaborar o cronograma de planejamento da obra.

- b. O treinamento para a implementação é exagerado.

Todos da equipe devem entender o que é o BIM, planejamento 4D e qual será o seu impacto na empresa, tópicos estes que são propostos no primeiro passo do método, o diagnóstico organizacional e planejamento estratégico. Porém, apenas o(s) modelador(es) deve(m) passar pelo treinamento de *software*, podendo assim, reduzir os custos da implementação.

No intuito de economizar recursos, o próprio modelador que tiver passado pelo treinamento avançado pode dar o treinamento básico aos usuários da equipe de obra, visando aprender a navegar e fazer ajustes no modelo. É essencial que pelo menos o responsável pelo gerenciamento da obra receba esse treinamento.

- c. Não é necessário a definição de um gerente BIM.

Primeiramente houve controvérsias quanto a esse tópico. Alguns participantes afirmaram que no caso de uma implementação do BIM apenas para o planejamento 4D, “gerente BIM” é apenas um termo extra para o modelador 4D. Porém, muitas vezes o modelador não passa de alguém que entende de

software. O Gerente BIM deve ter capacidade de comunicação, entendimento da execução da obra, gestão e coordenação de projetos.

A literatura mostra que um erro bastante comum na implementação do BIM é deixar essa função subordinada à área de Tecnologia da Informação (TI) da empresa, ou buscar somente profissionais qualificados no uso de determinados softwares. O gerente BIM deve participar efetivamente das decisões de todas as áreas envolvidas no projeto, por isso é preciso que tenha vivência com o planejamento. Dependendo do porte da empresa, é impossível a mesma pessoa exercer o cargo de modelador e gerente BIM. Sendo assim, foi acordado que o engenheiro responsável pela obra, um dos usuários do modelo, é um profissional apto a exercer esse posto. Se não for ele, que seja alguém próximo a este.

7.2.3 Fases de modelagem e análise

O terceiro momento foi de demonstrar a modelagem BIM 4D no software, para que os participantes tentassem replicar em seus *notebooks*, seguindo o método esquematizado de forma resumida e a fase de modelagem ampliada. No momento de inicializar o software, foi percebido que a licença de um dos participantes havia expirado porque no módulo de orçamento, ao invés da licença de 1 ano, da qual ele tinha direito por ser aluno da pós-graduação, o mesmo adquiriu a licença de teste de 30 dias. Como não tinha como resolver isso no momento, ele se juntou com outro participante para realizar a atividade.

Os participantes abriram no Navisworks o arquivo de Revit repassado no início do grupo focal. O projeto se trata da modelagem 3D de um edifício de quatro pavimentos. Também abriram o arquivo de Excel entregue, com o cronograma do edifício pronto, com exceção das modificações que são feitas durante o método. O participante 6 tinha o Ms Project instalado no seu notebook e optou por passar a planilha do Excel para a ferramenta de planejamento. O cronograma já estava preenchido com as colunas de nome da atividade, data de início planejado, data de término planejado, data de início real e data de término real.

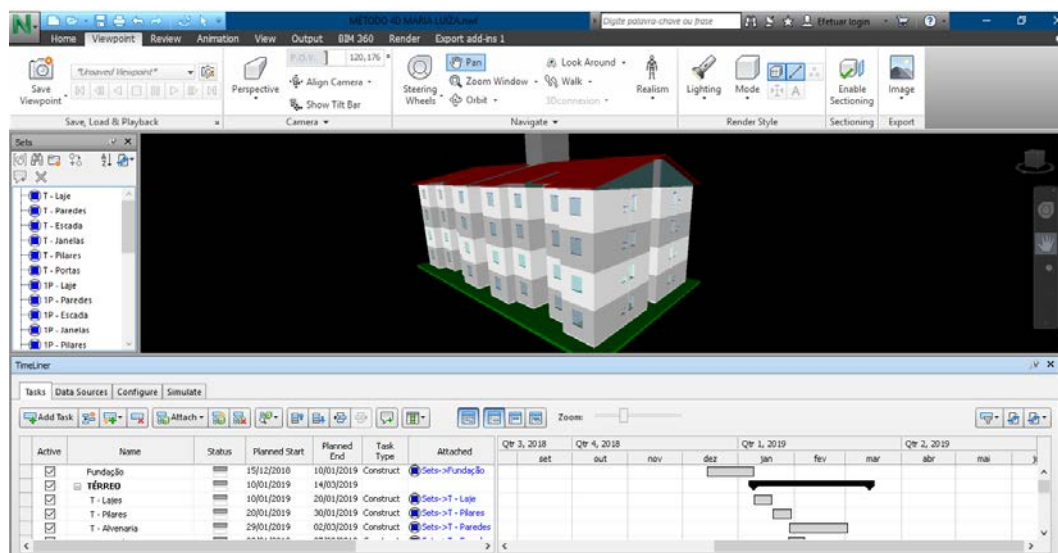
Foi demonstrado rapidamente como fazer cada etapa apenas para o primeiro pavimento do edifício, e logo em seguida, os participantes tentaram

replicar nas suas máquinas os passos para todos os pavimentos, seguindo o esquema do PDF. Cinco dos participantes tiveram dúvida na importação do cronograma do Excel para o Navisworks, por ter que fazer os ajustes no arquivo convertido para CSV, mas que com uma breve explicação foi resolvida. O único que não teve dúvida quanto a isso era o que havia importado o cronograma do Ms Project.

Os participantes também sentiram dificuldade em criar os conjuntos de seleção pela ferramenta “Procurar Itens”, que é a mais indicada para projetos maiores por ter mais precisão e poder exportar Sets para serem utilizados em modelos futuros. Diante disso, todos optaram por criar os conjuntos de seleção pela Árvore de Seleção, o que não causou transtorno por serem poucos Sets (34: Lajes, contrapiso, pilares, alvenaria, reboco, escada, portas e janelas para cada pavimento, e telhado).

A Figura 62 mostra o edifício com o cronograma importado, tipos de tarefa configurados, conjuntos de seleção criados e vinculados às tarefas.

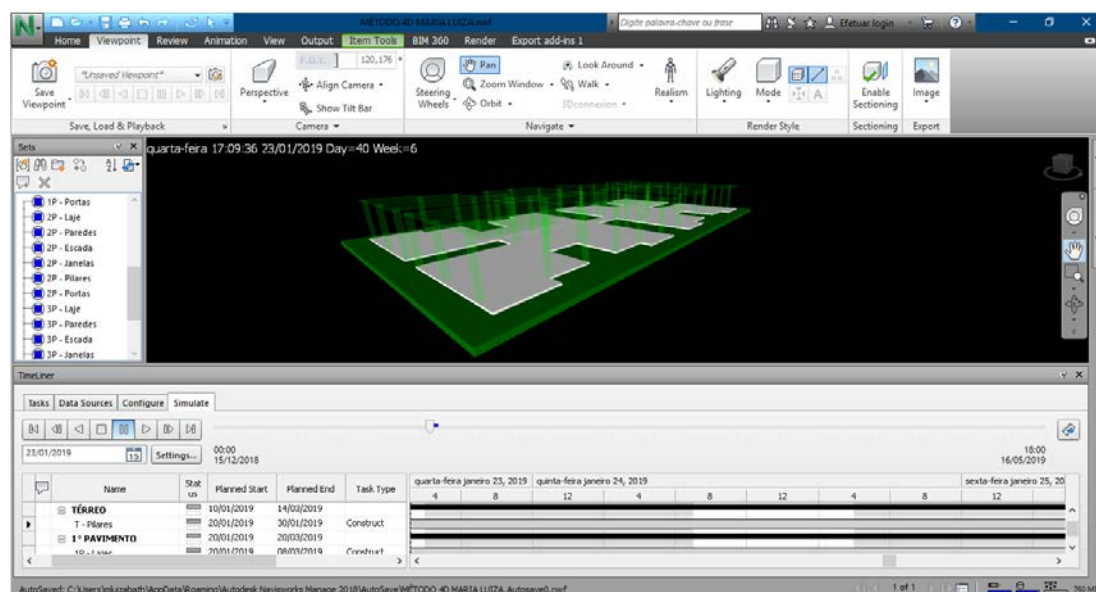
Figura 62 – Modelo 4D para a fase de avaliação do método



Fonte: Autora (2018)

O cronograma foi feito com alguns erros propositais de sequência de atividades e durações irreais de algumas atividades para que fossem identificados durante a simulação pelos participantes e eles tomassem a decisão na fase de análise. Por exemplo, a laje do primeiro pavimento iniciava antes da finalização dos pilares do térreo, como pode ser visto na Figura 63.

Figura 63 – Simulação do modelo 4D



Fonte: Autora (2018)

Os participantes fizeram diferentes ajustes no modelo para notar o impacto de cada cenário criado. Posteriormente, foram discutidas as fases de modelagem e de análise.

7.3.4 Avaliação final do método

O documento que já havia sido entregue continha dois quadros para avaliar as três fases do método proposto, de acordo com a sua utilidade e facilidade de aplicação. Os participantes avaliaram entre 0 (nenhuma), 1 (pouca), 2 (média) e 3 (muita) estas duas questões e justificaram no debate as suas escolhas. Os Quadros 18 e 19, mostram respectivamente, a avaliação final das fases de preparação, modelagem e análise do método.

Quadro 18 – Avaliação final da fase de preparação do método

Participante	Utilidade Prática				Facilidade de aplicação			
	0	1	2	3	0	1	2	3
Profissional 1		X					X	
Profissional 2				X			X	
Profissional 3				X				X
Profissional 4				X				X
Profissional 5				X				X
Profissional 6				X			X	

Fonte: Elaborado pela autora (2019)

Quadro 19 – Avaliação final das fases de modelagem e análise do método

Participante	Utilidade Prática				Facilidade de aplicação			
	0	1	2	3	0	1	2	3
Profissional 1		X						X
Profissional 2				X			X	
Profissional 3				X				X
Profissional 4				X				X
Profissional 5				X				X
Profissional 6				X				X

Fonte: Elaborado pela autora (2019)

No que diz respeito à facilidade de aplicação, o comentário geral é de que, após as mudanças sugeridas na fase de preparação, todas as fases estão muito bem definidas e compreensíveis. Três profissionais atribuíram a nota 2 (média) para a fase de preparação não por causa do método em si, mas porque a migração para o BIM não é simples, já que representa uma mudança de cultura.

Para as fases de modelagem e análise, apenas um profissional deu a nota 2 porque segundo ele, não possui habilidade de *software* suficiente e por esse motivo, certamente não teria condições de ser o modelador 4D. Os demais avaliaram como muito fácil, principalmente pelo fato de o software ser bastante intuitivo e ter uma interface amigável. De acordo com eles, as maiores dificuldades estão na tomada de decisões por parte do planejador.

Quanto à utilidade prática do método, para o profissional 1, as três fases do método possuem pouca utilidade, pois ele não vê tanta importância no 4D quanto outras dimensões do BIM e considera as técnicas tradicionais de planejamento como sendo eficientes. Disse também que sempre termina encontrando uma saída para os problemas de obra. Ainda comparou o planejamento 4D com o chamado “*Hollywood BIM*”, que é uma expressão utilizada para se referir à elaboração de um modelo somente para fins de *marketing*, seja este com imagens renderizadas de alta qualidade do projeto em 3D, ou vídeos e animações de um modelo 4D.

No entanto, todos os demais profissionais, dos quais dois deles possuem muitos anos de experiência com planejamento, rebateram a opinião do primeiro participante, ao afirmarem que veem o BIM 4D como sendo essencial no gerenciamento de obras. Para um deles, o planejamento com o BIM vem para

antecipar o planejamento, evitando exatamente o que o profissional 1 disse, o chamado “apagar incêndios” no canteiro.

Essa discussão levou ao próximo tópico do documento, que era saber se os participantes acham que o investimento necessário (licenças de software, treinamento, hardware) para implementar o BIM em uma empresa visando o planejamento 4D é válido. Inicialmente os cinco últimos participantes disseram que sim, enquanto que o primeiro disse não.

O penúltimo tópico a ser discutido era sobre a abrangência do método. Na opinião dos participantes, este pode ser aplicado para qualquer empreendimento, mas o seu custo-benefício varia para os diferentes portes de obra. Chegou-se a um consenso de que essa relação é positiva para todos os tipos, mas é mais favorável para obras de grande porte. Quanto maior for o projeto, mais ganhos pode-se ter com a utilização da modelagem 4D para simulação virtual da construção.

Para encerrar o grupo focal, foi questionado se os participantes gostariam de fazer suas considerações finais a respeito do método para o planejamento 4D. O profissional 2 expôs o seguinte:

“Quando se faz somente o planejamento no papel, fica difícil ver o desenvolvimento da obra a nível espacial. Isso é mais acentuado ainda quando se trata de obras como hospitais, shoppings, usinas elétricas, ou até trazendo mais para a nossa realidade, edifícios de múltiplos pavimentos, conjuntos habitacionais, etc. Para nós engenheiros, poder visualizar o andamento da obra, apresentando uma visão mais precisa da sequência de construção, isso faz toda a diferença para quem está gerenciando a obra. Traz muito mais segurança para as nossas decisões.”

O participante 1 se expressou da seguinte maneira:

“Talvez faça sentido utilizar o BIM 4D para obras de grande porte, como foi mencionado o exemplo da Odebrecht. Não lido planejamento, mas pra mim o BIM 4D continua sendo algo muito distante da nossa realidade. Considero utópico, ilusório. É bonito, mas não imagino um engenheiro de obra utilizando um modelo 4D para tomar decisões no dia-a-dia do canteiro de obras.”

Por fim, o participante 6 complementou com a fala abaixo:

“Eu acho que o planejamento 4D só se torna o BIM Hollywood, como o colega falou, quando não se sabe utilizar o modelo corretamente e os seus ganhos deixam de ser aproveitados. Ou seja, quando o engenheiro não está suficientemente preparado para o BIM, pois não é só saber utilizar o software. Por isso a fase de preparação é de extrema importância e ter isso descrito em um método facilita um tanto para guiar as pessoas. A fase de modelagem está tão detalhada que eu acho que até quem não fizer o treinamento de Navis vai conseguir fazer as simulações de planejamento.”

7.3.5 Encerramento do grupo focal

Após o fim da avaliação do método, a pesquisadora recolheu os arquivos de avaliação para tratar os dados posteriormente e utilizá-los como base para o refinamento do método.

A previsão inicial era de que o grupo focal tivesse duração média de duas horas: vinte minutos para a acomodação dos participantes e apresentação do contexto da pesquisa, vinte minutos para a fase de preparação, uma hora para as fases de modelagem e análise, vinte minutos para a avaliação final do método.

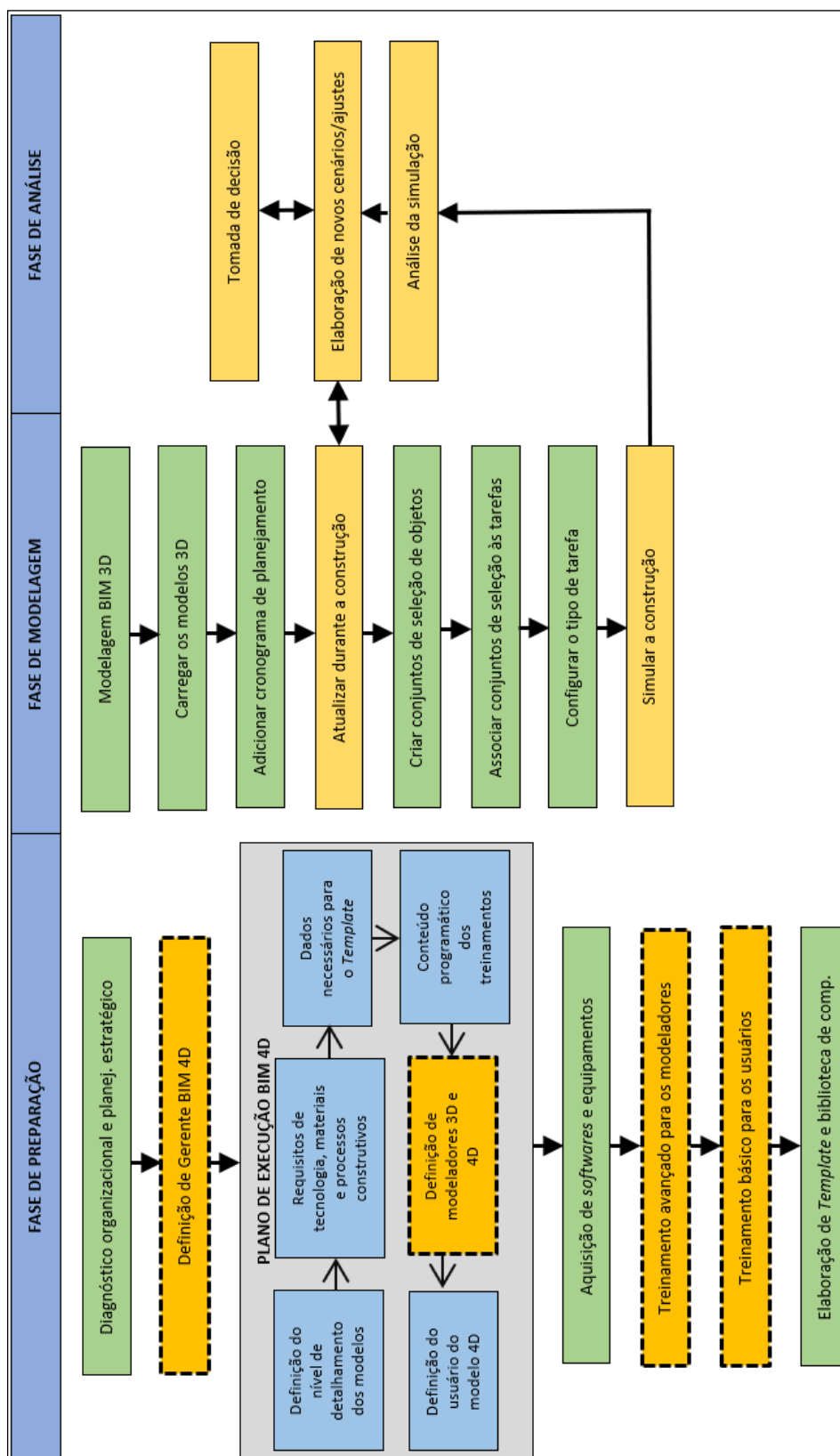
A atividade teve o seu começo com alguns minutos depois do horário estabelecido devido ao atraso de alguns participantes ocasionado por engarrafamento no trânsito. A discussão da fase de preparação e as fases de modelagem e análise, principalmente, ultrapassaram o tempo calculado. Em contrapartida, os momentos de contexto da pesquisa e avaliação final do método foram mais rápidos que o esperado. A partir do seu início real, o grupo focal teve duração de cerca de duas horas e trinta minutos.

7.3 Refinamento do método proposto

Neste item será apresentado a segunda versão do método proposto para a implementação da modelagem BIM 4D em empresas construtoras, incorporando as sugestões dos profissionais no grupo focal. Não foi solicitado alterar as fases de modelagem e análise, pois os participantes concordaram que estavam completas para o seu propósito. No entanto, foram recomendadas alterações na fase de preparação. A Figura 64 esquematiza a segunda versão

do método. As etapas da fase de preparação que sofreram modificação estão destacadas.

Figura 64 – Segunda versão do método



Fonte: Autora (2018)

A empresa que desejar fazer a implementação, deve optar por contratar um profissional para ficar encarregado pela modelagem 3D ou treinar um de seus funcionários, contanto que esta seja obrigatoriamente uma atividade interna da construtora. Dependendo da quantidade de empreendimentos da empresa, os papéis de modelador 3D e 4D podem ser exercidos pela mesma pessoa.

Todos os membros da equipe de planejamento e construção devem participar de uma palestra inicial para entender o que é BIM, planejamento 4D e o impacto que a empresa sofrerá com a sua implementação. No entanto, apenas os responsáveis pela modelagem devem passar pelo treinamento avançado de software a ser realizado posteriormente. Foi sugerido ainda que estes (caso haja mais de um) deem o treinamento básico aos usuários do modelo 4D da equipe de obra. É imprescindível que o responsável pelo gerenciamento da obra passe por esse treinamento, independentemente de haver outros usuários.

Alguns dos participantes recomendaram a retirada da etapa de definição do gerente BIM, pois a julgaram desnecessária, já que a implementação é de apenas um uso específico do BIM e essa função termina sendo mais uma denominação do modelador 4D. Porém, conforme foi discutido, faz mais sentido este papel ser exercido por um dos usuários do que o modelador, que muitas vezes só possui conhecimento de *software*.

O gerente BIM deve ter capacidade de comunicação, entendimento da execução da obra, gestão e coordenação de projetos, e que faça parte da interação escritório-obra. Ou seja, este deverá participar de reuniões de planejamento que antecedem a elaboração da modelagem e ter contato com a execução da obra. Portanto, o responsável pelo gerenciamento da obra é um profissional qualificado para este cargo. O nome da etapa foi alterado para “Definição de Gerente BIM 4D”, pois é mais adequado, já que é especificamente para esta dimensão. A Figura 89 esquematiza a segunda versão do método. As etapas da fase de preparação que sofreram modificação estão destacadas.

7.4 Considerações finais

Este capítulo descreveu o método criado no desenvolvimento da pesquisa. Buscou-se explicar minuciosamente os passos para que não haja dúvidas em nenhuma das três fases. O artefato foi avaliado e aprovado por

profissionais da construção civil com conhecimento prévio de BIM, porém um destes não vê tanta importância no BIM 4D. Foram feitas sugestões de aperfeiçoamento do método e discutidas em grupo.

CAPÍTULO 8

Considerações Finais

Este capítulo apresenta as conclusões do trabalho, suas contribuições aos mundos acadêmico e profissional, e em seguida faz sugestões para pesquisas futuras.

8.1 Conclusões

A modelagem BIM 4D é um poderoso artifício de comunicação que pode assegurar um elevado nível de compreensão e alinhamento sobre as etapas de uma construção para uma equipe de projeto. Facilita o entendimento de todos os envolvidos, mesmo que não possuam formação técnica, como por exemplo, um proprietário, investidor ou outros profissionais. Há softwares que possibilitam que sejam criadas simulações e animações, nas quais é visualizado, de maneira natural e intuitiva, o encadeamento das atividades programadas, verificando as regras de precedência e dependências entre as mesmas.

Por meio destas simulações, são feitas análises de construtibilidade ao verificar interferências, riscos de segurança, logística de pessoas e elementos do canteiro de obras, entre outras. Estes recursos visam antecipar o planejamento evitando surpresas durante a execução, quando a flexibilidade para a tomada de decisão já é demasiadamente menor. Dessa forma, o BIM 4D permite minimizar os conflitos e problemas que só serão notados na fase de construção, garantindo maior assertividade no cumprimento de prazos.

Neste trabalho, desenvolveu-se um método para guiar empresas construtoras à implementação da modelagem BIM 4D voltada para a simulação de processos construtivos. No intuito de justificar a necessidade e importância da criação deste artefato, o objetivo da pesquisa foi proposto em virtude das lacunas teórica e prática identificadas.

Através da revisão da literatura, foi possível identificar a inexistência de métodos detalhados para a implementação desta dimensão do BIM. No geral,

não se é discutido os passos iniciais de preparação da empresa para a modelagem, nem mesmo no guia de maior referência do BIM, e a fase de modelagem se resume em definir o sequenciamento de atividades do cronograma e associá-las aos componentes do modelo 3D. Quanto à lacuna prática, foi verificado através da aplicação de um questionário, que o BIM ainda não é utilizado para o planejamento nos estados do Rio Grande do Norte e da Paraíba.

Diante deste escopo de pesquisa, as maiores contribuições do trabalho estão na revisão da literatura sobre o BIM 4D, dados importantes sobre a utilização do BIM nos estados do Rio Grande do Norte e da Paraíba, e por fim, a elaboração de um método para o planejamento 4D.

Na revisão da produção científica sobre o BIM 4D, ao se obter uma amostra considerável de artigos em um intervalo temporal de dez anos, sendo catalogados exemplares de todos os anos relacionados, foi observado que o número de estudos publicados sobre o tema vem crescendo substancialmente ao longo dos anos. Foram constatados os núcleos de pesquisa mais atuantes do mundo, incluindo autores, instituições e países que mais publicam, palavras-chave mais utilizadas e principais veículos de publicação. Além disso, por meio de uma análise crítica do conteúdo dos artigos, estes foram distribuídos em dez sub-temas distintos. O assunto mais abordado foi a implementação do BIM 4D, totalizando cerca de 32% da amostra total e quase todos eles serem estudos de caso, mostra que a modelagem 4D está sendo estudada não só no mundo acadêmico, como também aplicada em projetos reais de construção. A classificação dos estudos quanto ao seu conteúdo possibilita a identificação de lacunas na literatura e orienta pesquisadores que queiram adentrar nesta dimensão do BIM.

A segunda grande contribuição do trabalho está na caracterização pioneira do uso do BIM nos estados do Rio Grande do Norte e na Paraíba. Foi feita a análise regional de forma detalhada através da aplicação de um questionário eletrônico em empresas relacionadas ao setor da construção civil nesses estados. Este diagnóstico regional permitiu a compreensão da implementação do BIM de forma mais complexa, na qual é possível perceber ganhos e necessidades urgentes em ambos os estados.

Mesmo que por meio de resultados positivos e até não esperados pela pesquisadora, é evidente que o uso do BIM nestes estados ainda não é majoritário e encontra diversos obstáculos árdios, como a falta de mão de obra especializada, o custo da tecnologia, ou questões de interesse pessoal dos profissionais da indústria AEC. As finalidades de uso mais destacadas são a modelagem 3D da arquitetura, compatibilização de projetos, levantamento quantitativo e a maior parte destas atividades são realizadas na própria empresa. Isso pode se associar ao fato da maior dificuldade apontada em ambos os estados ser justamente o fato de projetistas externos com que a empresa trabalha não utilizarem o BIM.

A partir destes resultados, podem ser elaborados guias, manuais, diretrizes específicos para enfrentar as dificuldades encontradas no RN e na PB. Portanto, a percepção destas dificuldades e particularidades da implementação do BIM regional, além de compreender barreiras não analisadas em pesquisas nacionais e generalistas pode impulsionar a sua disseminação de maneira mais rápida e adequada. Justamente por entender que os obstáculos variam de um local para o outro, mesmo com a Estratégia BIM BR lançada, o estado o Rio de Janeiro instituiu a Estratégia BIM RJ.

Dessa forma, a caracterização representa o ponto de partida para a difusão do BIM regional, e consequentemente, nacional. Após a oficialização do decreto 9.377, a tendência é de que parte das empresas já estejam buscando ou pelo menos tenham intenção de se adaptar às novas exigências. Vale salientar que a maioria dos respondentes do questionário que ainda não utiliza o BIM afirmou que pretende se adaptar e usufruir dessa tecnologia futuramente, com exceção de 15,8% da Paraíba, que até então não tem essa intenção. Manuais característicos destes locais darão um direcionamento apropriado aos profissionais e empresas.

A terceira e última contribuição foi a proposição do método para a implementação da modelagem BIM 4D. Este foi dividido em três fases, as quais são a de preparação da empresa, de modelagem 3D e 4D e de tomada de decisão a partir da análise da visualização 4D. Ao apresentar etapas anteriores e posteriores à de modelagem específicas para o BIM 4D, e ainda detalhar esta, o artefato criado supera as carências constatadas nos manuais de

implementação analisados. Sem um direcionamento correto, um erro comum em implementações malsucedidas é iniciar pela fase de modelagem.

A fase de preparação proposta informa requisitos cruciais para uma implementação adequada e por isso não deve ser ignorada. No geral, os modelos autorais desenvolvidos por arquitetos e projetistas não se enquadram no planejamento 4D. Por isso, para a utilização do BIM 4D, é necessário que desde a modelagem 3D o modelo seja feito visando atender os seus objetivos. Como o objetivo geral dos modelos 4D é comunicar visualmente o plano de construção para as partes interessadas, o método também instrui que conforme se torne necessário ao gestor, é possível e recomendado criar novos modelos BIM 4D em intervalo de tempo menores para analisar melhor atividades.

Isso será possível dependendo do nível de detalhamento (LOD) do modelo. Uma parede pode ser modelada como elemento único ou com seus diferentes componentes. Isso requer mais detalhamento do planejamento de longo prazo e conseqüentemente, do modelo 3D. Por esse motivo, a fase de preparação deixa claro que o nível de detalhamento é definido de acordo com a intenção do usuário do modelo. Não adianta criar o modelo 3D do empreendimento se na modelagem 4D for constatado que não é possível alcançar tal visualização.

Na fase de modelagem, visando não sintetizar as etapas à vinculação de elementos do modelo 3D às tarefas agendadas, foi apresentado o passo a passo detalhado com dicas que não são repassadas em cursos de software, e sim aprendidas na prática. As sub-etapas da modelagem foram apresentadas para o Autodesk Navisworks Manage por sua empresa fabricante ser a dominante do mercado brasileiro de softwares BIM. No entanto, as etapas de modelagem são basicamente as mesmas do seu software concorrente da Bentley, o Synchro. Na terceira fase do método, a elaboração de novas alternativas de planos e cenários podem ser simulados para fornecer ao usuário do modelo 4D informações concretas para apoiar a tomada de decisão.

A eficiência do método foi avaliada em um grupo focal formado por profissionais da indústria AEC com conhecimento prévio em BIM. Estes testaram, discutiram e julgaram o artefato quanto à sua facilidade de uso e utilidade. Foi observado que a modelagem 4D pode ser bastante cansativa e tomar tempo considerável do modelador, além de exigir monitoramento

constante, mas isso não significa que seja complexa. Os participantes consideraram o método proposto para a modelagem fácil de ser aplicado. Já a preparação foi tida como facilidade mediana, pois envolve pessoas, processos e tecnologias. Quanto à utilidade, apenas um dos participantes considerou pouco útil, mas não pelo método em si, e sim pelo BIM 4D. Para ele, as ferramentas tradicionais de planejamento são suficientes para o gerenciamento de obras. Porém, ao combinar um modelo 3D com a sua construção ao longo do tempo, o BIM 4D apresenta a sequência executiva de forma mais eficiente do que um diagrama de Gantt. O resultado é notadamente visual, o que facilita a troca de informações com todas as partes envolvidas.

8.2 Limitações da pesquisa

A pesquisa apresenta limitações para todas as contribuições citadas. Na revisão sistemática sobre o BIM 4D, a amostra de artigos foi obtida baseada nos procedimentos de busca estabelecidos. Qualquer alteração na escolha de palavras de busca, formulação de *strings*, bases e acervos de pesquisa e intervalo temporal resultará em um conjunto de artigos diferente.

Na caracterização regional, o trabalho apresentou como limitação a aplicação do questionário em apenas dois dos nove estados do Nordeste. Ainda que seja um avanço em comparação com pesquisas nacionais, não representa fielmente a região inteira e os seus resultados ainda podem ser considerados discrepantes com a realidade dos demais.

Quanto ao método, este foi criado de acordo com o estudo empírico realizado, na qual foram testadas fazer simulações para os processos construtivos do planejamento de curto, médio e longo prazo da obra. Embora as fases de preparação, modelagem e análise sirvam para qualquer tipo e porte de empreendimento, as duas últimas fases podem necessitar de ajustes, dependendo do processo de planejamento adotado pela empresa. O método não abrange etapas de planejamento e controle da produção, portanto, se torna insuficiente para o monitoramento de sistemas de planejamento que sejam fundamentados nisso. O *Last Planner*, por exemplo, além dos processos construtivos, prevê todo o fluxo de pessoas, materiais e equipamentos. Necessita, portanto, de mais elementos no modelo para representar esses adicionais, e principalmente, maior detalhamento das atividades.

8.3 Recomendações para trabalhos futuros

Ao finalizar este trabalho, foram pensadas algumas sugestões de trabalhos futuros, novamente baseado nas principais contribuições. Conforme foi visto que o número de estudos realizados sobre o BIM 4D vem crescendo substancialmente ao longo dos anos, sugere-se que seja realizado uma nova revisão da literatura acerca do tema, abrangendo anos mais recentes, bem como sejam incluídas outras bases de pesquisa e termos de busca.

Também é recomendado aplicar o questionário, em anexo, sobre a utilização do BIM em outros estados do país, afim de se ter perspectivas regionais e evitar generalizações encontradas em pesquisas nacionais. A partir deste, podem surgir inúmeras pesquisas. Por exemplo, a comparação da utilização do BIM em outros estados brasileiros com os que já foram caracterizados. A análise entre estados vizinhos também é interessante, pois apesar da proximidade, podem apresentar realidades bastante distintas e o motivo para isso pode ser estudado. Além disso, as perguntas do questionário podem ser exploradas individualmente. Como o questionário abordou o período de recessão econômica, pode-se investigar o quanto isso influenciou na implementação do BIM. Sabe-se que muitas empresas demitiram e deixaram de investir como estratégia para corte de gastos, mas é possível que algumas empresas tenham aproveitado a diminuição de carga de trabalho para treinamentos e capacitação, ou procurado tecnologias que otimizem os seus processos.

Por fim, sugere-se implementar a modelagem BIM 4D em uma empresa construtora com base no método proposto, registrar os resultados obtidos e a partir destes propor melhorias ao artefato apresentado. O método também pode ser ampliado para englobar o planejamento e controle da produção, superando assim, as limitações mencionadas anteriormente.

Ainda em relação a pôr em prática o método proposto, pode-se investigar quantas pessoas estão de fato envolvidas no processo, especialmente para os papéis de modeladores 3D e 4D, e se estes realmente podem ser assumidos pelo mesmo profissional. Ao testar o método, podem ser criadas métricas para mensurar o tempo gasto com modelagem e o custo-benefício de implementar o BIM 4D em uma empresa construtora.

Em termos tecnológicos, sugere-se testar as etapas da fase de modelagem do método em outras ferramentas computacionais, como por exemplo, o Synchro, afim de identificar se há a necessidade de ajustes ou adaptações. Ao fazer isso, pode-se segmentar em sub-etapas, assim como foi feito para o Navisworks, e registrar o passo a passo para que a comunidade possa comparar a facilidade de uso das ferramentas para realizar o planejamento 4D.

Referências

ANDRADE, M. L. V. X.; RUSCHEL, R. C. Interoperabilidade de aplicativos BIM usados em arquitetura por meio do formato IFC. *Gestão & tecnologia de projetos*, v. 4, n. 2, p. p. 76-111, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15965: Sistema de classificação da informação da construção. Rio de Janeiro: ABNT, 2015. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA. Guia

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA. Guia AsBEA Boas Práticas em BIM. São Paulo, 2013. Fascículo 1, 20 p. Disponível em: <<http://www.asbea.org.br/escritorios-arquitetura/noticias/acesse-oguia-bim-pelo-site-da-asbea-301753-1.asp>>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA. Guia AsBEA Boas Práticas em BIM. São Paulo, 2013. Fascículo 2, 20 p. Disponível em: <<http://www.asbea.org.br/escritorios-arquitetura/noticias/acesse-oguia-bim-pelo-site-da-asbea-301753-1.asp>>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE PESQUISA - ABEP. Critério Brasil: Novo Critério de Classificação Econômica Brasil 2016. Disponível em: <<http://www.abep.org/criterio-brasil>>.

BALLARD, H. G. The Last Planner System of Production Control. 192f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - School of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Birmingham, Birmingham, 2000.

BATAGLIN, F. S. ; VIANA, D. D. ; PEÑALOZA, G. A. ; SMOLINSKI, A. J. ; FORMOSO, Carlos Torres ; BULHOES, I. R. . Uso da simulação BIM 4D para apoio à gestão de processos logísticos em obras de sistemas pré-fabricados de concreto. In: **XVI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, 2016, São Paulo. Anais [do] XVI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído: desafios e perspectivas da internacionalização da construção. Porto Alegre: ANTAC, 2016. v. 1.

BIMForum. **Level of Development Specification** – Draft for public, 2016, p. 12. Disponível em: <<http://bimforum.org/lod/>> Acesso em: 9 out. 2018.

BIOTTO, C. N.; FORMOSO, C. T.; ISATTO, E. L. Uso de modelagem 4D e Building Information Modeling na gestão de sistemas de produção em empreendimentos de construção. **Ambiente Construído**, v. 15, n. 2, p.79-96, jun. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212015000200015>.

BORGES, M. L. A. E.; SOUZA, I. C., MELO, R. S. S., GIESTA, J. P. 4D Building Information Modelling: A Systematic Mapping Study. In: **International Association for Automation and Robotics in Construction**, 2018, Berlim. 2018 Proceedings of the 35th ISARC, 2018. p. 500-506.

BRITO, D. M. de; FERREIRA, E. de A. M. Avaliação de estratégias para representação e análise do planejamento e controle de obras utilizando modelos BIM 4D. **Ambiente Construído**, v. 15, n. 4, p.203-223, dez. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212015000400047>.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO – CBIC. **Coletânea Implementação do BIM para construtoras e incorporadoras**. 2016 Brasília – DF. Disponível em: <<http://cbic.org.br/bim/>>.

CAMPESTRINI, T.; GARRIDO, M.; MENDES JUNIOR, R.; SCHEER, S.; FREIRAS, Maria do Carmo Duarte. **Entendendo BIM: Uma visão do projeto de construção sob o foco da informação**. Curitiba, 2015. 115 p.

CARMONA, F.; CARVALHO, M.. Caracterização da utilização do BIM no Distrito Federal. **Ambiente Construído**, v. 17, n. 4, p.385-401, dez. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212017000400203>.

CASTRONOVO, F.; LEE, S.; NOKOLIC, D.; MESSNER, J. Visualization in 4D Construction Management Software: A Review of Standards and Guidelines. **Computing In Civil And Building Engineering (2014)**, p.315-322, 17 jun. 2014. American Society of Civil Engineers. <http://dx.doi.org/10.1061/9780784413616>.

CHIESA, A. M.; CIAMPONE, M. H. T. **Princípios gerais para a abordagem de variáveis qualitativas e o emprego da metodologia de grupos focais**. A classificação internacional das práticas de enfermagem em saúde coletiva – CIPESC. Brasília: ABEN, 1999, p. 306-324.

CHOI, B.; LEE, Hyun-Soo; PARK, M.; CHO; Y. Framework for Work-Space Planning Using Four-Dimensional BIM in Construction Projects. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 9, n. 140, 2014. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000885](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000885)

CHIU, C; HSU, T.; WANG, M.; CHIU, H. Simulation for Steel Bridge Erection by Using BIM Tools. **28th International Symposium On Automation And Robotics In Construction (isarc 2011)**, [s.l.], p.560-563, 29 jun. 2011. International Association for Automation and Robotics in Construction (IAARC). <http://dx.doi.org/10.22260/isarc2011/0102>.

COELHO, K. M. **A Implementação e o Uso da Modelagem da Informação da Construção em Empresas de Projeto de Arquitetura**. 2017. 289 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3153/tde-13032017-100600/pt-br.php>>.

COMPUTER INTEGRATED CONSTRUCTION RESEARCH PROGRAM - CIC. **BIM Planning Guide for Facility Owners**. Version 2.0, June. The Pennsylvania State University, University Park, PA, USA. 2013. Disponível em: <<http://bim.psu.edu>>.

COMPUTER INTEGRATED CONSTRUCTION RESEARCH PROGRAM - CIC. **BIM Project Execution Planning Guide**. Version 2.0. The Pennsylvania State University, University Park, PA, EUA, 2010. Disponível em: <<http://bim.psu.edu>>.

CZMOCH, I.; PEKALA, A. Traditional Design versus BIM Based Design. **Procedia Engineering**, v. 91, p.210-215, 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.048>.

DAWOOD, N; SIKKA. Measuring the effectiveness of 4D planning as a valuable communication tool. *Journal of Information Technology in Construction*, Vol. 13, p. 620-636. Disponível em: <<http://www.itcon.org/2008/39>>

DRESCH, A.; LACERDA, D. P; ANTUNES Jr., J. A. V. Design Science Research: **Método de Pesquisa para Avanço da Ciência e Tecnologia**. Porto Alegre: Bookman, 2015.

EASTMAN, C; TEICHOLZ, P; SACKS, R; LITON, K. **Manual de BIM Handbook**: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. Tradução de Cervantes Gonçalves Ayres Filho et al. Porto Alegre: Bookman, 2014.

FARIA; D. R. G.; BARROS; M. M. S. B.; SANTOS, E. T. Proposição de um protocolo para contratação de projetos em BIM para o mercado da construção civil nacional. **XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, [s.l.], p.4774-4784, 21 set. 2016. Disponível em: <http://www.infohab.org.br/entac/2016/ENTAC2016_paper_402.pdf>

FERREIRA, B.M.L. **Desenvolvimento de metodologias BIM de apoio aos trabalhos construtivos de medição e orçamentação**. Dissertação de mestrado, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, 2015.

FERREIRA, E.; DE MATOS, F.; GARCIA, M. Avaliação do processo de modelagem da edificação e do canteiro de obras no desenvolvimento de projetos 4D. In: **ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, 14., 2012, Juiz de Fora. Anais... Juiz De Fora: ANTAC, 2012.

FLORIO, W. Modelagem Paramétrica, Criatividade e Projeto: duas experiências com estudantes de arquitetura. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, v. 6, n. 2, p. 43-66, dez. 2011.

GARDEZI, S. S. S. et al. Challenges for Implementation of Building Information Modeling (BIM) in Malaysian Construction Industry. **Applied Mechanics and Materials**, v. 567, p. 559-564, jun. 2014.

GENERAL SERVICES ADMINISTRATION – GSA. (2007). **GSA Building Information Modeling Guide Series 04 – 4D Phasing**. Washington, DC, EUA. 2009. Disponível em: <https://www.gsa.gov/real-estate/design-construction/3d4d-building-information-modeling/bim-guides/bim-guide-04-4d-phasing>.

GLEDSON, B.; GREENWOOD, D. The implementation and use of 4D BIM and Virtual Construction. In: **Proceedings of the 30th Annual ARCOM Conference**, 1-3 September 2014, Portsmouth, UK.

GLEDSON, B.; GREENWOOD, D. Surveying the extent and use of 4D BIM in the UK. **Journal of Information Technology in Construction**, Vol. 21, p. 57-71, jan. 2016. https://www.itcon.org/papers/2016_4.content.02642.pdf

GOLPAVARD-FARD, M.; MORA, F., SAVARESE, S. D4AR A 4-Dimensional Augmented Reality Construction Progress Monitoring Data Collection, Processing and Communication, **Journal of Information Technology in Construction**. v. 14; p. 129-153, jun. 2009.

GOVERNO DE SANTA CATARINA - SECRETARIA DE ESTADO DO PLANEJAMENTO - DIRETORIA DE PLANEJAMENTO - COMITÉ DE OBRAS PÚBLICAS. **Caderno de Apresentação de Projetos em BIM. 2014**. Caderno Técnico.

JIANPING, Z.; YANG, Z.; ZHENZONG, H.; MING, L. Construction Management Utilizing 4D CAD and Operations Simulation Methodologies. **Tsinghua Science and Technology**, 13 (S1), 241-247, 2008.

JONES, S.; BERNSTEIN, H. The Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets: How Contractors Around the World Are Driving Innovation With Building Information Modeling. MCGRAW-HILL CONSTRUCTION SMARTMARKET REPORT. Bedford: Copyright, 2014.

KAMARDEEN, Imriyas. **8D BIM Modelling tool for accident prevention through design**. Faculty of Build Enviroment, University of New South Wales, Australia, 2010.

HARTMANN, T; GAO, J; FISCHER, M. Areas of Application for 3D and 4D Models on Construction Projects. **Journal Of Construction Engineering And Management**, v. 134, n. 10, p.776-785, out. 2008. American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9364\(2008\)134:10\(776\)](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)0733-9364(2008)134:10(776)).

KASSEM, M.; SUCCAR, B.; DAWOOD, N. Building Information Modeling: Analyzing. Noteworthy Publications of Eight Countries Using a Knowledge Content Taxonomy. In: **ASCE Building Information Modeling: Applications and Practices**. Gainesville, FL: University of Florida, 2015. Cap. 13, p. 329-371.

KIM, Inhan; KIM, Jieun; SEO, Jongcheol. Development of an IFC-based IDF Converter for Supporting Energy Performance Assessment in the Early Design Phase. **Journal Of Asian Architecture And Building Engineering**, [s.l.], v. 11, n. 2, p.313-320, nov. 2012. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.3130/jaabe.11.313>.

KIM, C.; SON, H.; KIM, C. Automated construction progress measurement using a 4D building information model and 3D data. **Automation In Construction**, [s.l.], v. 31, p.75-82, 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2012.11.041>.

KOO, B.; FISCHER, M. Feasibility Study of 4D CAD in Commercial Construction. **Journal Of Construction Engineering And Management**, v. 126, n. 4, p.251-260, jul. 2000. American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9364\(2000\)126:4\(251\)](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)0733-9364(2000)126:4(251)).

KOSKELA, L.; SACKS, R.; DAVE, B. A.; OWEN, R.. Interaction of Lean and Building Information Modeling in Construction. **Journal Of Construction Engineering And Management**, [s.l.], v. 136, n. 9, p.968-980, set. 2010. American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0000203](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0000203).

KYMMELL, W. (2008). Building information modeling: Planning and managing construction projects with 4D CAD and simulation. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc.

LACERDA, D.P. DRESCH, A; PROENÇA, A; ANTUNES JUNIOR, J. Design Science Research: Método de Pesquisa para a Engenharia de Produção. **Gestão e Produção**, v.20, n.4, p.1-21, 2013.

LANGAR, S.; PEARCE, A. State of Adoption for Building Information Modeling (BIM) in the Southeastern United States. In: ASC ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE PROCEEDINGS, 50., Washington, 2014. **Proceedings...** Washington, 2014.

LUKKA, K. The constructive research approach. In Ojala, L. & Hilmola, O.-P. (eds.) Case study research in logistics. Publications of the Turku School of Economics and Business Administration, Series B1: 2003, p.83-101.

MAHALINGAM, Ashwin; KASHYAP, Rahul; MAHAJAN, Charudatta. An evaluation of the applicability of 4D CAD on construction projects. **Automation In Construction**, [s.l.], v. 19, n. 2, p.148-159, mar. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2009.11.015>.

MALSANE, S.; SHETH, A. Simulate construction schedules using BIM 4D application to track progress. **International Journal of Mechanical And Production Engineering**, v. 6, p.54-58, jun. 2015.

MANZIONE, L.; MELHADO, S.C Metodologia de cálculo do Nível de Desenvolvimento de um projeto em BIM. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 3.; ENCONTRO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 6., 2013, Campinas. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2013. p. 1-13.

MENDES JUNIOR, R.; SCHEER, S.; GARRIDO, M.; CAMPESTRINI, T. Utilização da modelagem da informação da construção (BIM) no planejamento e controle da produção: um estudo de caso. **XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, [s.l.], p.2913-2922, 11 nov. 2014. Marketing Aumentado. <http://dx.doi.org/10.17012/entac2014.455>.

MOON, H.; DAWOOD, N.; KANG, L. Development of workspace conflict visualization system using 4D object of work schedule. **Advanced Engineering Informatics**, v. 28, n. 1, p.50-65, jan. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aei.2013.12.001>.

MOON, H.; DAWOOD, N.; KANG, L.; KIM, K. BIM-Based Construction Scheduling Method Using Optimization Theory for Reducing Activity Overlaps. **Journal Of Computing In Civil Engineering**, v. 29, n. 3, p.1-16, maio 2015. American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)cp.1943-5487.0000342](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)cp.1943-5487.0000342).

MOTA, P.; RUSCHEL, R. Identificação do conhecimento acadêmico de BIM integrado ao gerenciamento de facilities. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016. p. 4951-4961.

MORORÓ, M.; ROMCY, N.; CARDOSO, D.; BARROS NETO, J. Proposta paramétrica para projetos sustentáveis de Habitação de Interesse Social em ambiente BIM. **Ambiente Construído**, [s.l.], v. 16, n. 4, p.27-44, dez. 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212016000400103>.

NEIVA NETO, R.; RUSCHEL, R. BIM aplicado ao projeto de fôrmas de madeira em estrutura de concreto armado. **Ambiente Construído**, [s.l.], v. 15, n. 4, p.183-201, dez. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212015000400046>

NEIVA NETO, R.; FARIA, B.; BIZELLO, S. Implantação de BIM em uma construtora de médio porte: caso prático, da modelagem a quantificação. **Parc Pesquisa em Arquitetura e Construção**, v. 5, n. 1, p.45-51, 30 jun. 2014. Universidade Estadual de Campinas. <http://dx.doi.org/10.20396/parc.v5i1.8634543>.

OH, M.; HONG, S.; LEE, J.; JEONG, Y. Integrated system for BIM-based collaborative design. **Automation In Construction**, v. 58, p.196-206, out. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2015.07.015>.

OPEN BIM NETWORK. **Open BIM Focus**. 2012. Disponível em: <http://www.openbimnetwork.com/assets/applets/OPEN_BIM_Focus_-_Issue_1_-_BIM_and_the_OPEN_BIM_Network.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2018.

PÉREZ, C.; FERNANDES, L.; COSTA, D. **A Literature Review On 4d Bim For Logistics Operations And Workspace Management**. 24th Annual Conference

Of The International Group For Lean Construction, Boston, Usa, n. 8, p.53-62, jul. 2016. Disponível em: <<http://iglc.net/Papers/Details/1245>>.

PORTAL BIM. Softwares BIM. 2011. Disponível em: <<http://portalbim.com/2011/03/25/softwares-bim/>>. Acesso em: 04 mar. 2019.

PORWAL, A.; HEWAGE, K. N.; Building Information Modeling (BIM) partnering framework for public construction projects. **Automation In Construction**, [s.l.], v. 31, p.204-214, maio 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2012.12.004>.

REKOLA, M.; KOJIMA, J.; MAKELAINEN, T. Towards Integrated Design and Delivery Solutions: Pinpointed Challenges of Process Change. **Architectural Engineering And Design Management**, v. 6, n. 4, p.264-278, 1 nov. 2010. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.3763/aedm.2010.idds4>.

RODRIGUES, K.; PAULA, H.; MESQUITA, H.; CANEDO, R. MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DE REFERÊNCIAS DO USO DO BIM NA COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL. Reec - **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, [s.l.], v. 13, n. 1, p.219-239, 24 mar. 2017. Universidade Federal de Goiás. <http://dx.doi.org/10.5216/reec.v13i1.45014>.

ROLFSEN, C.; MERSCHBROCK, C. Acceptance of Construction Scheduling Visualizations: Bar-charts, Flowline-charts, Or Perhaps BIM?. **Procedia Engineering**, v. 164, p.558-566, 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.658>.

ROJAS, Ede. Qual software BIM devo usar? 2018. Disponível em: <<https://www.e-zigurat.com/blog/pt-br/qual-software-bim-devo-usar/>>. Acesso em: 04 mar 2019.

SCHEER, S; MENDES JUNIOR, R.; CAMPESTRINI, T.; GARRIDO, M. On-Site BIM Model Use to Integrate 4D/5D Activities and Construction Works: A Case Study on a Brazilian Low Income Housing Enterprise. **Computing In Civil And Building Engineering (2014)**, [s.l.], p.455-462, 17 jun. 2014. American Society of Civil Engineers. <http://dx.doi.org/10.1061/9780784413616.057>.

SCHRAMM, F.; COSTA, D.; FORMOSO, C. O projeto do sistema de produção na gestão de empreendimentos habitacionais de interesse social. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.6, n.2, p. 59-74, abr./jun. 2006.

SIVIERO, L. A. A tecnologia BIM na gestão e manutenção dos edifícios históricos da UFRGS. 2010. 53 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SMITH, D. K.; TARDIF, M. **Building Information Modeling**: a strategic implementation guide for architects, engineers, constructors, and real estate asset managers. Hoboken: John Wiley & Sons, 2009.

STEHLING, M; RUSCHEL, R. Impactos da implantação do BIM no processo de fabricação digital: Estudo de caso de uma fábrica de móveis modulados. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 7., 2015, Recife. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2015. <http://dx.doi.org/10.5151/engpro-tic2015-012>.

STEINER, L. **Análise da implementação da plataforma BIM no setor da AEC do Estado de Santa Catarina**. 2016. 109 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2016. Disponível em: < <https://www.riuni.unisul.br/handle/12345/2194>>.

SUCCAR, B. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation In Construction**, v. 18, n. 3, p.357-375, maio 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003>.

WANG, W.; WENG, S.; WANG, S.; CHEN, C. Integrating building information models with construction process simulations for project scheduling support. **Automation In Construction**, v. 37, p.68-80, jan. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2013.10.009>.

WONG, A.; WONG, F.; NADEEM, A. Attributes of Building Information Modelling Implementations in Various Countries. **Architectural Engineering And Design Management**, v. 6, n. 4, p.288-302, 1 nov. 2010. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.3763/aedm.2010.idds6>.

VAN AKEN, J. E. Management research based on the paradigm of the design sciences: the quest for field tested and grounded technological rules. **Journal of Management Studies**, v.41, n. 2, p. 219-246, 2004.

VAN NEDERVEEN, G.A.; TOLMAN, F.P.. Modelling multiple views on buildings. **Automation In Construction**, v. 1, n. 3, p.215-224, dez. 1992. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0926-5805\(92\)90014-b](http://dx.doi.org/10.1016/0926-5805(92)90014-b).

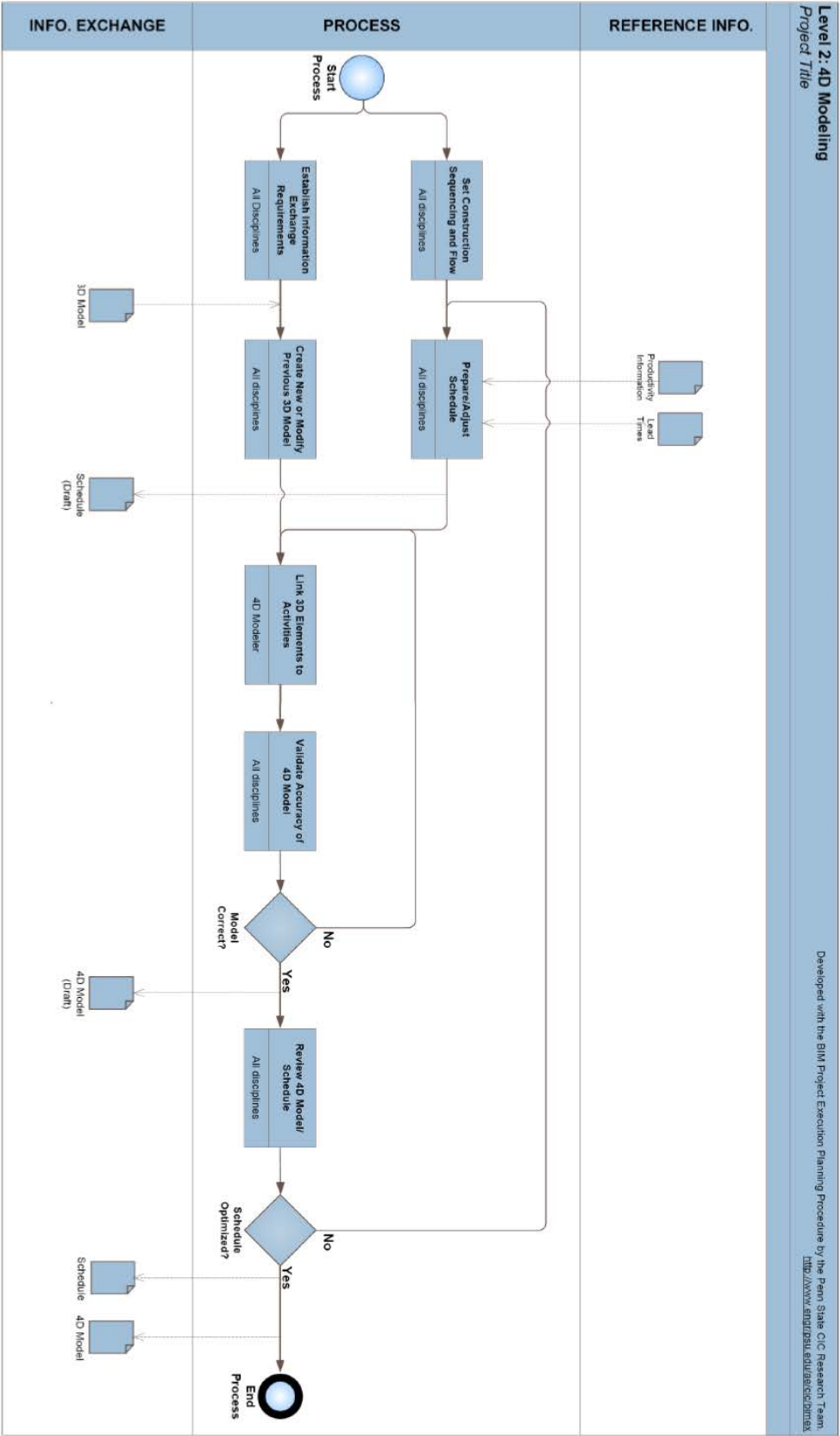
WANDERLEY, A. **Premissas para implantação de Building Information Modeling em empresas de projetos e de construção: estudos de casos**. 2017. 181 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade de Pernambuco, Recife, 2017.

ZHANG, S.; SULANKIVI, K.; KIVINIEMI, M.; ROMO, I.; EASTMAN, C.; TEIZER, J. BIM-based fall hazard identification and prevention in construction safety planning. **Safety Science**, [s.l.], v. 72, p.31-45, fev. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2014.08.001>.

ZHOU, Y.; DING, L. Y.; CHEN, L. J. Application of 4D visualization technology for safety management in metro construction. **Automation In Construction**, v. 34, p.25-36, set. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2012.10.011>.

ANEXO

Mapa de processo da modelagem 4D para um projeto de laboratório hipotético



APÊNDICE A

QUESTIONÁRIO PARA CARACTERIZAR O USO DO BIM

Seção 1 de 12

Descrição da Pesquisa

O objetivo desta pesquisa acadêmica é caracterizar a utilização do Building Information Modeling (BIM) pelas empresas do setor da Construção Civil do Rio Grande do Norte.

Por meio deste questionário serão analisados o grau de utilização da metodologia bem como a finalidade de sua aplicação. Também serão investigadas as maiores dificuldades em sua implantação (ou os motivos para a não utilização). O tempo estimado para o preenchimento do questionário é de 7 minutos.

Não é possível o rastreamento das respostas, nem a identificação de quem preencheu o questionário. Da mesma maneira, não será possível a correlação entre os dados informados e organização do participante.

O resultado desta pesquisa auxiliará na dissertação da mestranda Maria Luiza Abath Escorel Borges, vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PEC) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

*Obrigatório

Seção 2 de 12

Perfil do Profissional Entrevistado

Qual a sua posição na organização/projeto? *

Engenheiro(a) Civil, Arquiteto(a), Gerente de Projetos, Diretor(a) de Incorporação, etc.

Sua resposta

Qual a sua área de formação? *

- ☐ Engenharia Civil
- ☐ Arquitetura & Urbanismo
- ☐ Administração
- ☐ Outras Engenharias
- ☐ Outra

Há quanto tempo atua na Construção Civil? *

- ☐ Menos de 5 anos.
- ☐ De 5 a 10 anos.
- ☐ De 10 a 15 anos.
- ☐ Mais de 15 anos.

Perfil da Organização

Quais são as atividades da Organização?

- ☐ Construção
- ☐ Incorporação
- ☐ Escritório de arquitetura
- ☐ Escritório de projetos (outras disciplinas)
- ☐ Prestação de serviços
- ☐ Consultoria
- ☐ Outro: _____

Qual o porte da organização? *

Devem ser considerados apenas os funcionários próprios. Equipes subcontratadas não devem ser contabilizadas.

- ☐ Microempresa Construtora - até 19 empregados.
- ☐ Pequena Empresa Construtora - de 20 a 99 empregados.
- ☐ Média Empresa Construtora - de 100 a 499 empregados.
- ☐ Grande Empresa Construtora - 500 ou mais empregados.

Como é atuação da Organização? *

- ☐ Local - Rio Grande do Norte
- ☐ Regional - Estados do Nordeste
- ☐ Nacional - Mais de 10 estados.
- ☐ Internacional - Atuação Nacional e em outros países.
- ☐ Global - Atuação em mais de 10 países.

Quantos empreendimentos estão em andamento (ou em desenvolvimento) atualmente no RN? *

- ☐ 1 a 5
- ☐ 6 a 10
- ☐ 10 a 15
- ☐ Mais de 15

Qual a ordem de faturamento anual da Organização? *

- ☐ Menos de 1 milhão.
- ☐ 1 a 100 milhões.
- ☐ 100 milhões a 1 bilhão.
- ☐ Mais de 1 bilhão.

Seção 4 de 12

Termo BIM

Você está familiarizado com o termo BIM? *

Building Information Modeling

- ☐ Sim.
- ☐ Não.

Seção 5 de 12

Explicação BIM

BIM é a sigla, em inglês para Building Information Modeling que, em tradução livre, seria algo como Modelagem de Informação da Construção. Este termo é utilizado para o processo de criação e gestão de representações gráficas contendo informações relativas às entidades que representam.

Uma parede, por exemplo, deixa de ser apenas uma linha (vista em planta) ou um retângulo (em corte ou vista) e passa ser uma entidade tridimensional que contém informações sobre sua constituição, revestimento, custo e data de execução, por exemplo. Essas informações podem ser agrupadas em um único banco de dados compartilhado entre diferentes interessados (arquitetos, engenheiros, clientes, etc...).

Os softwares BIM mais populares atualmente são o ArchiCAD®, da empresa Graphisoft, e o Revit®, da Autodesk.

Seção 6 de 12

BIM (Não familiarizado)

Após a explicação do termo, você consegue entender o contexto do BIM? *

- ☐ Sim.
- ☐ Não.

Seção 7 de 12

BIM (Familiarizado)

Qual destas frases melhor descreve o seu posicionamento PESSOAL em relação ao BIM? *

- ☐ Não o utilizo atualmente e não utilizarei num futuro próximo (5 anos).
- ☐ Não utilizo atualmente mas certamente utilizarei num futuro próximo (5 anos).
- ☐ Utilizo atualmente e continuarei da mesma maneira.
- ☐ Utilizo atualmente e intensificarei sua utilização num futuro próximo (5 anos).

Seção 8 de 12

Utilização Organização/Projeto.

A sua organização e/ou projeto utilizam atualmente o BIM?

- ☐ Sim.
- ☐ Não.

Seção 9 de 12

Caracterização da utilização

Para quais destas funções o BIM é utilizado atualmente em sua organização e/ou projeto? *

- ☐ Modelagem 3D da Arquitetura.
- ☐ Modelagem 3D da Estrutura.
- ☐ Projetar Colaborativamente (Múltiplas disciplinas projetam em uma mesma base em tempo real).
- ☐ Levantamento Quantitativo.
- ☐ Compatibilização de Projetos.
- ☐ Remoção de interferências.
- ☐ Modelagem 4D (mescla com Planejamento).
- ☐ Modelagem 5D (mescla com Orçamento).
- ☐ Modelagem 6D (Sustentabilidade).
- ☐ Outro: _____

Qual destas opções melhor descreve a utilização do BIM em sua organização? *

- ☐ Todas as atividades relativas ao BIM são internas. Todos os envolvidos são funcionários da própria organização.
- ☐ Parte dos serviços é executado por empresas terceirizadas (arquitetura e projeto de instalações, por exemplo), mas o controle e gestão dos processos envolvendo o BIM é de responsabilidade da própria organização.
- ☐ Parte dos serviços é executado por empresas terceirizadas (arquitetura e projeto de instalações, por exemplo). O controle e gestão dos processos envolvendo o BIM é de responsabilidade de uma consultora/especialista externa, cujas atribuições incluem a conversão dos projetos de CAD para BIM. A análise gerencial segue sob responsabilidade da Organização.
- ☐ Todos os processos do BIM são terceirizados, a Organização apenas usufrui dos resultados do BIM.

O resultado da utilização do BIM foi positivo? *

- ☐ Sim.
- ☐ Parcialmente.
- ☐ Não.
- ☐ Ainda não foi medido/percebido.

Seção 10 de 12

Dificuldades

Avalie se os itens abaixo, ao seu ver, dificultaram a implantação do BIM ou impediram a sua utilização em sua Organização/Projeto.

Não prejudicou----->0
 Prejudicou pouco-----> 1
 Prejudicou moderadamente-----> 2
 Prejudicou muito-----> 3

A metodologia BIM não era suficientemente desenvolvida no início do projeto.

	0	1	2	3	
Não prejudicou.	☐	☐	☐	☐	Prejudicou muito.

Desconhecimento/ falta de informação sobre a metodologia BIM.

	0	1	2	3	
Não prejudicou.	☐	☐	☐	☐	Prejudicou muito.

Falta de conhecimento ou pouca importância dada ao BIM pelos líderes da organização e/ou projeto.

	0	1	2	3	
Não prejudicou.	☐	☐	☐	☐	Prejudicou muito.

Falta de mão de obra interna (da organização) especializada.

	0	1	2	3	
Não prejudicou.	☐	☐	☐	☐	Prejudicou muito.

Complexidade do software.

	0	1	2	3	
Não prejudicou.	☐	☐	☐	☐	Prejudicou muito.

O valor das licenças dos softwares.

	0	1	2	3	
Não prejudicou.	☐	☐	☐	☐	Prejudicou muito.

O custo da infraestrutura de informática necessária.

	0	1	2	3	
Não prejudicou.	☐	☐	☐	☐	Prejudicou muito.

O BIM ainda não é importante (ou não é demandado) para o mercado.

	0	1	2	3	
Não prejudicou.	☐	☐	☐	☐	Prejudicou muito.

Os arquitetos/projetistas externos com quem a organização normalmente trabalha não utilizam BIM.

Os projetos entregues por estes profissionais normalmente estão em representação 2D (plantas, vistas e cortes).

	0	1	2	3	
Não prejudicou.	☐	☐	☐	☐	Prejudicou muito.

Dificuldade de coordenação das diversas frentes de projeto e etapas envolvidas.

	0	1	2	3	
Não prejudicou.	☐	☐	☐	☐	Prejudicou muito.

Seção 11 de 12

Futuro BIM

Você acredita que um dia o BIM substituirá o processo de projeto em 2D? *

O objetivo é averiguar se o BIM fará com as representações em 2D o mesmo que softwares como o AutoCad® fizeram com o desenho manual em projetos.

- ☐ Sim.
- ☐ Parcialmente, pois o BIM sempre contará com o apoio de projetos em 2D.
- ☐ Não.

Em quantos anos você acredita que o BIM se tornará padrão de mercado? *

- ☐ 5 anos.
- ☐ 10 anos.
- ☐ 20 anos ou mais.
- ☐ Nunca.

Seção 12 de 12

Manifestação Livre

Por favor, utilize o espaço abaixo caso tenha comentários adicionais, sugestões ou qualquer outra manifestação.

Sua resposta

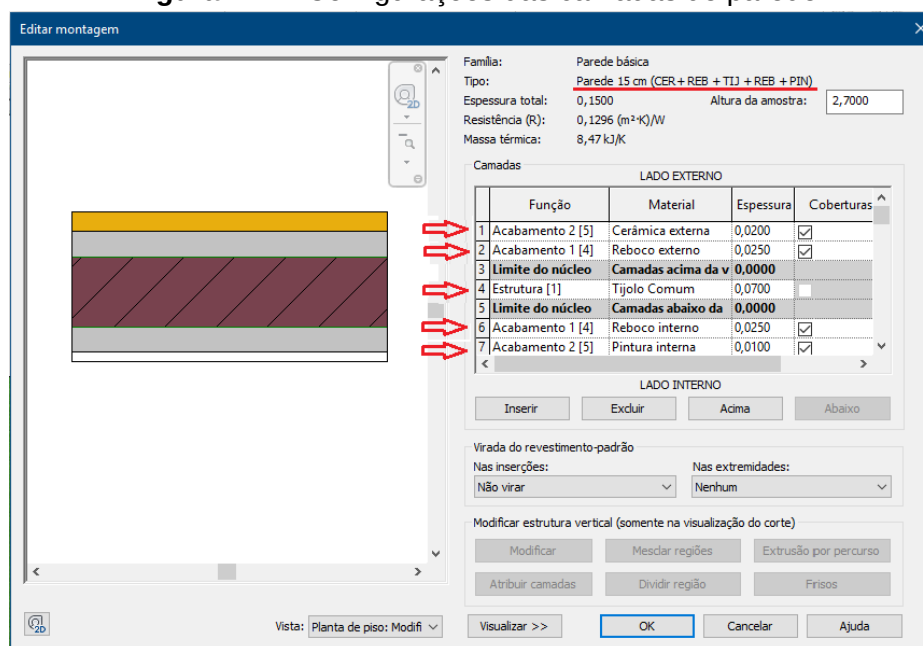
APÊNDICE B

PROCEDIMENTO DE MODELAGEM 4D NO NAVISWORKS MANAGE

- Modelagem 3D:

A modelagem 4D só refletirá os processos construtivos adequadamente se a modelagem 3D foi feita tendo isso como base. As camadas de paredes e pisos são criadas alterando os parâmetros dos elementos no modelo, mas para elas poderem ser representadas separadamente no modelo 4D, precisam também estarem separadas no modelo 3D. Para isso, existem duas alternativas. Uma delas é criar uma família para cada camada. Ou seja, alvenaria, pintura, reboco, cerâmica, entre outras, devem ser famílias distintas. A outra é definir as camadas destes elementos normalmente, conforme mostra a Figura B.1.

Figura B.1 – Configurações das camadas de parede

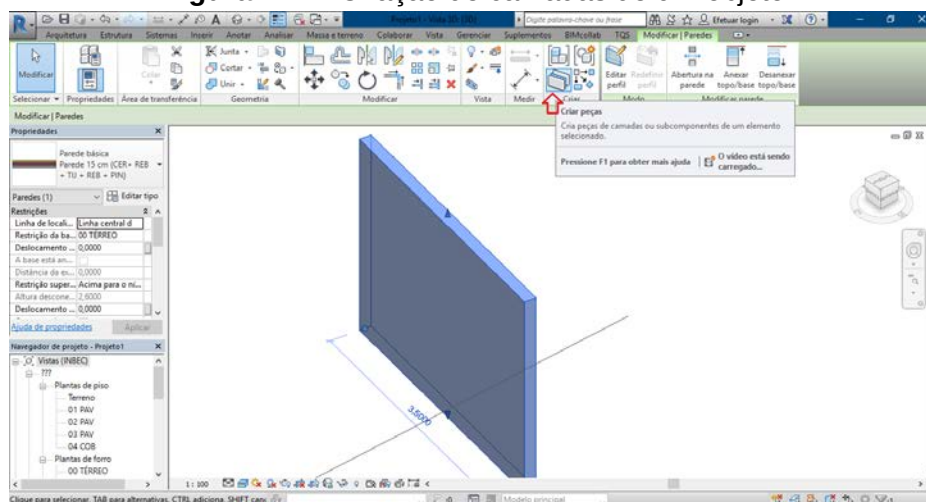


Fonte: Autora (2018)

Dessa maneira devem ser criados no mínimo dois tipos de parede, duas internas e uma externa, já que as camadas não vão ser iguais. As internas podem ter revestimento externo como pintura dos dois lados, ou pintura de um lado e revestimento cerâmico no outro, no caso de áreas molhadas. É recomendado deixar o tipo de parede claro no modelo para que não haja equívocos no momento de construção virtual.

Mesmo com as camadas criadas no tipo de parede (ou piso), ao clicar no elemento do modelo, este ainda será selecionado como sendo um único objeto. Portanto, as camadas ainda precisam ser divididas no software de modelagem 3D. No Revit, ao selecionar, esse comando é feito na ferramenta “Criar peças”, como é mostrado na Figura B.2.

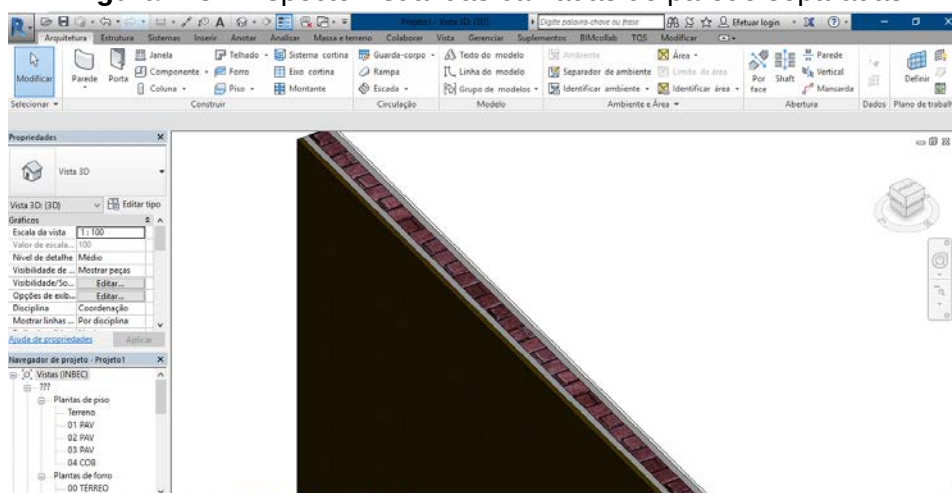
Figura B.2 – Criação de camadas de um objeto



Fonte: Autora (2018)

Ao fazer isso, o objeto será representado com as camadas editadas anteriormente, conforme é visto na Figura B.3.

Figura B.3 – Aspecto visual das camadas de parede separadas



Fonte: Autora (2018)

Dica para a fase de modelagem 3D: Se forem criados códigos de referência para as atividades do cronograma de planejamento (exemplo: “01.01.03.02 Pilares Térreo”, no qual o primeiro 01 indica o projeto, o segundo 01 indica ser uma atividade estrutural, 03 indica ser pilares e 02 indica ser no

pavimento térreo), estes podem ser inseridos nas propriedades de cada elemento do modelo 3D.

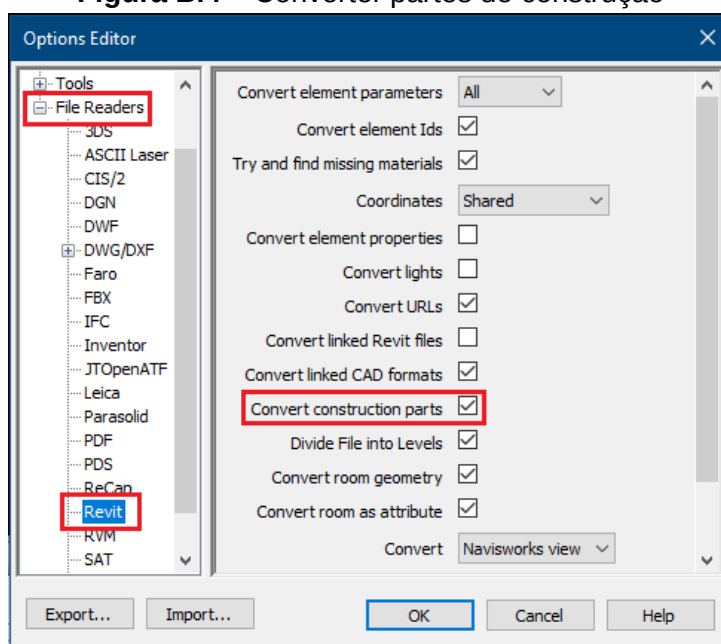
Para facilitar este trabalho e inserir os códigos adequadamente, no software de modelagem 3D podem ser criadas tabelas com os filtros e agrupamentos adequados. Ao carregar o modelo no Navisworks, este apresentará a propriedade com o código de referência de cada atividade, podendo assim, automatizar o processo de criação de conjuntos de seleção, um dos passos adiantes do método.

- Carregar os modelos 3D:

Com a modelagem 3D concluída, caso as camadas de paredes e pisos tenham sido criadas da segunda maneira sugerida e o modelador 4D queira utilizar estas referências, é necessário ativar a opção que permite isso no Navisworks. Caso contrário, todas as camadas aparecerão no software como sendo um único objeto.

Antes carregar o modelo, no menu principal do software (“N” no canto superior da tela), deve-se alterar as configurações de leitura dos arquivos, dependendo do software de modelagem 3D utilizado. Para o software da Autodesk, o Revit, deve-se deixar selecionada a opção “*Convert construction Parts*”, conforme a Figura B.4.

Figura B.4 – Converter partes de construção

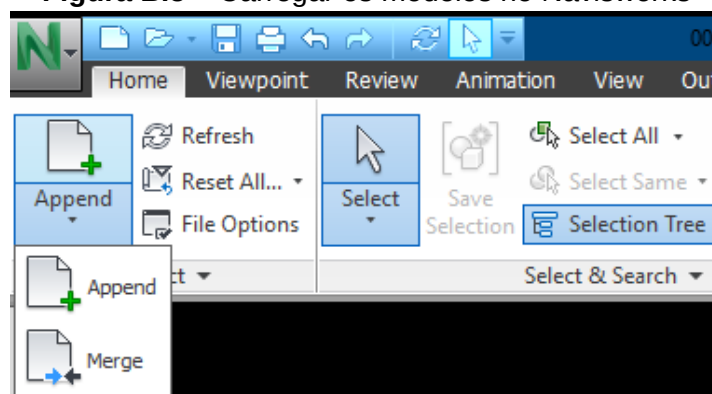


Fonte: Autora (2018)

Feito isso, os modelos podem ser carregados de três diferentes formas no software (Figura B.5):

- Abrir arquivos: no menu principal (“N”), pode-se ir diretamente em “Open” e procurar os arquivos. Quando se abre um arquivo, as informações do arquivo aberto não são incorporadas às informações do modelo que estava aberto anteriormente.
- Anexar arquivos: opção *Append* da *Ribbon*. Quando se utiliza o comando *Append*, as informações são incorporadas ao modelo anteriormente aberto. Através dela, o arquivo aderido, é alterado (alinhado, movido, rotacionado e é alterada sua escala) conforme os padrões do “modelo inicial” que está importando.
- Mesclar arquivos: opção *Merge* da *Ribbon*. Adiciona geometria e informações do modelo importado removendo, se houver, o conteúdo duplicado.
- Arrastar os arquivos para a Árvore de Seleção.

Figura B.5 – Carregar os modelos no Navisworks

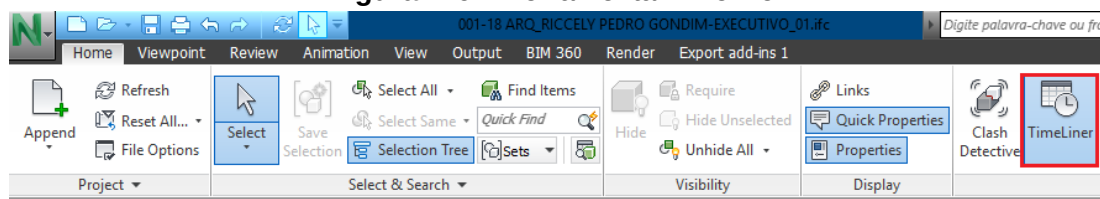


Fonte: Autora (2018)

- Adicionar cronograma de planejamento:

O cronograma de planejamento da obra pode ser inserido tanto manualmente como pela opção de importação. Para ambas, a ferramenta utilizada é a *Timeliner*, localizada na *Ribbon* (Figura B.6).

Figura B.6 – Ferramenta Timeliner



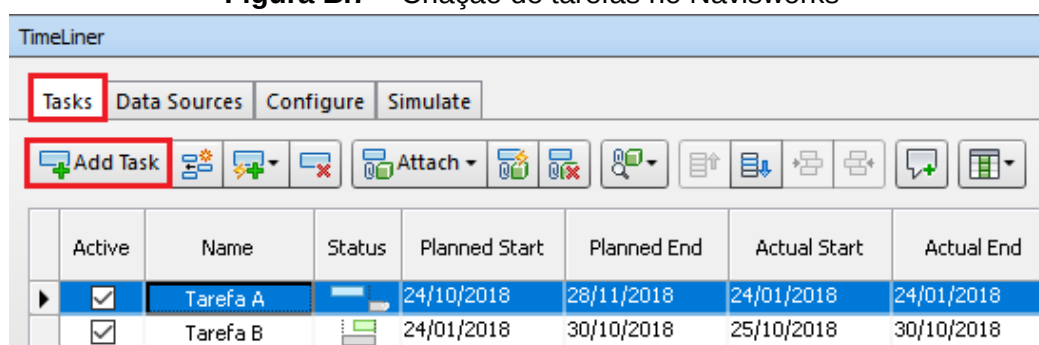
Fonte: Autora (2018)

a. Manualmente:

Por menor que o empreendimento seja, inserir manualmente cada tarefa é indicado apenas para simulações de curto tempo, como para verificar a logística de pessoas, equipamentos e materiais, mas nunca para o período inteiro de projeto.

O procedimento para criar novas tarefas para seu planejamento, com o Timeliner aberto, na aba *Tasks*, deve-se adicionar uma tarefa para criar uma nova linha com suas informações, onde pode-se nomeá-la e estabelecer seus prazos de execução (Figura B.7), entre outras opções que serão explicitadas nos próximos passos.

Figura B.7 – Criação de tarefas no Navisworks



The screenshot shows the 'TimeLiner' window in Navisworks. The 'Tasks' tab is selected and highlighted with a red box. Below the tab, there is a toolbar with various icons, including 'Add Task' which is also highlighted with a red box. Below the toolbar is a table with the following data:

	Active	Name	Status	Planned Start	Planned End	Actual Start	Actual End
▶	☒	Tarefa A		24/10/2018	28/11/2018	24/01/2018	24/01/2018
	☒	Tarefa B		24/01/2018	30/10/2018	25/10/2018	30/10/2018

Fonte: Autora (2018)

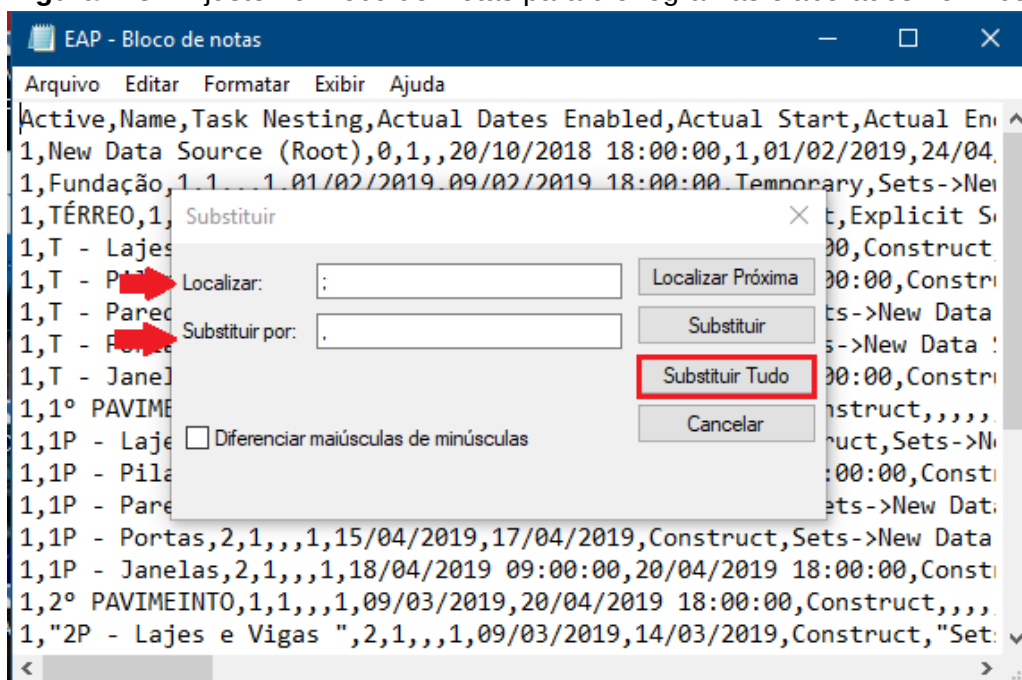
Existe a possibilidade de estabelecer duas datas diferentes de início e fim para cada atividade, uma é a data planejada, que deverá ser a utilizada durante o planejamento inicial da obra, e a outra é a data real, que deve representar as datas em que a atividade em questão de fato se iniciou, devendo ser atualizada durante a execução da obra. Isso possibilita posteriormente fazer uma comparação entre o que foi planejado e o que foi realmente executado.

b. Importação de cronograma:

A opção de importar o planejamento de um arquivo externo facilita o trabalho, visto que existem ferramentas mais adequadas para esse fim. O Navisworks trabalha basicamente com três formatos de arquivo para essa funcionalidade, os quais são oriundos das ferramentas MS Project, Primavera e ainda os chamados arquivos CSV (*Comma Separated Values*, do original inglês ou Separados Por Vírgulas), que é um formato que pode ser derivado do *Microsoft Excel*.

Para cronogramas feitos nos dois primeiros softwares, basta salvar no seu formato padrão. Para cronogramas criados no Microsoft Excel, é preciso criar uma coluna com a ordem numérica das atividades e em seguida, salvar como CSV e abrir o arquivo no Bloco de Notas para verificar se as colunas foram separadas por vírgulas, pois pode ocorrer o erro da separação ter sido feita por ponto e vírgula. Caso isso tenha acontecido, no próprio Bloco de Notas deve-se ir na opção Editar, em seguida na opção Substituir e preencher os campos com os dados certos (Figura B.8). Ao fazer isso, basta salvar e fechar o arquivo.

Figura B.8 – Ajuste no Bloco de Notas para cronogramas elaborados no Excel



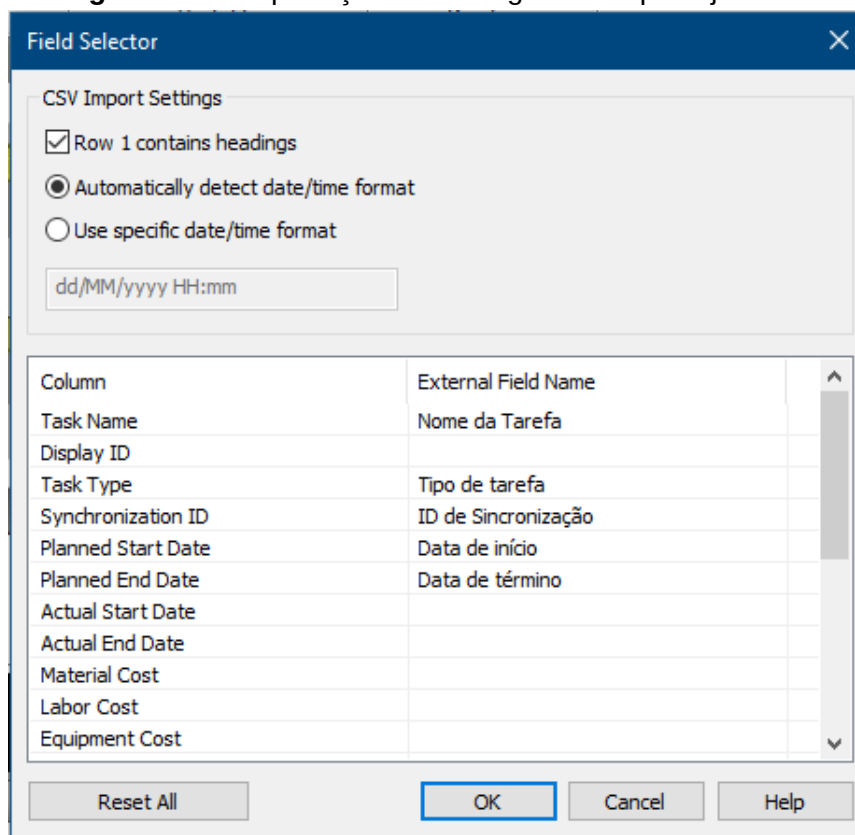
Fonte: Autora (2018)

Feito isso, independente do formato de arquivo que se deseja utilizar, a lógica aplicada é a mesma. Na ferramenta *Timeliner*, na aba *Data Sources* deve-se selecionar o formato de arquivo que deseja importar para o *software*. Em seguida, será solicitado que indique o que cada coluna do arquivo irá representar no Navisworks. Especificamente se for um CSV, é necessário associar *Synchronization ID* com a coluna de ordem numérica das atividades mencionada anteriormente (Figura B.9).

Se o cronograma tiver sido importado com sucesso, aparecerá “New Data Source” nas fontes de dados. Contudo, para que as tarefas sejam criadas ainda é necessário reconstruir a sua hierarquia. Para isso, deve-se localizar clicar com

a tecla direita do *mouse* na tela do cronograma inserido, e depois na opção *Rebuild Task Hierarchy*.

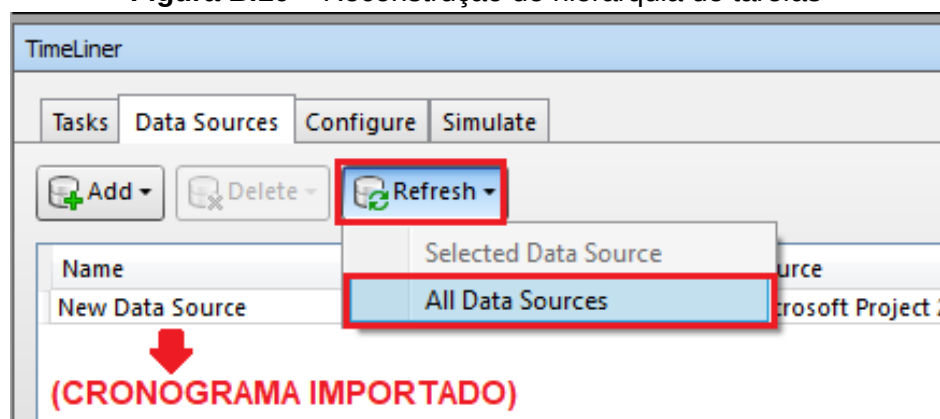
Figura B.9 – Importação do cronograma de planejamento



Fonte: Autora (2018)

Uma outra opção para este comando é clicando em *Refresh* e selecionando a fonte de dados desejada, conforme está esquematizado na Figura B.10.

Figura B.10 – Reconstrução de hierarquia de tarefas



Fonte: Autora (2018)

Seguindo esse segundo caminho, será mostrada uma tabela com as opções de reconstruir a hierarquia das tarefas ou sincronizar. Sempre que adicionar uma nova fonte de dados, ou criar novas tarefas na fonte de dados original, é necessário reconstruir a hierarquia.

A opção de sincronizar deve ser utilizada quando houver apenas alterações no conteúdo de uma tarefa, como por exemplo, suas datas de início e fim, já que para isso não precisa reorganizar as tarefas. Ao reconstruir a hierarquia, as tarefas que estão na fonte de dados deverão aparecer na aba de tarefas do *Timeliner*, juntamente com as datas indicadas para cada uma delas.

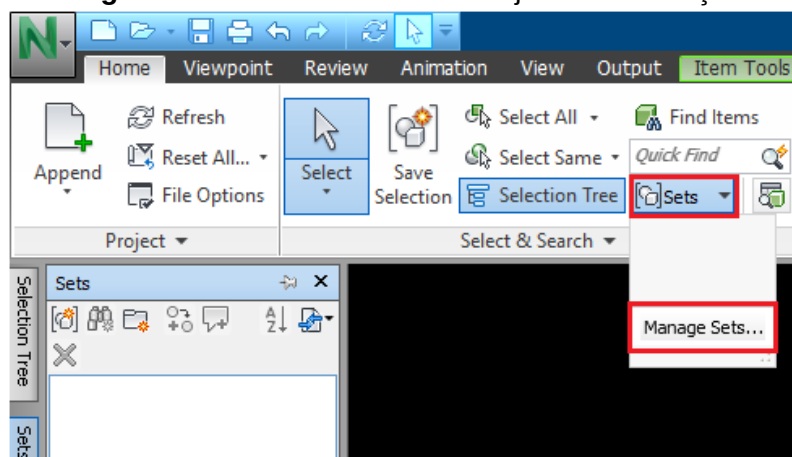
- Atualizar cronograma durante a construção:

Para que haja assertividade no planejamento feito pelo modelo 3D, é imprescindível que haja aproximação entre escritório e canteiro, mantendo informações acessíveis e atualizações sincronizadas entre ambas as partes. Devem ser feitas revisões contínuas do modelo 4D, atualizando o cronograma à medida que a obra avança. Por isso, é recomendado que o usuário do modelo responsável por essa tarefa seja alguém que esteja diretamente relacionado ao acompanhamento da obra, seja ele um estagiário ou o próprio engenheiro da obra.

Como foi mencionado na etapa anterior, sempre que houver alteração no cronograma, deve ser feita a sua sincronização ou, reconstrução da hierarquia de tarefas, caso uma nova seja adicionada. Para o cronograma feito manualmente no Navisworks, no entanto, isso não é necessário.

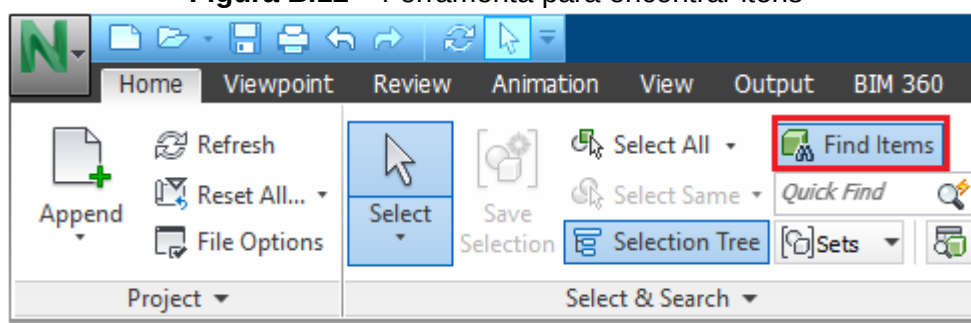
- Criar conjuntos de seleção de objetos:

Até este passo, foram criadas as tarefas que irão compor o planejamento 4D, mas ainda é necessário associar quais elementos do modelo correspondem às tarefas criadas. Existem formas diferentes de fazer esse passo e que podem servir melhor para uma situação ou outra. Independente de qual seja, deve-se primeiramente fixar na barra lateral a aba de Sets (conjuntos). Isso é feito clicando na opção de gerenciar os conjuntos, localizada no menu Home da *Ribbon*, conforme mostra a Figura B.11.

Figura B.11 – Ferramenta de conjuntos de seleção

Fonte: Autora (2018)

Fazendo isso, os elementos de cada conjunto a ser criado podem ser selecionados manualmente no modelo, e salvos ao clicar no primeiro item (Save Selection) da barra Sets fixada. Ou ainda, podem ser selecionados pela Árvore de Seleção e salvos da mesma maneira. Sugere-se que os conjuntos sejam nomeados seguindo um padrão que permita o modelador relacionar com as tarefas, como por exemplo, nomear cada Set com o nome da tarefa que este representa. Dependendo do tamanho do empreendimento, esses dois caminhos se tornam trabalhosos e suscetíveis a erros. Por isso, na maioria dos casos recomenda-se usar a opção *Find Items*, que pode ser localizada na aba *Home*, conforme mostra a Figura B.12.

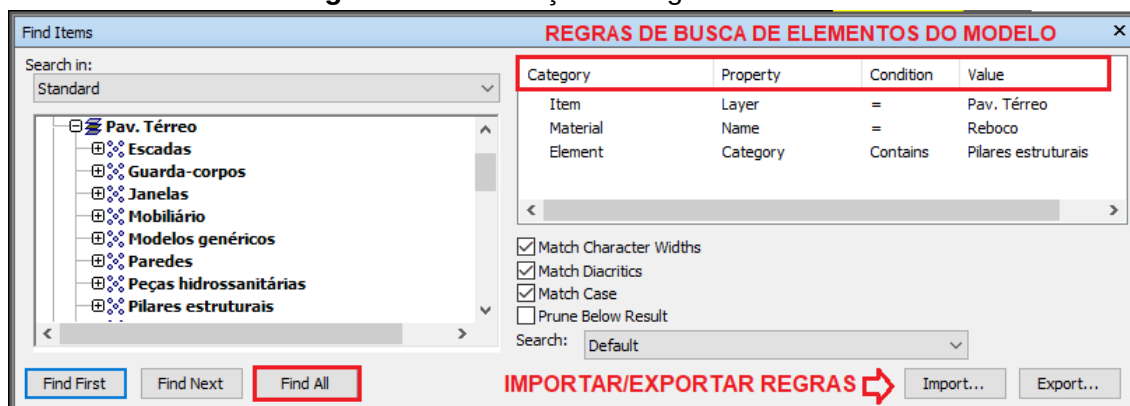
Figura B.12 – Ferramenta para encontrar itens

Fonte: Autora (2018)

Por essa ferramenta, é possível criar regras de categoria, propriedade, condição e valor, que permitem buscar elementos específicos através de seus parâmetros, tornando a seleção precisa. Como é indicado na Figura B.13, ao clicar em *Find All*, todos os elementos do modelo que se encaixarem na regra

criada serão selecionados, podendo prosseguir com o mesmo procedimento de salvar a seleção anterior e nomear o conjunto.

Figura B.13 – Criação de regras de busca



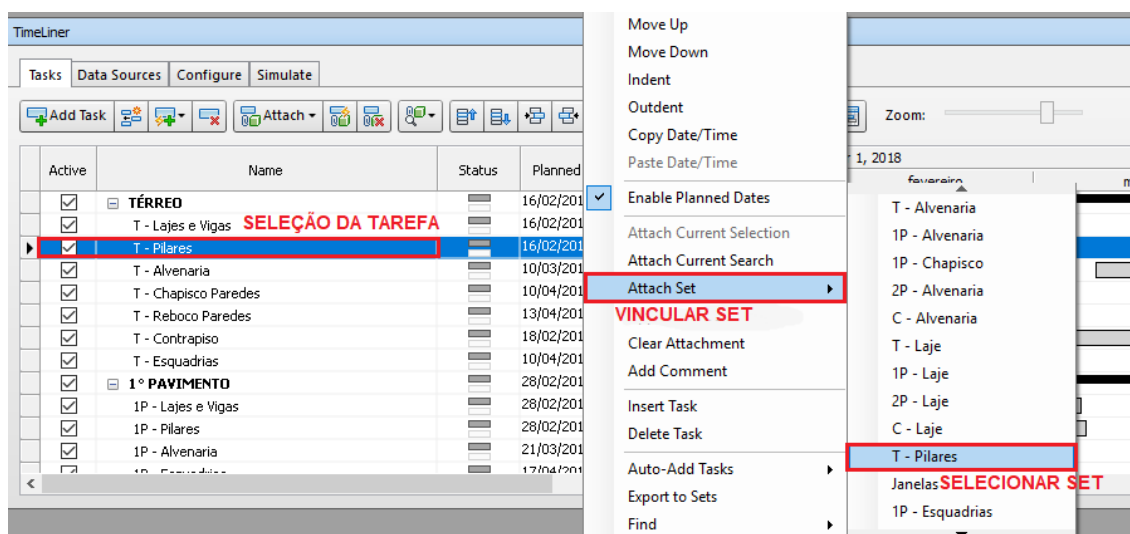
Fonte: Autora (2018)

Estas regras podem ser salvar em um arquivo .XML e carregadas sempre que necessário. Dessa forma, pode-se criar um padrão de modelagem que permita reutilizar sempre as mesmas pesquisas de conjuntos para buscar elementos, poupando trabalho em projetos futuros.

- Associar conjuntos de seleção às tarefas:

O próximo passo é associar cada tarefa ao seu respectivo conjunto de seleção. Isso pode ser feito manualmente, clicando com o botão direito em cima da tarefa e buscando a opção “Attach Set” e em seguida, selecionando o seu respectivo Set, conforme esquematiza a Figura B.14.

Figura B.14 – Vinculação individual de tarefas aos conjuntos de seleção

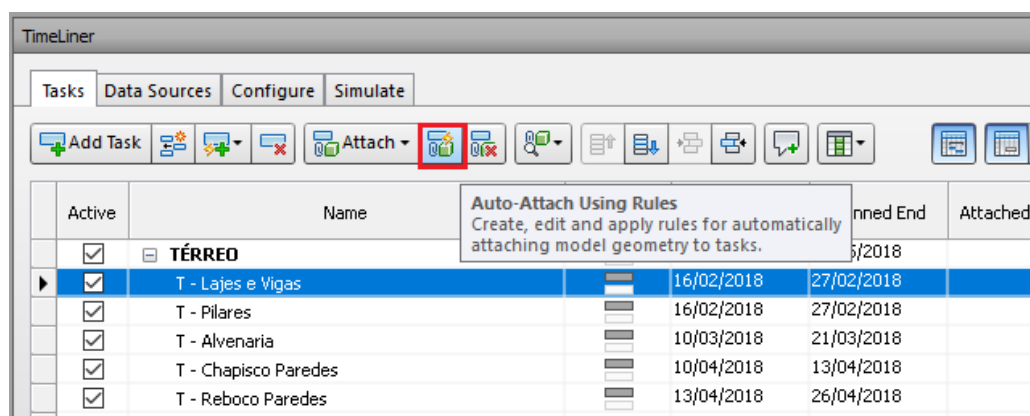


Fonte: Autora (2018)

Com isso, a tarefa fica atrelada ao conjunto escolhido e o *software* passa a entender que os prazos indicados para aquela tarefa devem ser aplicados na simulação 4D para os elementos que fazem parte dos conjuntos de seleção.

No entanto, fazer isso manualmente só é indicado quando o modelo é simples ou se deseja fazer simulações curtas. A ferramenta *Auto-Attach*, que se encontra na aba *Tasks* do *Timeliner* (Figura B.15), permite criar regras para vincular automaticamente as tarefas aos conjuntos de seleção.

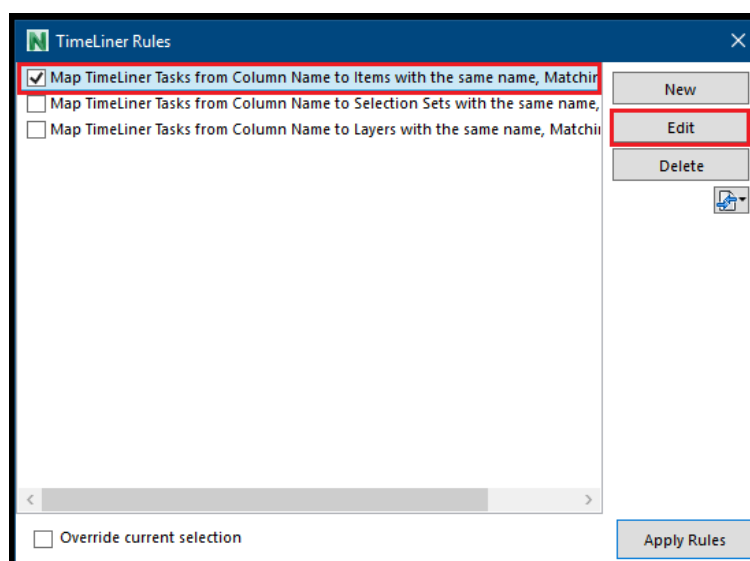
Figura B.15 – Vinculação automática de tarefas aos conjuntos de seleção



Fonte: Autora (2018)

Ao clicar, será aberta uma tela com três opções padrão de regras. Para estabelecer os critérios que o Navisworks utilizará para identificar as tarefas e Sets correspondentes, deve-se selecionar uma das regras existentes e editar de acordo com a preferência do modelador (Figura B.16).

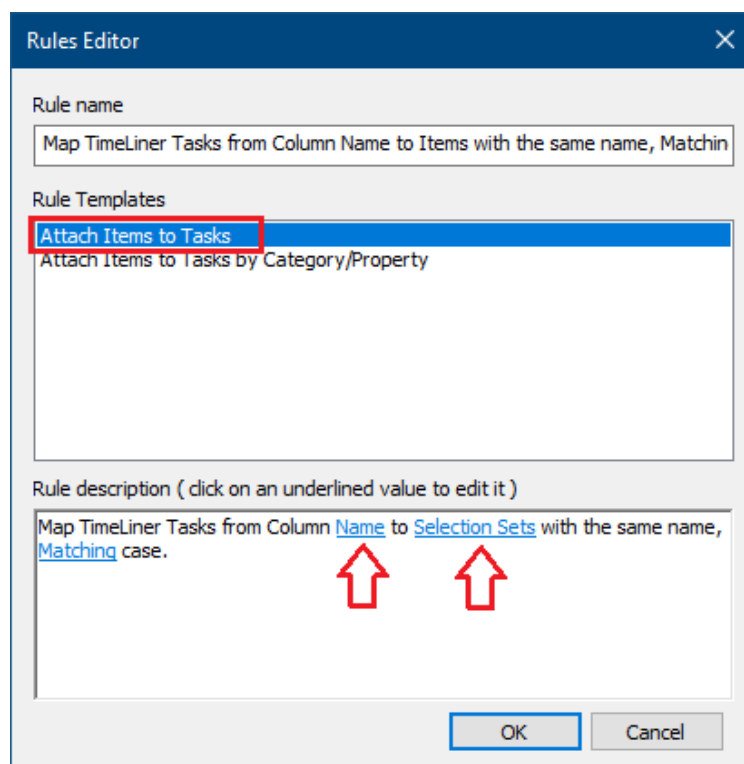
Figura B.16 – Edição de regras para a vinculação



Fonte: Autora (2018)

Existem diversas configurações de edição para criar qualquer tipo de regra. No exemplo da Figura B.17, foi criada uma regra para vincular tarefas e conjuntos de seleção de nomes iguais. Isso significa que o Navisworks irá verificar os textos escritos na coluna *Name* (nome das tarefas) e buscar por *Selection Sets* (conjuntos de seleção) com o mesmo nome.

Figura B.17 – Exemplo de edição de regra para vinculação



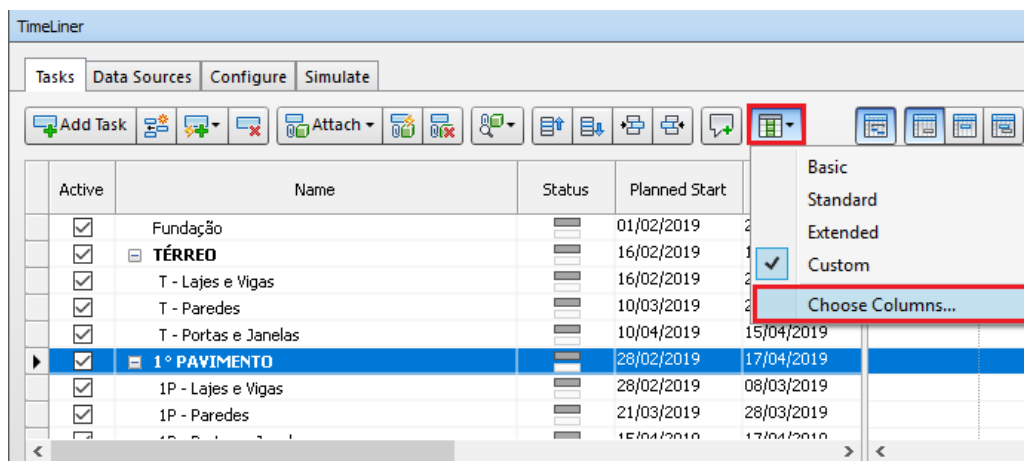
Fonte: Autora (2018)

Para utilizar outras formas de referências para criar a relação entre os sets e as tarefas, basta alterar os critérios das regras, clicando nas palavras sublinhadas em azul. Na maior parte dos casos, as tarefas do cronograma são tão minuciosas que não tem como criar sets específicos para elas porque o exigem um modelo significativamente mais detalhado. Sendo assim, muitas tarefas terminam sendo representadas pelo mesmo conjunto de seleção, impossibilitando de usar a combinação de nomes e sets.

Sugere-se a criação de uma coluna no cronograma de planejamento para representar os sets. Esta coluna deve ser preenchida com o nome dos conjuntos aos quais serão atrelados cada tarefa. Quando importar o cronograma e tiver que escolher quais colunas do cronograma representam as do Navisworks,

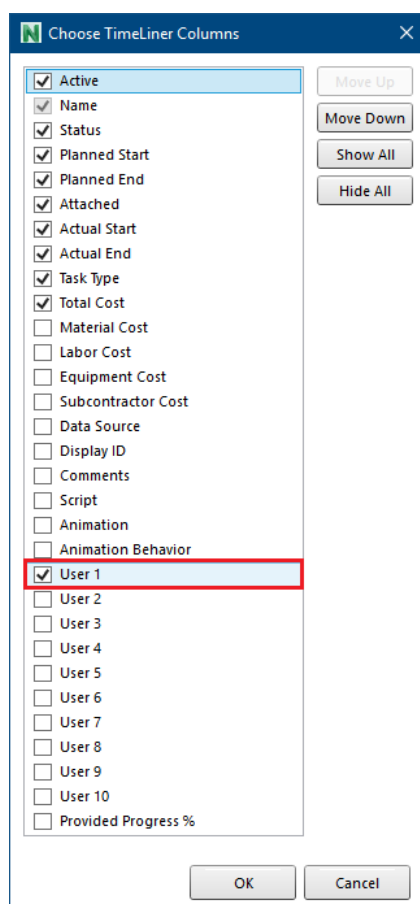
pode-se selecionar as dos usuários (Exemplo: User 1). É provável que esta não esteja visível no *Timeliner*. Para deixá-la evidente deve-se ir no ícone *Columns* da aba *Tasks* (Figura B.18) e selecionar a coluna que foi escolhida na hora de importar o cronograma (Figura B.19).

Figura B.18 – Seleção colunas visíveis do cronograma



Fonte: Autora (2018)

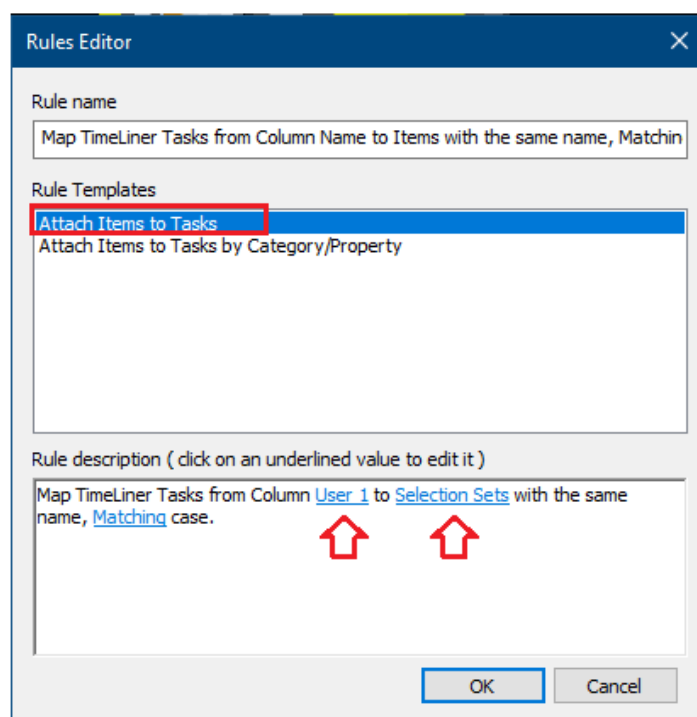
Figura B.19 – Opções de colunas do Navisworks



Fonte: Autora (2018)

Depois, a opção *Auto-Attach* pode ser usada criando a regra de vincular as tarefas por essa coluna *User 1* e os conjuntos de seleções (Figura B.20).

Figura B.20 – Vinculação automática com base na regra editada



Fonte: Autora (2018)

Com a regra criada, é necessário clicar em *Apply Rules* na janela do Editor de Regras, pois mesmo já estando prontas, só serão aplicadas ao dar o comando. Isso fará com que as tarefas sejam atreladas automaticamente aos seus respectivos sets. Por fim, deve-se verificar no *Timeliner* se foi feita a vinculação. Caso o procedimento tenha sido feito corretamente, o conjunto de seleção aparecerá na coluna *Attached*, conforme mostra a Figura B.21.

Figura B.21 – Conjuntos de seleção vinculados às tarefas

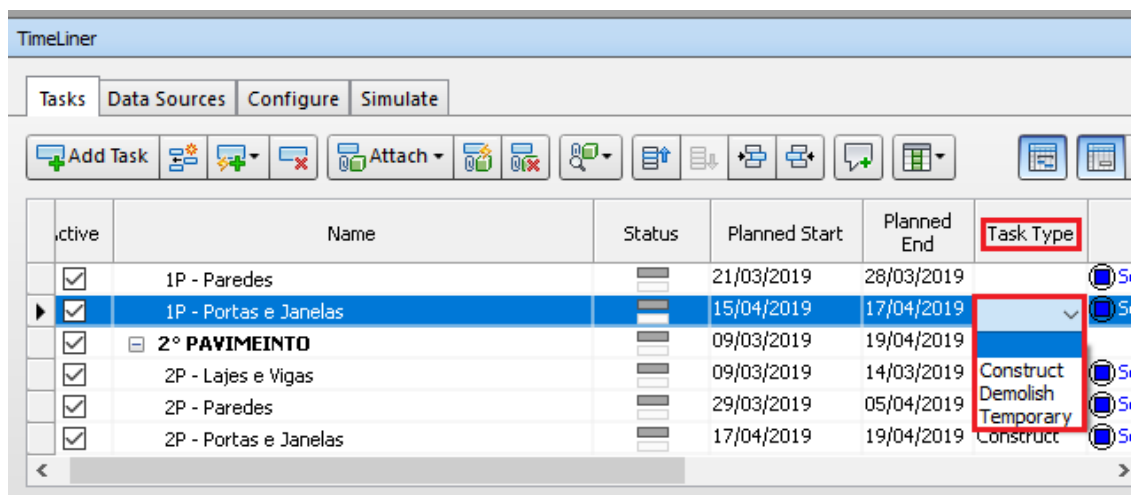
TimeLiner						
Tasks Data Sources Configure Simulate						
Add Task Attach						
Active	Name	Status	Planned Start	Planned End	Attached	
☒	1P - Paredes		21/03/2019	28/03/2019	Sets->1P - Alven	
☒	1P - Portas e Janelas		15/04/2019	17/04/2019	Sets->1P - Esque	
☒	2° PAVIMENTO		09/03/2019	19/04/2019		
☒	2P - Lajes e Vigas		09/03/2019	14/03/2019	Sets->2P - Laje	
☒	2P - Paredes		29/03/2019	05/04/2019	Sets->2P - Alven	
☒	2P - Portas e Janelas		17/04/2019	19/04/2019	Sets->2P - Esque	

Fonte: Autora (2018)

- Configurar o tipo de tarefa:

As tarefas do cronograma ainda devem ser diferenciadas quanto ao seu tipo de visualização na simulação. Por padrão, o Navisworks apresenta três tipos de tarefas: *Construct* (Construção), *Temporary* (Temporário), *Demolish* (Demolição), devendo ser atribuído um desses três tipos a todas as tarefas (Figura B.22).

Figura B.22 – Configuração do tipo de tarefa



Fonte: Autora (2018)

Se a tarefa representar a demolição de uma construção pré-existente, deve ser escolhida a opção *Demolish*. Se for uma atividade momentânea, como por exemplo, fôrmas de estrutura, deve ser escolhido o tipo *Temporary*. Para os elementos que serão construídos ou surgirão na simulação, deve ser marcada a opção *Construct*.

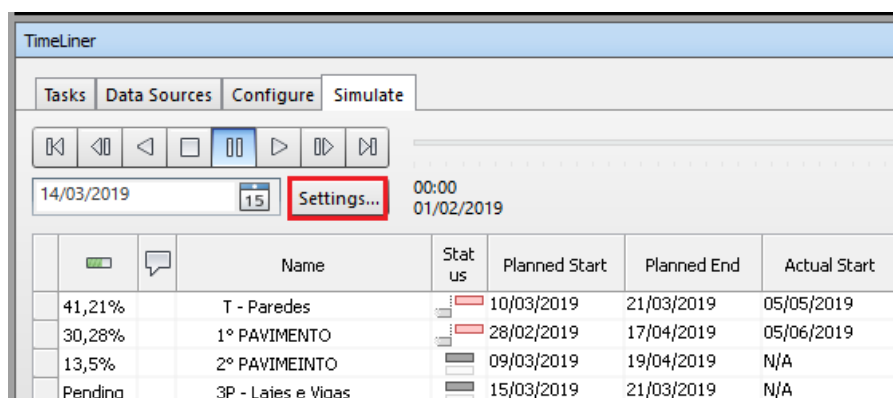
É possível preencher essa coluna de maneira mais prática, trazendo o tipo de tarefa diretamente do arquivo de planejamento importado. Para isso, basta ter uma coluna nesse arquivo original indicando o tipo de tarefa e selecionar a coluna *Task Type* no momento de importação. As tarefas devem estar com o texto em inglês, idêntico ao do Navisworks (*Construct*, *Temporary* ou *Demolish*) para serem reconhecidas pelo *software*.

- Simular a construção:

Realizadas todas as configurações anteriores, o modelo está pronto para ser visualizado em 4D e testar diferentes cenários. Na aba *Simulate* no *Timeliner*,

ainda é possível alterar algumas opções de visualização clicando em *Settings* (Figura B.23).

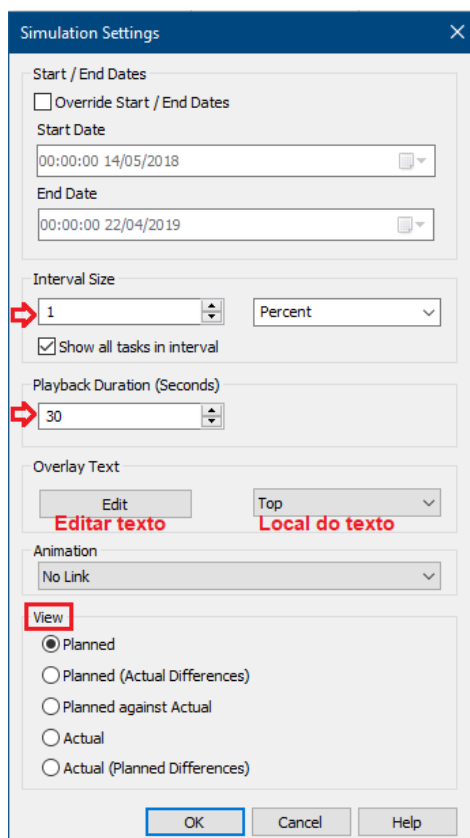
Figura B.23 – Ajustes da simulação



Fonte: Autora (2018)

A Figura B.24 apresenta as configurações da simulação. É recomendado alterar o tamanho do intervalo da simulação, que por padrão é de 5%, para 1%, e o tempo do vídeo para o que julgar adequado. Na mesma tela é possível também alterar o texto que é exibido na visualização 4D, bem como sua localização, e por fim, escolher quais prazos serão visualizados.

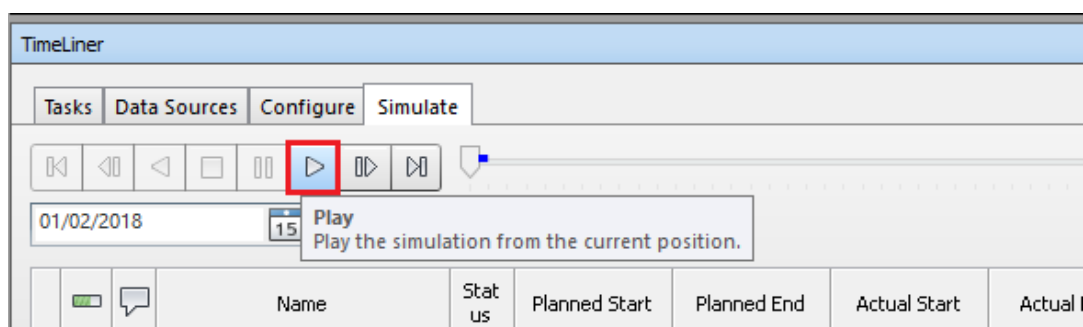
Figura B.24 – Janela de configurações da simulação



Fonte: Autora (2018)

Após escolher as opções adequadas, basta clicar no ícone *Play* para executar a visualização 4D, como mostra a Figura B.25.

Figura B.25 – Simulação da construção



Fonte: Autora (2018)

Na fase de análise da simulação, é importante lembrar que sempre que fizer alterações no arquivo original do cronograma, é necessário atualizá-lo no Navisworks, conforme foi visto em etapas anteriores. Se a mudança for só nos prazos das atividades, basta sincronizar o novo cronograma. Se for adicionada uma nova tarefa, deve-se reconstruir a hierarquia das tarefas, associar a nova atividade a um conjunto de seleção e configurar o seu tipo.