KARINA MATIAS COELHO

A Implementação e o Uso da Modelagem da Informação da Construção em Empresas de Projeto de Arquitetura

São Paulo

2017

KARINA MATIAS COELHO

A Implementação e o Uso da Modelagem da Informação da Construção em Empresas de Projeto de Arquitetura

Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências

Orientador: Prof. Dr. Silvio Burrattino Melhado

São Paulo

2017

KARINA MATIAS COELHO

A Implementação e o Uso da Modelagem da Informação da Construção em Empresas de Projeto de Arquitetura

Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências

Área de Concentração: Inovação na Construção Civil

Orientador: Prof. Dr. Silvio Burrattino Melhado

São Paulo

(2017)

Este exemplar foi revisado e corrigido em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, _____ de _____ de _____

Assinatura do autor: _____

Assinatura do orientador: _____

Catalogação-na-publicação

COELHO, KARINA
A Implementação e Uso da Modelagem da Informação da Construção em Empresas de Projeto de Arquitetura / K. COELHO -- São Paulo, 2017.
289 p.

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

1.implantação 2.BIM 3.empresas de arquitetura 4.inovação tecnológica 5.modelagem da informação I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil II.t.

RESUMO

Os avanços nas tecnologias de informação têm propiciado grandes mudanças no setor da construção civil. Sob o ponto de vista do aumento da competitividade, as empresas de projetos podem ter uma relevante contribuição. A modelagem da informação surgiu como uma tecnologia potencial para estimular a melhoria na qualidade dos projetos e pode ser considerada uma transição significativa na prática de projeto porque é uma mudança de paradigma. As empresas de projeto têm processos internos de gestão característicos ao seu universo os quais moldam a implementação de qualquer nova tecnologia nestas empresas. Ao mesmo tempo as mudanças no processo de projeto de arquitetura também são significativas quando estas empresas adotam a modelagem da informação da construção. Este trabalho teve como objetivo avaliar por meio de estudos de caso a implementação e uso da modelagem da informação da construção em empresas de arquitetura. Foram analisados os impactos da implantação da modelagem da informação na gestão das empresas e no processo de projeto de arquitetura. Para atingir os objetivos propostos foram adotadas a revisão bibliográfica e o estudo de casos múltiplos. Os estudos de caso foram acompanhados pelo período aproximado de um ano, em três empresas de projeto de arquitetura. Como resultados percebeu-se que as empresas de arquitetura necessitam de maior capacitação em gestão para que possam se preparar e se beneficiar da adoção de novas tecnologias. A antecipação destas tendências pode colaborar com a manutenção de posições estratégicas ou criar novas oportunidades. A conversão dos desafios em vantagens pode ser fonte de grandes vantagens competitivas. A motivação e a metodologia para a implantação também são fundamentais para garantir o sucesso da implantação. O projeto de arquitetura obtém muitas vantagens, mas o uso de softwares BIM mas requer maior capacitação técnica do arquiteto e uma sólida formação em tecnologia.

PALAVRAS CHAVE: BIM. Modelagem da Informação da Construção. Empresas de Projeto de Arquitetura. Inovação Tecnológica. Implementação

ABSTRACT

Advances in technology of information have led to major changes in the construction sector. With the increase of competitiveness, design firms may have a potential contribution. The building information modelling emerged as a potential technology to encourage improvement in the quality of the projects and can be considered a significant transition in the practice of project because it is a genuine paradigm shift.

The design firms have internal management processes which could shape the implementation of any new technology in these companies. At the same time the changes in the architectural design process are also significant when these companies adopt BIM. This study aimed to evaluate through case studies the implementation and use of BIM in design firms. Also, the impacts of the implementation of information modeling in business management and architecture design process were analyzed.

To achieve the proposed objectives two main methodologies were adopted: the literature review and multiple case study. The case studies were followed for approximately one year in three design firms.

As result it was realized that the architectural design offices need more management training so they can prepare themselves for the benefit of new technologies adoption. The anticipation of these trends may contribute to the maintenance of strategic positions or the creation of new opportunities. The conversion of the challenges in advantages can be sources of great competitive advantages.

The motivation and methodology for implementation are also critical to ensure successful deployment. The design gets many advantages with the use of BIM software but requires greater technical skill of the architect professional and a solid background in technology.

Keywords: BIM. architectural design offices. technological innovation. Implementation

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Iniciativas BIM no Brasil. Fonte: Souza, Wyse e Melhado (2013) 28
Figura 2: Cadeia Produtiva da Construção Civil. Fonte: CARDOSO, 2005 31
Figura 3: Adaptado de MANZIONE (2013) 35
Figura 4 - Capacidades BIM. Fonte: Sinaenco (2013) 48
Figura 5 - Estágios de Maturidade BIM Fonte: Succar (2009) 50
Figura 6 – Usos do BIM. Fonte: Guia AsBEA, 2015 – Fascículo I 60
Figura 7 – Usos do BIM. Fonte: CBIC (2015) 78
Figura 8 – Empresa A. Fonte: Autora 115
Figura 9 – Estrutura da Empresa A. Fonte: Autora 117
Figura 10 - Disposição dos Blocos G, H, I e Mall. Fonte: Empresa “A” 125
Figura 11 - Disposição dos Blocos G, H, I e Mall. Fonte: Empresa “A” 126
Figura 12 - Imagens Renderizadas e Maquete Física do Bloco H. Fonte: Empresa A 127
Figura 13 - Modelo de Estudo Preliminar – Blocos G e I. Fonte: Empresa “A” 127
Figura 14 - Planta Bloco G. Fonte: Empresa A 129
Figura 15 - Planta do Bloco H. Fonte: Empresa A 130
Figura 16 - Planta do Bloco I Fonte: Empresa A 130
Figura 17 - Bloco I – Detalhamento dos elementos da fachada. Fonte: Empresa “A” 132
Figura 18 - Blocos G e I e Modelo de Fundação. Fonte: Empresa “A” 133
Figura 19 - Mall exportado do SkechtUp para o Revit. Fonte: Empresa “A” 133
Figura 20 - Bloco I – Acessos e Topografia. Fonte: Empresa “A” 135
Figura 21 - Blocos I e G. Fonte: Empresa “A” 135
Figura 22 - Checagem de interferências. Fonte: Inprediais, 2016 136
Figura 23 - Documentação – Bloco G – Planta do 2º Pavimento. Fonte: Empresa “A” 137
Figura 24 - Documentação – Bloco I – Planta do Pavimento Tipo. Fonte: Empresa “A” 137
Figura 25 - Bloco I – Corte. Fonte: Empresa “A” 138
Figura 26 - Imagem Renderizada – Bloco I. Fonte: Empresa “A” 138
Figura 27 - Bloco H – Esquemas de Brises. Fonte: Empresa “A” 139
Figura 28 - Detalhamentos. Fonte: Empresa “A” 141
Figura 29 - Detalhamentos. Fonte: Empresa “A” 141
Figura 30 - Documentação 2D com Detalhes 3D. Fonte: Empresa “A” 142
Figura 31 - Bloco H – Esquemas de Brises. Fonte: Empresa “A” 143
Figura 32 - Fachadas em 3D, com e sem brises. Fonte: Empresa “A” 144
Figura 33 - Bloco I – Corte 3D. Fonte: Empresa “A” 144
Figura 34 - Projeto de Estrutura Preliminar. Fonte: Empresa “A” 147
Figura 35 - Modelagem de Sistemas Prediais. Fonte: Inprediais 149
Figura 36 - Modelagem de Sistemas Prediais. Fonte: Inprediais 149
Figura 37 - Empresa B Fonte: Autora 152
Figura 38 - Estrutura da Empresa B. Fonte: Autora 154
Figura 39 - Imagem Renderizadas Fonte: Empresa B 165
Figura 40 - Croquis. Fonte: Empresa “B” 166

Figura 41 - Estudo de Viabilidade – SkechtUp. Fonte: Empresa “B” 166
Figura 42 - Modelo do Projeto Legal/Projeto Básico. Fonte: Empresa “B 167
Figura 43 - Modelo do Projeto Legal/Projeto Básico. Fonte: Empresa “B 167
Figura 44 - Tabela de áreas – Projeto Legal. Fonte: Empresa “B 168
Figura 45 - Fachadas do Projeto Executivo. Fonte: Empresa “B” 168
Figura 46 - Modelo do Projeto de Estrutura. Fonte: Empresa “B” 170
Figura 47 - Imagem Renderizada Fonte: Empresa B 171
Figura 48 - Croquis de Estudo Preliminar. Fonte: Empresa “B” 173
Figura 49 - Modelo de SkechtUp. Fonte: Empresa “B” 173
Figura 50 - Maquete Eletrônica. Fonte: Empresa “B” 174
Figura 51 - Anteprojeto. Fonte: Empresa “B” 175
Figura 52 - Perspectiva do Projeto Executivo. Fonte: Empresa “B” 175
Figura 53 - Planta do Pavimento Térreo – Projeto Executivo. Fonte: Empresa “B” 176
Figura 54 - Detalhes do Projeto Executivo. Fonte: Empresa “B” 177
Figura 55 - Compatiblização no Navisworks. Fonte: Empresa “B” 179
Figura 56 - Compatiblização no Navisworks. Fonte: Empresa “B” 179
Figura 57 - Relatório de Imagens 3D. Fonte: Empresa “B” 180
Figura 59 - Modelos de Sistemas Prediais. Fonte: Empresa “B” 181
Figura 60 - Imagem Renderizada Fonte: Empresa “B” 182
Figura 61 - Croqui. Fonte: Empresa “B” 183
Figura 62 - Maquete Eletrônica. Fonte: Empresa “B 184
Figura 63 - Modelo do Estudo Preliminar. Fonte: Empresa “B” 184
Figura 64 - Tabelas extraídas do modelo de Projeto Legal. Fonte: Empresa “B” 185
Figura 65 - Planta do Estudo Preliminar. Fonte: Empresa “B” 186
Figura 66 - Esquemas Fonte: Empresa “B” 188
Figura 67 - Empresa C: Fonte:Autora 189
Figura 68 - Estrutura da Empresa C Fonte: Autora 190
Figura 69 - Fluxo de Trabalho. Fonte: Empresa “C” 195
Figura 70 - Perspectiva Geral – Projeto Executivo. Fonte: Empresa “C” 197
Figura 71 - Planta do Pavimento Tipo – Parcial. Fonte: Empresa “C” 198
Figura 72 - Fachada e Corte – Projeto Executivo. Fonte: Empresa “C” 199
Figura 73 - Imagem Renderizada. Fonte: Empresa “C” 200
Figura 74 - Estudos de Volumetria. Fonte: Empresa “C” 202
Figura 75 - Planta do Pavimento Tipo. Fonte: Empresa “C” 203
Figura 76 - Fachada. Fonte: Empresa “C” 203
Figura 77 - Projeto Legal – Folha 1. Fonte: Empresa “C” 204
Figura 78 - Perspectiva. Fonte: Empresa “C” 205
Figura 79 -0 Planta do Pavimento Tipo. Fonte: Empresa “C” 206
Figura 80 - Detalhamento. Fonte: Empresa “C” 206
Figura 81 - Corte e Detalhamento. Fonte: Empresa “C” 207
Figura 82 - Relatório de Checagem de Interferências. Fonte: Empresa “C” 208
Figura 83 - Relatório de Checagem de Interferências. Fonte: Empresa “C” 209
Figura 84 - Projeto de Estrutura. Fonte: Empresa “C” 210
Figura 85 - Detalhes do Projeto de Estrutura. Fonte: Empresa “C” 211
Figura 86 - Projetos de Sistemas Prediais Inseridos no ArchiCAD. Fonte: Empresa “C” 212

Figura 87 - Modelos Integrados no Tekla BIM Sight. Fonte: Empresa “C” 213
Figura 88 - Imagem Renderizada Empresa “C” 214
Figura 89 - Implantação..... 215
Figura 90 - Imagem Renderizada. Fonte: Empresa “C..... 215
Figura 91 - Estudos. Fonte: Empresa “C” 216
Figura 92 - Corte em Perspectiva. Fonte: Empresa “C” 217
Figura 93 - Corte. Fonte: Empresa “C” 218
Figura 94 - Tabelas de Áreas. Fonte: Empresa “C” 219
Figura 95 - Detalhes de Projeto. Fonte: Empresa “C” 219
Figura 96 - Prancha de Cortes e Detalhes. Fonte: Empresa “C”..... 220
Figura 97 - Cortes e Perspectivas. Fonte: Empresa “C” 220
Figura 98 - Fachadas. Fonte: Empresa “C” 221
Figura 99 - Benefícios da adoção da modelagem Fonte: Autora 263
Figura 100 - Dificuldades na adoção da modelagem Fonte: Autora 263
Figura 101 - A empresa de arquitetura no ciclo de vida do empreendimento Fonte: Autora 268
Figura 102 - Plano de Implantação Fonte: Autora 274

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Número de empresas por faixa de pessoal ocupado no segmento da Arquitetura e Engenharia 2011..... 40
Tabela 2 – Resumo dos Dados Coletados. Fonte: Autora 249
Tabela 3 - Resumo dos Dados Coletados. Fonte: Autora 249
Tabela 4 – Classificação das Empresas. Fonte: Autora 258

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

ABRAVA	Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento
ABRASIP	Associação Brasileira de Sistemas Prediais
AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
AIA	American Institute of Architects
ASBEA	Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura
BIM	Building Information Modeling
CAD	Computer-Aided Design
COBie	*Construction Operation Building Information Exchange*
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
IFC	Industry Foundation Classes
IPD	Integrated Project Delivery
LOD	Level of Development
SECOVI	Sindicato das Empresas de Compra, Venda, Locação e Administração de Imóveis Residenciais e Comerciais
SINAENCO	Sindicato Nacional da Arquitetura e da Engenharia
SINDUSCON	Sindicato da Industria da Construção Civil do Estado de São Paulo
TIC	Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção

SUMÁRIO

ABSTRACT 6
LISTA DE ILUSTRAÇÕES 7
LISTA DE TABELAS 9
LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS 10
1. INTRODUÇÃO 12
1.1. Contextualização 12
1.2. Justificativa 13
1.3. Objetivo 17
1.4. Metodologia de Pesquisa 17
1.4.1. Pesquisa Teórica – Revisão Bibliográfica 18
1.4.2. Estudos de Caso 18
1.5. Estrutura do Trabalho 20
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 22
2.1. Modelagem da Informação da Construção ou Building Information Modeling (BIM) 22
2.2. Modelagem da Informação no Mundo e no Brasil 24
2.2.1. Estrutura Legal e Normativa 25
2.2.1.1. Caderno BIM ou Termo de Referência para desenvolvimento de projetos25
2.2.1.2. ABNT/CEE-134 Modelagem de Informação da Construção - NBR 15965 – Sistema de Classificação da Informação da Construção 25
2.2.2. Associações e Entidades de Classe 25
2.2.3. Pesquisa e Ensino 27
2.2.4. Desenvolvimento de Bibliotecas de Componentes 28
2.2.5. Demanda do Setor Privado e Setor Público 28
2.3. Análise dos Agentes da Cadeia Produtiva da Construção Civil com Foco na Modelagem da Informação da Construção 31
2.3.1. Análise dos Agentes no Ciclo de Vida do Empreendimento 34
2.4. Análise do Setor: Empresas de Projeto e de Engenharia Consultiva 39
2.5. Gestão de Empresas de Projeto 41
2.6. Implementação da Modelagem da Informação da Construção 46
2.6.1. Guias 56
2.6.2. Dificuldades 62
2.6.3. Benefícios 65
2.6.4. Nível de Detalhamento e Nível de Detalhe (LOD), Dimensões e Usos do BIM67

2.6.4.1. Nível de Detalhe e Nível de Detalhamento 69
2.6.4.2. Dimensões do BIM 71
2.6.4.3. Usos do BIM 75
2.6.5. Parametrização 78
2.6.6. Compartilhamento e Troca de Modelos - Interoperabilidade 80
2.6.7. Novas Funções – Gerente BIM 83
2.6.8. Modelagem da Informação da Construção nas Empresas de Projeto 87
2.6.8.1. O BIM e a empresa de projeto 94
2.6.8.2. Projeto de Arquitetura 97
2.7. Colaboração 105
2.7.1. Colaboração entre empresas de projeto 107
2.7.1.1. Colaboração entre as empresas de projetos e os demais agentes 111
3. ESTUDOS DE CASO 114
3.1. Seleção dos Casos 114
3.2. Empresa “A” 115
3.2.1. Perfil da Empresa 115
3.2.2. Gestão da Empresa 116
3.2.3. Implementação da Modelagem da Informação 119
3.2.4. Benefícios e Dificuldades 120
3.2.5. Novos Cargos 123
3.2.6. Projeto de Arquitetura 124
3.2.6.1. Projeto 1 126
3.2.6.1.1. Usos do modelo e nível de detalhamento 145
3.2.7. Colaboração 146
a. Equipes de Projeto 146
b. Demais agentes 150
3.3. Empresa “B” 152
3.3.1. Perfil da Empresa 152
3.3.2. Gestão da Empresa 153
3.3.3. Implementação da Modelagem da Informação 155
3.3.4. Benefícios e Dificuldades 158
3.3.5. Novos Cargos 162
3.3.6. Projeto de Arquitetura 163
3.3.6.1. Projeto 1 164
3.3.6.1.1. Caracterização do Projeto 164
3.3.6.1.2. Desenvolvimento do Projeto 165
3.3.6.1.3. Usos do Modelo e Nível de Detalhamento 169

3.3.6.1.4. Colaboração 169
3.3.6.2. Projeto 2 170
3.3.6.2.1. Caracterização 170
3.3.6.2.2. Desenvolvimento do Projeto 171
3.3.6.2.3. Usos do Modelo e Nível de Detalhamento 178
3.3.6.2.4. Colaboração 178
3.3.6.3. Projeto 3 182
3.3.6.3.1. Caracterização do Projeto 182
3.3.6.3.2. Desenvolvimento do Projeto 183
3.3.6.3.3. Usos do Modelo e Nível de Detalhamento 186
3.3.6.3.4. Colaboração 188
3.4. Empresa “C” 189
3.4.1. Perfil da Empresa 189
3.4.2. Gestão da Empresa 190
3.4.3. Implementação da Modelagem da Informação 191
3.4.4. Benefícios e Dificuldades 193
3.4.5. Novas Funções 195
3.4.6. Desenvolvimento de Projetos 196
3.4.6.1. Projeto 1 197
3.4.6.1.1. Caracterização do Projeto 197
3.4.6.1.2. Desenvolvimento do Projeto 197
199
3.4.6.1.3. Usos do Modelo e Nível de Desenvolvimento 200
3.4.6.1.4. Colaboração 200
3.1.1. Projeto 2 200
3.1.1.1. Caracterização do Projeto 201
3.1.1.2. Desenvolvimento do Projeto 201
3.1.1.3. Usos do Modelo e Nível de Detalhamento 207
3.1.1.4. Colaboração 209
3.1.1. Projeto 3 214
3.1.1.1. Caracterização 214
3.1.2. Desenvolvimento do Projeto 215
3.1.2.1. Colaboração 221
4. ANÁLISE DOS RESULTADOS 223
4.1. Empresa “A” 223
4.2 Empresa “B” 231
4.3 Empresa “C” 240

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS 247
5.1. Quanto a gestão 250
5.2. Quanto ao uso da tecnologia 254
5.2.1. Implantação 254
5.2.2. Desenvolvimento de Projetos 260
5.2.3. Colaboração 265
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS 269
6.1. Recomendações 273
6.2. Sugestões para futuras pesquisas 275
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 276
APÊNDICE 284

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização

Nos últimos 24 anos, o melhor desempenho do setor da construção civil foi alcançado em 2010, quando registrou-se uma taxa de crescimento de 11,6%. Esse resultado decorreu de uma combinação de fatores: aumento do crédito, queda das taxas de juros, programas de investimentos públicos em infraestrutura, redução de impostos, aumento da renda dos ocupados e da massa de salários.

Com o PIB setorial crescendo apenas 3,6% ante aos 11,6% do ano anterior, o ano de 2011 registrou a desaceleração das atividades. Ainda assim, a expansão desse setor foi superior àquela do PIB brasileiro, que havia registrado 2,7%.

Essa desaceleração pode ser explicada, em grande parte, pelo conjunto de medidas macroprudenciais adotadas pelo governo no início de 2011 e pelo desaquecimento da economia mundial, que contribuíram para o menor crescimento da economia brasileira, repercutindo no setor da construção civil (Gráfico 1).

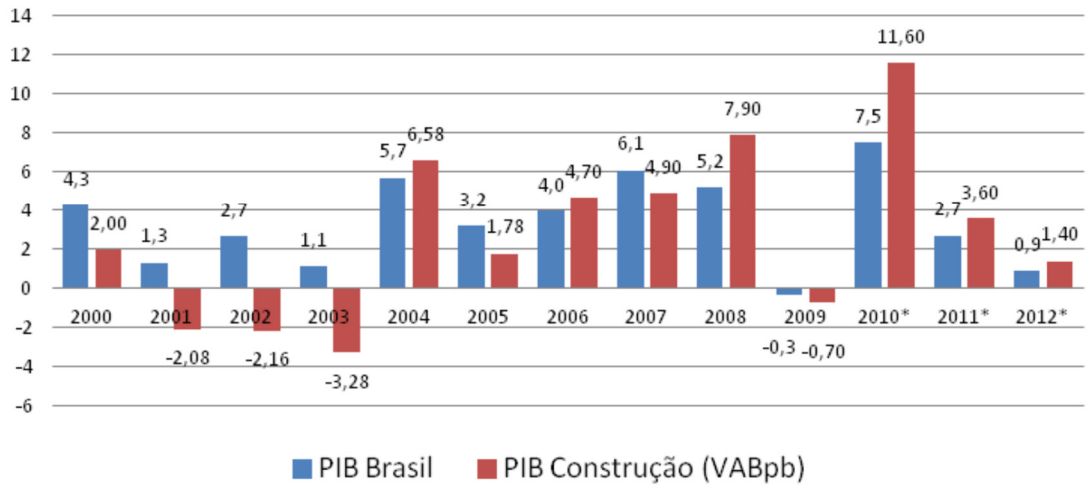

Gráfico 1: PIB do Brasil e PIB da Construção. Fonte: CBIC e IBGE, Elaboração: Dieese

O Plano Brasil Maior, lançado em agosto de 2011, inaugurou um pacote de medidas com os objetivos de estimular o investimento e a inovação e promover o comércio exterior e a defesa da indústria e do mercado interno. A medida está beneficiando 56 setores, que são responsáveis por uma receita bruta anual de R$ 1,9 trilhões no mercado interno, o que corresponde à metade do Produto Interno Bruto (PIB) do país.

A partir de 2012 a indústria da construção entrou em ritmo de desaceleração do crescimento, devido principalmente ao encerramento de um ciclo de produção imobiliária, observado na expressiva redução de seus lançamentos e vendas. (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 2014a).

A carência em infraestrutura, o déficit habitacional e os eventos esportivos internacionais programados (Copa do Mundo de 2014 e Olimpíadas em 2016) também corroboraram para um cenário de aumento dos investimentos públicos que chegaram a 2,5% do PIB para infraestrutura entre 2008 e 2009 (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 2014b), valor, no entanto, ainda considerado baixo frente às necessidades do país, e inferior a outros países emergentes, cuja taxa de investimento nesse setor está situada em torno de 5% (WATANABE, 2014).

No momento atual o país atravessa um período de instabilidade político-econômico, acompanhado da retração do Produto Interno Bruto (PIB) afetando diversos setores do mercado, incluindo o da construção civil. Especialistas do setor econômico apontam que, num período de médio prazo, essa instabilidade econômica deve retroceder fazendo com que o mercado retome as oportunidades de crescimento a partir de 2017. (BITTENCOURT, 2015)

1.2. Justificativa

O setor da construção civil atualmente apresenta uma forte demanda por inovações nas tecnologias de informação e seu desenvolvimento se apresenta como alternativa na busca por tecnologias e processos que possam incrementar os resultados da cadeia da construção civil. Estas tecnologias têm grande potencial para implementar melhorias na produtividade e competitividade do setor.

Os avanços nas tecnologias de informação têm propiciado mudanças ao setor da construção, apesar de haver grande atraso tecnológico em relação a outras indústrias O desenvolvimento tecnológico pode responder as necessidades de maior produtividade e de atendimento a novas demandas nos prazos e nos custos esperados.

Barros (1996) já destacava que, em cenários como o que tem vivido o segmento da construção de edifícios, os esforços das empresas devem conciliar a introdução de mudanças tecnológicas com os aspectos organizacionais. Cardoso e Barros (2011) apontam que para se ultrapassar momentos de crise temos espaço para o aumento da inovação. O edifício a ser produzido passa a atender novas demandas e práticas inovadoras de gestão de projeto tem sido adotada; novas ferramentas estão disponíveis, incluído as da tecnologia da informação.

Para o PIT – Programa de Inovações Tecnológica na Construção, as inovações tecnológicas compreendem as implantações de produtos e processos tecnologicamente novos e substanciais melhorias tecnológicas em produtos e processos (OECD – Organização para Cooperação Econômica e Desenvolvimento, 2004).

Segundo a OECD (2004), uma inovação é considerada implantada se tiver sido introduzida no mercado (inovação de produto) ou utilizada no processo de produção (inovação de processo).

Em 2013, um estudo realizado pela CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção, em parceria com a ANTAC – Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (CBIC; ANTAC, 2013), demonstrou a necessidade de se estabelecer uma política de fomento à ciência, tecnologia e inovação para a indústria da construção (CT&I).

Como resultado desse estudo, elaborou-se um documento a partir da criação de cinco oficinas que contaram com a participação 318 participantes, entre pesquisadores provenientes de 29 instituições de ensino e pesquisa brasileiras, representantes de

empresas de projeto, fabricantes, construtoras, entidades setoriais, agentes financiadores e poder público.

Entre as oficinas, destaca-se a Oficina 4, que possui como tema "Projeto, Uso e Operação" e que abordou os seguintes tópicos: gestão do processo de projeto; operação e manutenção de edifícios e avaliação pós-ocupação; e tecnologia da informação da construção/*Building Information Modeling*.

As discussões das oficinas resultaram em propostas para dezenove linhas de pesquisa estratégicas para a CT&I. Destacam-se como interesse desta pesquisa:

- Linha 4 – Desenvolvimento de processo de projeto colaborativo, empregando a TIC: desenvolvimento de processo de projeto colaborativo utilizando conceitos e ferramentas da tecnologia da informação e da modelagem da informação da construção.

- Linha 9 – Desenvolvimento de aplicações de Tecnologia da Informação no projeto, construção, operação e manutenção de edifícios: desenvolvimento de aplicações da TIC e de modelagem da informação da construção nas etapas de projeto, execução, controle, uso, operação e manutenção de edifícios.

Na esfera federal já foram realizadas determinações em apoio ao uso do BIM pela indústria da construção no Brasil, como a publicação do Plano Brasil Maior, desenvolvido pela Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial - ABDI, que aponta como diretriz “Intensificar o uso de tecnologia da informação aplicada à construção e a implantação do sistema de classificação da informação da construção – normas BIM (NBR) ” (PLANO BRASIL MAIOR, 2013, p. 64).

No ano de 2014, o Brasil participou pela primeira vez da pesquisa conduzida pela *McGraw Hill* (MCGRAWHILL, 2014), apontando uma alta expectativa de investimento para os próximos anos no país, conforme demonstrado no Gráfico 2.

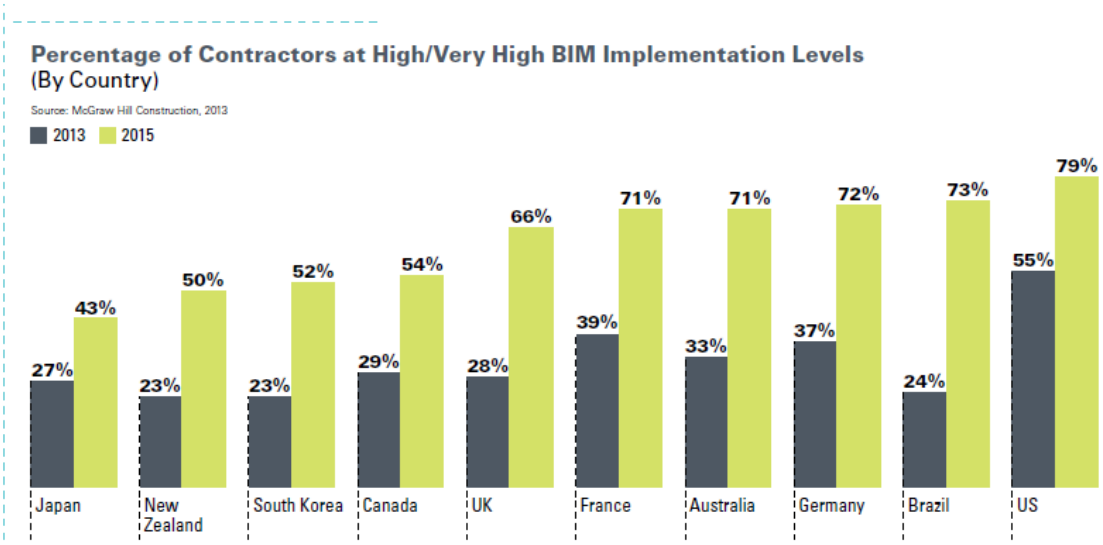

Gráfico 2: Expectativa de investimento no Brasil. Fonte: McGraw Hill, 2014

A pesquisa também demonstra que 85% dos contratantes participantes obtiveram retorno positivo do investimento feito na modelagem da informação indicando um caminho de crescimento e desenvolvimento da modelagem da informação para os próximos anos.

A modelagem da informação da construção no Brasil, embora ainda incipiente, vem apresentando um número crescente de pesquisas relacionadas ao tema. No contexto acadêmico, identifica-se uma série de iniciativas voltadas ao desenvolvimento de pesquisas sobre o conceito de modelagem da informação da construção conduzidas por universidades brasileiras ou em parceria com empresas privadas e associações representativas dos profissionais do setor (ABAURRE, 2013).

Com base nesses dados, evidencia-se a pertinência do tema frente à sua atual escassez, muito embora se observe o crescimento de pesquisas em âmbito nacional. Em razão da alta perspectiva do uso da modelagem da informação no Brasil, as avaliações que objetivam identificar os melhores caminhos utilizados pelas empresas para adoção da modelagem da informação mostram-se relevantes, pois contribuem para a evolução do setor. As empresas de projeto têm um importante papel neste processo, pois, conforme demonstrado por Eadie (2013) em sua pesquisa, que contou com 92 respostas de diversos agentes da construção civil que utilizaram a modelagem da informação, sua utilização mais frequente acontece nos estágios de projeto e de pré-construção (detalhamento de projeto).

Outro ponto relevante é que o modelo de arquitetura é imprescindível em todas as fases de fases. É a base para todos os outros modelos e é parte integral de muitas analises e simulações, portanto é essencial que seja tecnicamente correto em todas as fases de projeto.

1.3. Objetivo

Este trabalho tem como objetivo analisar e avaliar, por meio de estudos de caso, a implementação e o uso da modelagem da informação da construção em empresas de arquitetura.
Serão analisados os impactos da implantação da modelagem da informação na gestão das empresas e o uso da tecnologia nos projetos de arquitetura.
Dessa forma, será possível identificar as dificuldades e os benefícios com o intuito de propor recomendações e diretrizes às empresas e potencializar o uso da modelagem da informação da construção no Brasil.

1.4. Metodologia de Pesquisa

Para atingir os objetivos propostos neste trabalho, serão adotados a pesquisa bibliográfica e os métodos qualitativos por meio de estudos de caso múltiplos.

Propõe-se aqui a pesquisa qualitativa por ser apropriada quando o fenômeno em estudo é complexo, de natureza social e não tende à quantificação, e por ser utilizada para observar, registrar e analisar interações reais entre pessoas e entre pessoas e sistemas (MORESI, 2003). O enfoque qualitativo apresenta as seguintes características: o pesquisador é o instrumento-chave; o ambiente é a fonte direta dos dados; não requer o uso de técnicas e métodos estatísticos; têm caráter descritivo; o resultado não é o foco da abordagem, mas sim o processo e seu significado, ou seja, o principal objetivo é a interpretação do fenômeno objeto de estudo (GODOY, 1995B, SILVA; MENEZES, 2005). Quanto ao estudo de caso múltiplos, segundo Yin (2001), estes são mais consistentes e permitem maiores generalizações.

A pesquisa será realizada em quatro fases, que estão descritas a seguir.

1.4.1. Pesquisa Teórica – Revisão Bibliográfica

Pesquisa bibliográfica de conceitos relevantes para o estudo, tais como: inovação tecnológica, tecnologia da informação, implementação da modelagem da construção, gestão de empresas, processo de projeto, entre outros. A pesquisa de conceitos será realizada por meio de consulta a banco de dados de teses e dissertações, livros, guias, artigos de autores nacionais e internacionais e periódicos.

1.4.2. Estudos de Caso

Segundo Ventura (2007), os estudos de caso têm várias aplicações e são apropriados para pesquisadores individuais. São indicados também para a investigação de fenômenos, quando há grande variedade de fatores e relacionamentos que podem ser diretamente observados. São úteis na exploração de novos processos e comportamentos porque tem a importante função de gerar hipóteses e construir teorias.

De acordo com Yin (2001), estudos de caso podem ser considerados como uma das ferramentas possíveis para a realização de pesquisas. Esse tipo de ferramenta deve ser utilizado quando se pretende conhecer as características de eventos contemporâneos da vida real, principalmente quando o foco da pesquisa são questões de “como” e “porque” determinados eventos ocorrem, e sobre os quais o pesquisador possui pouco ou nenhum controle.

Nessa etapa da pesquisa, procurou-se conhecer a realidade das empresas de projeto de arquitetura durante o processo de implementação da tecnologia As empresas estudadas foram acompanhadas periodicamente, com visitas semanais ou quinzenais. A coleta de dados aconteceu de diversas formas:

- Entrevistas estruturadas e semiestruturadas;
- Observações;
- Conversas informais;
- Análise documental.

As entrevistas semiestruturadas foram realizadas com os titulares das empresas, gerentes e coordenadores de projetos e arquitetos. Para a coleta de informações, elaborou-se um roteiro para a primeira entrevista baseado nas referências bibliográficas, que consta no Apêndice. Esse roteiro compreende informações sobre as características da empresa, tais como ramo/segmento, estrutura organizacional, porte/número de funcionários, entre outras, gestão da empresa, planejamento do projeto/motivos da implantação e metodologia utilizada.

De forma consensual, a primeira entrevista definiu os projetos relevantes, acompanhados periodicamente com visitas quinzenais e/ou mensais. Os dados coletados nas entrevistas posteriores foram armazenados em relatórios. As empresas também forneceram documentos relacionados a cada caso escolhido.

A seleção das empresas estudadas levou em conta a existência de casos em comum, com o uso efetivo de algum *software* de modelagem da informação da construção. Procurou-se também por casos distintos de implementação quanto à metodologia utilizada, possibilitando a comparação e o enriquecimento dos resultados.

O primeiro estudo de caso é resultado da atuação profissional da autora na empresa objeto de estudo, o que facilitou o acesso aos documentos e às entrevistas. Durante os meses de fevereiro, março, abril e maio de 2015, o trabalho de consultoria ocorreu duas vezes por semana. Em princípio, realizou-se o planejamento e a estruturação do trabalho, seguido do desenvolvimento da modelagem junto à equipe do projeto.
Nos meses posteriores, o acompanhamento do caso continuou com visitas mensais até o mês de julho de 2016. A coleta de dados deu-se por meio de entrevistas com a coordenadora de projetos e de reuniões com a equipe de projeto, composta por 15 arquitetos. A empresa em questão possui um projeto de grande porte (descrito detalhadamente no Capítulo 4) que é o objeto deste estudo de caso.

O segundo estudo de caso teve início com visitas quinzenais nos meses de maio, junho e julho de 2015. Como o intuito de aguardar novos dados, as visitas foram paralisadas e retomadas quinzenalmente ou mensalmente em outubro de 2015. A coleta de dados foi viabilizada por meio de entrevistas com a gerente geral da empresa, e com o *BIM Manager*. Também foram coletados dados com a equipe da empresa de consultoria responsável pela implantação da modelagem, composta pelo gerente e dois arquitetos. Em junho de 2014, a empresa iniciou dois projetos pilotos. Um deles foi finalizado em agosto de 2015 por tratar das fases de concepção, projeto básico e projeto legal. Em abril de 2015, mais quatro projetos tiveram início com a utilização da modelagem da informação. A empresa elaborou, desde o período de implantação, aproximadamente quinze projetos utilizando-se da modelagem da informação, dentre os quais escolheram-se três projetos relevantes para acompanhamento até o mês de junho de 2016.
O terceiro estudo de caso teve início em fevereiro de 2016. A coleta de dados deu-se por meio de entrevistas realizadas por meio do *Skype* e por duas visitas presenciais nos meses de abril e junho. A empresa foi implantada em 2011; por essa razão, possui um grande portfólio de projetos produzidos utilizando-se da modelagem da informação – cerca de 70. Foram escolhidos três projetos relevantes da empresa, sendo um finalizado e dois em andamento, que foram acompanhados até o mês de julho de 2016.

Na terceira fase deste trabalho, os dados coletados nos estudos de caso foram organizados, avaliados e confrontados com os conceitos encontrados nas pesquisas bibliográficas realizadas na primeira fase.

Na quarta e última fase, os dados foram discutidos e comparados entre si, resultando na elaboração das considerações finais da pesquisa.

1.5. Estrutura do Trabalho

O presente trabalho foi desenvolvido em cinco capítulos:
Capítulo 1 – **Introdução:** apresenta o cenário em que a pesquisa está inserida, com a descrição do contexto do mercado da construção civil. Ainda nesse capitulo são apresentados o tema e justificativa da pesquisa, seus objetivos e metodologias.

Capítulo 2 – Revisão Bibliográfica: os principais temas para a pesquisa serão estudados por meio da revisão bibliográfica. Serão realizadas analises a respeito do panorama da implantação da modelagem em âmbito mundial e nacional com um panorama das iniciativas de implementação e desenvolvimento da modelagem da informação da construção no Brasil. Os conceitos principais da modelagem da informação da construção bem como sua dificuldade e benefícios, metodologias conceituais e práticas de implantação serão apresentados. Ainda nesse capitulo serão abordados alguns agentes da cadeia da construção civil com foco na modelagem.
Mais especificamente serão tratadas as empresas de arquitetura, sua inserção na cadeia, a implantação da modelagem e seus impactos nessas empresas e a relação destas empresas com os demais agentes.

Capítulo 3 - Estudos de Caso: este capítulo trará a descrição dos dados coletado nos três estudos de caso com a caracterização das empresas, método de implantação, uso da modelagem aplicada aos projetos.

Capitulo 4 – Análise: os estudos de caso serão analisados e confrontados com a bibliografia apresentada no Capitulo 2.

Capitulo 5 – Os resultados das análises dos estudos de caso serão discutidos e confrontados.

Capitulo 6 – Considerações Finais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Modelagem da Informação da Construção ou *Building Information Modeling* (BIM)

Observa-se que os conceitos, abordagens e metodologias que hoje são identificados como pertencentes ao BIM podem ser datados de cerca de 30 anos. Já a terminologia *building information modeling* está em circulação há, pelo menos, 15 anos (EASTAMAN *et al.*, 2008).

A responsabilidade pela autoria do conceito do que hoje é divulgado como BIM (*Building Information Modeling*), ou Modelagem da Informação da Construção, é concedida ao professor Charles M. Eastman, do Instituto de Tecnologia da Geórgia. Segundo Silva (2007) *apud* OLIVEIRA (2011), ele teria criado apenas o conceito, e não o termo, com base na grande utilização da expressão *Building Product Model* em suas publicações literárias desde o final dos anos 70, que é o mesmo que *Building Information Model*.

A disseminação do termo seria de responsabilidade de Jerry Laiserin, arquiteto e analista industrial americano, formado em Princeton e defensor do conceito *"building smarter"*. Laiserin postulou a expressão como nome comum para uma representação digital do processo de construção, visando facilitar a interoperabilidade da informação em meios digitais, e foi um dos criadores da primeira abordagem de linguagem neutra para troca de informações e dados que deu origem à *IAI – International Alliance for Interoperability*, atualmente *Building Smart Alliance* (OLIVEIRA, 2011).

Eastman *et al.* (2008) definem BIM como uma tecnologia de modelagem e um conjunto de processos associados para produzir, comunicar e analisar modelos de edifícios. Também pode ser definido como o processo de geração, armazenamento, gerenciamento, extração e compartilhamento das informações dos edifícios de uma maneira interoperável e reutilizável (EADIE, 2013).

Succar (2009) define a Modelagem da Informação da Construção como uma série de interações de políticas, processos e tecnologias que geram uma metodologia de gerenciamento dos dados do projeto em um formato digital, por meio do ciclo de vida da edificação.

Na visão de UNDERWOOD; ISIKDAG (2010), a Modelagem da Informação da Construção pode ser definida como um processo que permite a gestão da informação; já o Modelo da Informação da Construção é o conjunto de modelos compartilhados, digitais, tridimensionais e semanticamente ricos, que são a base para o processo de modelagem.

Ayres (2009) propõe uma classificação do BIM em quatro níveis de abstração: no primeiro nível, chamado de metamodelagem, são discutidas as questões sobre modelos conceituais, interoperabilidade de aplicações e os impactos da tecnologia sobre a indústria; no segundo nível, intitulado modelagem, são abordadas questões relacionadas à criação de modelos e interfaces das aplicações CAD que realizam a modelagem do produto; no terceiro nível, denominado modelo, são enfocadas as relações semânticas entre os diferentes objetos que o compõem; e no quarto nível, dos objetos, são abordadas as questões sobre a funcionalidade das partes componentes do modelo, tais como comportamento, propriedades e atributos, entre outros.

BIM é um modelo de informação sobre um edifício – ou o projeto de um edifício – que compreende informação completa e suficiente para dar suporte aos processos do ciclo de vida do edifício, e que pode ser interpretado diretamente por aplicativos de computador. O BIM compreende informações sobre o edifício e seus componentes e contém informações sobre propriedades como funções, forma, materiais e processos (NEDERVEEN; BEHESHTI; GIELINGH, 2010 *apud* MANZIONE, 2013).

2.2. Modelagem da Informação no Mundo e no Brasil

De acordo com Wong (2010), o domínio de conhecimento da Modelagem da Informação está expandindo sua implementação em vários países. Os autores apresentam uma revisão do processo de implementação em seis diferentes países – EUA, Finlândia, Dinamarca, Singapura, Hong Kong e Noruega, e demonstram que as iniciativas de implementação partiram tanto dos setores públicos como dos setores privados, como é o caso de Hong Kong.

No período compreendido entre os anos de 2007 e 2009, a maioria dos países estabeleceu iniciativas de determinação de diretrizes para implementação da modelagem da informação da construção, que resultaram na produção de guias e manuais. Como observa Succar (2009), esses guias foram desenvolvidos na Austrália, Dinamarca, Finlândia, Holanda, Noruega, Estados Unidos e Europa, e reforçam o amadurecimento e uso da modelagem da informação, assegurando metodologias mais assertivas para sua aplicação. Também pode-se observar nesses países o desenvolvimento de planos de pesquisa que abrangem tanto aspectos técnicos quanto aspectos gerenciais.

De acordo com *McGraw-Hill Construction* (2014), embora a implementação do BIM tenha sido introduzida há mais tempo em países como Canadá, França, Alemanha, Reino Unido e EUA, alguns mercados que iniciaram a implantação há pouco, tais como Austrália, Brasil, Japão, Coréia e Nova Zelândia, estão demonstrando dinamismo, com a oferta de novos serviços inovadores e com a expansão do uso do BIM para projetos de mineração e fabricação.

Com o objetivo de conhecer o estado atual do uso da tecnologia a nível nacional, o Chile apresentou, recentemente, uma pesquisa conduzida pelo Departamento de Arquitetura da Universidade do Chile, com financiamento interno e apoiado pelas seguintes instituições: Câmara Chilena da Construção, Colégio de Arquitetos, Colégio de Engenheiros, Colégio dos Construtores Civis, Associação de Engenheiros Civis Estruturais, Corporação de Desenvolvimento Tecnológico e BIM Fórum Chile (*Encuesta Nacional BIM*, 2016).

No Brasil, de acordo com Souza *et al.* (2013), observa-se desde 2007 um início de movimentação no setor privado para a implementação da modelagem da informação da construção. Segundo matéria publicada pela “Revista Construção Mercado”, as grandes construtoras e incorporadoras brasileiras iniciaram uma série de projetos-piloto para avaliar a aplicabilidade do BIM, tendo em vista o aumento de produtividade, a redução de perdas, a diminuição de prazos, a melhoria nos orçamentos e a melhoria na qualidade do produto imobiliário (DELATORRE, 2014). Algumas ações apontam para o crescente interesse e desenvolvimento da modelagem da informação da construção no Brasil, as quais serão descritas nos itens que se seguem.

2.2.1. Estrutura Legal e Normativa

A estrutura regulatória dos processos de projeto e construção no Brasil é bastante limitada. Existem poucas normas e regulamentos de produtos e serviços de construção, sendo alguns desses documentos ultrapassados. (MDIC/UE 2015)

2.2.1.1. Caderno BIM ou Termo de Referência para desenvolvimento de projetos

Elaborado pelo Governo Estadual de Santa Catarina e publicado em março de 2014, como parte da documentação de licitação para elaboração do projeto de um hospital.

2.2.1.2. ABNT/CEE-134 Modelagem de Informação da Construção - NBR 15965 – Sistema de Classificação da Informação da Construção

Desde 2010, a NBR 15965 começou a ser elaborada com o objetivo de impulsionar o uso do BIM, ao estabelecer a terminologia e a estrutura de classificação para a tecnologia de modelagem da informação da construção, além de servir para nortear métodos de avaliação, escopos de trabalho, padrões técnicos e outros parâmetros.

2.2.2. Associações e Entidades de Classe

As associações e entidades de classe possuem papel fundamental na promoção de novas tecnologias: as que representam as empresas de projeto de arquitetura têm desenvolvido algumas ações com o objetivo de estimular o uso da modelagem da

informação. O CAU – Conselho de Arquitetura e Urbanismo possui um Grupo de Trabalho dedicado exclusivamente ao estudo e à difusão da modelagem da construção. Em 2015, o “GT BIM – Informática Aplicada à Arquitetura” retomou um trabalho iniciado em 2014. Neste ano, o GT inquiriu as instituições de ensino do Estado sobre o grau de uso e adoção da tecnologia. Das mais de 80 instituições consultadas, 30 retornaram os questionários enviados. O grupo está consolidando as respostas e os resultados serão revelados com a publicação de um artigo.

As empresas de arquitetura são a próxima frente de pesquisa do GT. O grupo enviará questionários eletrônicos a todos os escritórios registrados no CAU/SP a fim de averiguar o ritmo de adoção da tecnologia no Estado. A consulta aos fornecedores e prestadores de serviços do mercado de Arquitetura e Urbanismo deve ser uma terceira frente de trabalho do GT.

A AGESC – Associação de Gestores e Coordenadores de Projeto oferece cursos de introdução ao conceito BIM e de coordenação BIM. O objetivo é a capacitação e a qualificação de profissionais em questões que vão além da manipulação dos *softwares*.

Já a AsBEA – Associação Brasileira de Escritórios de Arquitetura lançou, no fim de 2013, o "Guia AsBEA Boas Práticas em BIM: Fascículo I"; o Fascículo 2 foi lançado em 2014.

O Sindicato da Arquitetura e da Engenharia (Sinaenco) realiza atualmente uma série de palestras voltadas à conscientização das empresas de projeto e à introdução dos conceitos da modelagem. Também estão previstas futuras ações para treinamento de *softwares*.

Outra instituição, a Abrasip (Associação Brasileira de Engenharia de Sistemas prediais), desenvolve um programa denominado GET BIM, que desde 2012 cria bibliotecas de componentes para os projetos de elétrica e hidráulica. A falta de interesse e de apoio dos fabricantes impulsionou doze empresas da associação a financiarem a criação de uma plataforma de uso restrito que armazena as bibliotecas formadas. Os primeiros dois anos do programa foram essencialmente focados na

criação dos componentes e sua constante revisão, evoluindo em 2015 para a elaboração de treinamentos especializados em ferramentas BIM para os projetos de elétrica e hidráulica.

O Departamento Nacional de Empresas Projetistas e Consultores da Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento (Abrava) lançou, em outubro de 2015, sua plataforma de compartilhamento, com o apoio da Abrasip e do GET BIM. Impulsionadas pela falta de apoio dos fabricantes, as empresas da associação se reuniram para financiar a criação de uma biblioteca de componentes. O segundo passou foi o armazenamento dessa biblioteca na plataforma GET BIM, de uso restrito das empresas que financiaram o projeto.

Recentemente, a CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção lançou a "Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras do CBIC". O documento é composto por cinco volumes e aborda temas como conceitos, benefícios, modelos, ciclo de vida dos empreendimentos e usos mais comuns da Modelagem da Informação da Construção, além de discutir assuntos como a implementação do BIM, as regras para sua viabilidade, seus fluxos de trabalho e suas formas de contratação.

2.2.3. Pesquisa e Ensino

No meio acadêmico, observa-se a crescente importância da modelagem da informação em eventos. Segundo Souza *et al.* (2013), a produção de artigos relacionados ao assunto é crescente em diversas universidades. Esses autores apresentam a situação da produção acadêmica difundida na Figura 2, que demonstra a ocorrência de pesquisas com os seguintes temas nos estados brasileiros: Processo de Projeto, Difusão Acadêmica, Tecnologia e Difusão no Setor da Construção. Os dados foram obtidos nos anais do Encontro de Tecnologia da Informação (TIC), nos anos de 2009 e 2011. Foram analisados 48 trabalhos, sendo que 8 artigos (16,6%) foram classificados como Processo de Projeto, 7 artigos (14,6%) como Difusão Acadêmica, 28 (58,3%) como Tecnologia e 5 (10,5%) como Difusão Setorial.

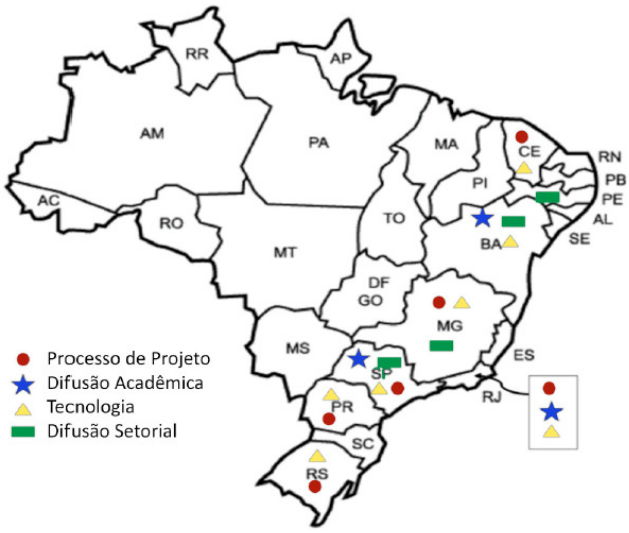

Figura 1: Iniciativas BIM no Brasil. Fonte: Souza, Wyse e Melhado (2013)

Pode-se destacar também o interesse da Finep no desenvolvimento de projetos de pesquisa científica, tecnológica e de inovação na Modelagem da Informação, e de adoção do ensino do BIM em algumas universidades: Ufal, CBM, U.P. Mackenzie, UFSCar, Unicamp e Usp (RUSCHELL, 2013).

2.2.4. Desenvolvimento de Bibliotecas de Componentes

Nota-se um crescente aumento na adesão das empresas fornecedoras de materiais na produção de bibliotecas de componentes. Algumas ações podem ser destacadas, tais como as Bibliotecas da Deca e da Docol, priorizando a utilização de apenas um dos *softwares* de modelagem disponíveis no mercado. Uma importante iniciativa governamental é a previsão de criação de uma biblioteca de componentes gratuita e com acesso público, além do incentivo para difundir e complementar a normatização brasileira para o BIM, por meio do Plano Brasil Maior.

2.2.5. Demanda do Setor Privado e Setor Público

Um dos maiores motores da implementação da modelagem da informação na Cadeia Produtiva da Construção é a demanda por parte das construtoras e incorporadoras e das empresas do setor público. Segundo divulgação da “Revista Construção e Mercado” nº 143, assim que as Incorporadoras/Construtoras Gafisa, Tecnisa, JHSF,

Sinco e Odebrecht deram início ao seu processo de implementação, passaram a exigir de seus projetistas o uso da modelagem da informação. Destaca-se o caso da Gafisa que, em 2011, lançou um projeto piloto com a implementação da tecnologia em cinco empreendimentos, contando com 65 projetistas e seis consultores, e fechou uma parceria com empresas de *software* para fornecimento gratuito de licenças, treinamento e consultorias.

Na área pública, a implantação de BIM tem sido mais lenta que na academia e nas empresas, em que pese o pioneirismo da Engenharia do Exército, que ainda em 2006 iniciou seu trabalho no tema. Possivelmente a primeira ação estatal com resultados públicos foi em 2010, quando ocorreu a contratação para desenvolvimento de uma versão inicial de Biblioteca BIM para a tipologia de edificação do Programa "Minha Casa Minha Vida", por demanda do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior – MDIC, e da Agencia Brasileira de Desenvolvimento Industrial - ABDI, como parte do programa "Ações estruturantes para a modernização da Construção", que contemplava um item específico relativo ao incentivo ao uso de BIM. Desde a publicação em 2011, este conjunto de gabaritos e famílias de produtos genéricos, desenvolvidos pela CONTIER ARQUITETURA em conjunto com a GDP – Gerenciamento e Desenvolvimento de Projetos, tem sido largamente distribuído pela INTERNET, servindo como referência para projetos do gênero e como elemento de estudo na formação BIM.

Também em 2010, foi realizada pela CDURP – Companhia de Desenvolvimento Urbano da Região do Porto do Rio de Janeiro - a primeira licitação que fez referência ao BIM. Mas apenas em 2014 surgiram outras licitações que exigiram processos BIM, uma para projetos de cerca de 270 aeroportos regionais, organizada para a ANAC - Agência Nacional de Aviação Civil – por meio do Banco do Brasil

O setor público passou a demandar projetos em BIM com a adesão da Petrobrás, CPTM, Metrô, Dnit e Infraero. Algumas prefeituras municipais, como a do Rio de Janeiro e, mais recentemente, o governo de Santa Catarina, passaram a exigir em suas licitações projetos que utilizam a nova tecnologia. Uma importante ação é a criação do Caderno BIM desenvolvido pelo Governo de Santa Catarina, que norteará

as suas concorrências e o movimento de diversos agentes da cadeia na direção do uso da modelagem da informação.

Checcucci; Amorim (2011) destacaram, a partir dos resultados das análises de dados coletados durante o TIC 2011, uma frequente associação desse paradigma com um ou mais *softwares*, faltando o entendimento de uma forma mais ampla e completa, nos seus outros eixos, como processo colaborativo e integrado, a modelagem da informação da construção já é utilizada nas fases de projeto e gerenciamento de obra, entretanto não é usada nas outras etapas mais avançadas do ciclo de vida da edificação, inferindo-se a necessidade da melhor consolidação de conceitos e outras informações sobre o tema.

Os mesmos autores discutiram o paradigma BIM como inovação quando foram analisados diferentes aspectos, segundo quatro categorias: (1) atributos próprios da tecnologia BIM; (2) atributos dos fornecedores e desenvolvedores de *softwares*; (3) atributos próprios da indústria da construção civil, e (4) características das empresas adotantes.

Essas análises evidenciaram que os atributos relativos à indústria da construção no Brasil são os que mais apresentam aspectos desfavoráveis à adoção desse paradigma no país. Isso ocorre, entre outros aspectos, em razão das características da cadeia produtiva, formada por um grande número de empresas de pequeno porte; da baixa qualificação da mão de obra; da falta de regulamentação governamental sobre a utilização da tecnologia; e da pressão competitiva, ainda pequena, pois poucos profissionais utilizam o BIM.

Por fim, Checcucci e Amorim (2011) concluíram que a adoção do paradigma BIM ainda está em fase inicial, e há muito trabalho a ser feito até sua consolidação, em acordo com Souza *et al*. (2013), que afirmam que conhecimento da modelagem da informação da construção no Brasil ainda não está amplamente difundido no setor da construção civil.

2.3. Análise dos Agentes da Cadeia Produtiva da Construção Civil com Foco na Modelagem da Informação da Construção

A construção civil é dividida em dois segmentos principais. O primeiro, de edificações, é composto por obras habitacionais, comerciais, industriais e sociais, destinadas a atividades culturais, esportivas e de lazer. O segundo, de construção pesada, agrupa vias de transporte e obras de saneamento, de irrigação/drenagem, de geração e transmissão de energia, de sistemas de comunicação e de infraestrutura de forma geral (ABIKO, 2005).

A cadeia produtiva da construção é constituída por diversos agentes, incluindo as administrações municipal, estadual e federal; concessionárias de serviços públicos; investidores e agentes financeiros; empresas imobiliárias; empresas incorporadoras; empreendedores; empresas de projeto e engenharia consultiva; consultores especializados; fabricantes de materiais, componentes e sistemas; fornecedores de subsistemas integrados; laboratórios de ensaios; organismos de certificação; instituições de ensino e pesquisa; empresas construtoras; empresas especializadas de execução ; empresas de gerenciamento de obras; empresas de *marketing* e pesquisa de mercado; empresas de manutenção predial; empresas de serviços condominiais; empresas de gerenciamento de facilidades; empresas de comissionamento de empreendimentos; seguradoras; clientes finais, etc., conforme ilustrado na Figura 2 (CARDOSO, 2005).

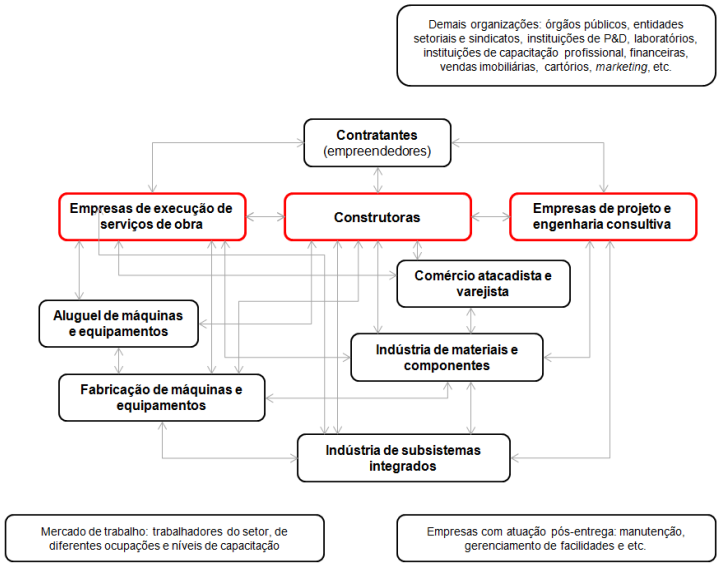

Figura 2: Cadeia Produtiva da Construção Civil. Fonte: CARDOSO, 2005

Segundo a CBIC (2009), o setor da construção civil precisa ser entendido segundo a estrutura de negócios que o envolve, e esta estrutura está relacionada às tipologias de produtos que o setor produz, ao porte e à complexidade técnica dos produtos gerados pela atividade das empresas e pela estrutura requerida para esta atuação com os agentes envolvidos, que determinam a dinâmica de competição. Ao detalhar tais negócios, identifica-se um conjunto de atividades que se comportam de forma bastante particular.

Um dos principais problemas enfrentados pela indústria da construção civil, e em particular o setor edificações, é seu alto grau de fragmentação. Uma indústria fragmentada é aquela na qual nenhuma empresa dentro dela exerce suficiente força para influenciar o mercado. Esse fracionamento se projeta também dentro das empresas da indústria (ZEGARRA *et al.*,1999).

A fragmentação existe na divisão de responsabilidades entre os profissionais, profissões e contratantes. Esses grupos operam usualmente fora das empresas construtoras, gerando um alto grau de desentendimento e hostilidade. Essas condições são a base da cultura de competitividade entre contratantes, subcontratantes, fornecedores e seus clientes (ELMUALIM; GILDER, 2014).

Nesse mesmo sentido, OWEN; AMOR *et al.* (2010) afirmam que, na construção civil, prevalecem a cultura e a mentalidade de “silos de conhecimento”, e as trocas baseadas apenas em documentos entre os profissionais e a cadeia produtiva ocorrem de forma descoordenada e com baixa inteligência. As decisões são tomadas, frequentemente, de maneira autônoma, sem a participação multidisciplinar e com a ausência de uma compreensão holística e acurada. O uso de um processo de projeto interativo e desenvolvido a partir das necessidades do cliente é virtualmente impossível ou muito difícil de ser obtido dentro das estruturas correntes.

Atualmente, os agentes da construção civil estão se articulando em busca de tecnologia, sustentabilidade e inovação. Esses elementos são indispensáveis à competitividade do setor e das empresas, e dependem de fatores internos que lhes

são próprios (e podem ser aprimorados), de fatores setoriais ou da cadeia produtiva e de fatores ambientais externos à cadeia (CARDOSO, 2013).

As mudanças tecnológicas e a sofisticação de tecnologias, introduzidas pela presença de inovações e pelo aumento da complexidade dos edifícios, associadas a uma variabilidade cada vez maior de suas tipologias, continuará a trazer, como uma de suas consequências, o aumento da importância relativa de alguns dos agentes da cadeia, com implicações organizacionais para eles mesmos e para a cadeia produtiva como um todo (CARDOSO, 2005).

O desenvolvimento das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) surge como alternativa na busca por tecnologias e processos que possam incrementar os resultados da cadeia da construção civil, e tem grande potencial para implementar melhorias na produtividade competitividade do setor (NASCIMENTO; SANTOS, 2001).

A modelagem da informação surge como uma inovação promotora da integração dos agentes da construção, podendo potencialmente melhorar o processo de trabalho. Espera-se que ela forneça eficiente colaboração, integridade de dados, documentação inteligente, acesso e recuperação de dados e projetos de alta qualidade, por meio da melhoria das análises de desempenho e coordenação e planejamento multidisciplinar (GU; LONDON, 2010).

Succar (2009) apresenta em sua estrutura de dados que a implementação da modelagem da informação deve levar em conta três campos distintos:

- Política: instituições educacionais, centros de pesquisa, companhias de seguro.

- Processo: contratantes, operadores, arquitetos, engenheiros, gerenciadores de facilidades, fabricantes, fornecedores, gerenciadoras.

- Tecnologia: desenvolvedores de *softwares*, *hardwares*, equipamentos

Os três campos se sobrepõem, compartilham agente e produtos e requerem a união de esforços conjuntos.

Nesta mesma linha de raciocínio, Santos (2009) determina duas premissas básicas para a implementação da modelagem da informação da construção em seu potencial completo. Uma delas refere-se aos agentes da cadeia:

> Colaboração entre diferentes agentes em diferentes fases do ciclo de vida do edifício, permitindo inserir, extrair, atualizar ou modificar informações da modelagem para suportar e refletir os papéis daqueles agentes.

A atuação dos diversos agentes em um mesmo modelo (seja ela simultânea ou sequencial) exige que estes se relacionem de forma colaborativa, agregando valor às soluções do modelo e do empreendimento como um todo, ao invés de competirem pela priorização de suas disciplinas de projeto, facilidade construtiva ou resultados de uma característica específica de desempenho (ABAURRE, 2013).

A análise de desenvolvimento das ações por cada agente da cadeia produtiva em direção à modelagem da informação mostra-se de fundamental importância para o desenvolvimento conjunto do setor e estimula, direta ou indiretamente, os demais agentes.

No próximo item serão analisados brevemente os papéis e as principais ações (e suas influências) de alguns dos agentes da construção civil brasileira na aproximação com a modelagem da informação e seu atual estágio.

2.3.1. Análise dos Agentes no Ciclo de Vida do Empreendimento

O processo do empreendimento de construção civil é dividido em quatro grandes etapas, às quais se referem os principais agentes do processo. Essas etapas são sequenciais e conceitualmente progressivas, e a cada uma delas agrega-se um nível de detalhamento maior das soluções, reduzindo-se a possibilidade de troca de alternativas (MELHADO, 1994).

A implementação da modelagem da informação indiscutivelmente mudará os componentes e as relações entre essas fases, as atividades e as tarefas: mudanças causadas pela variedade de interações e pelo nível de maturidade.

A modelagem da informação inclui a transação de dados, a informação e o conhecimento ao longo do ciclo de vida do empreendimento (SUCCAR, 2009). Cada informação adicionada ao modelo BIM será utilizada desde as fases de projeto até sua operação (FARINA, 2014) por diversos agentes da cadeia, de diferentes maneiras e com abordagens distintas, conforme demonstrado na Figura 3.

A geometria é apenas uma das suas propriedades, já que o modelo é rico em informações não geométricas sobre o edifício, e essas informações podem ser extraídas e utilizadas para vários propósitos.

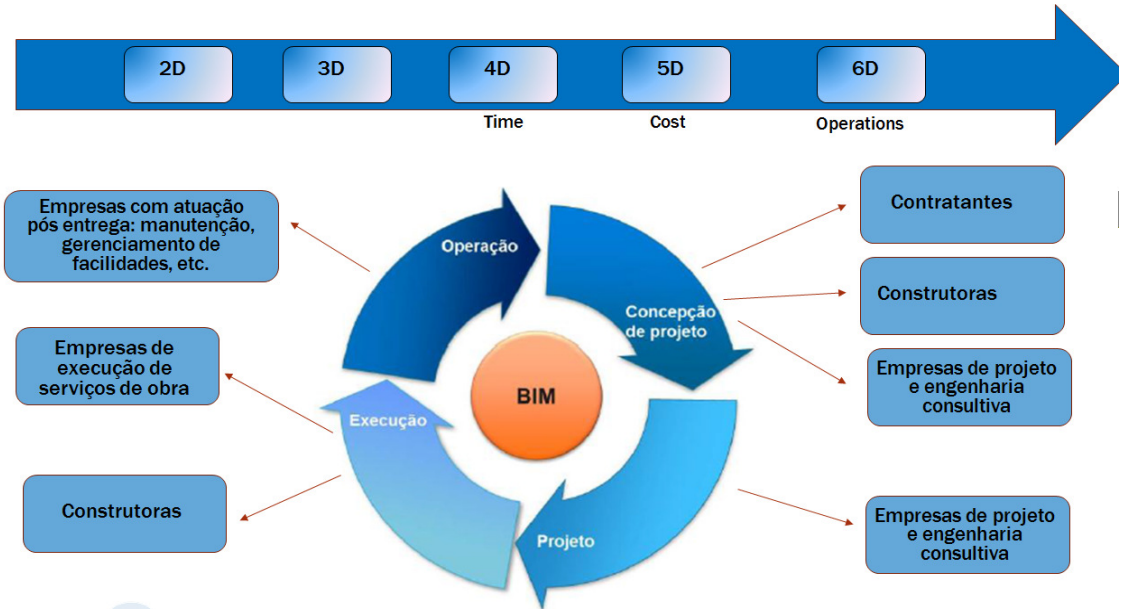

Figura 3: Adaptado de MANZIONE (2013)

Para Fox; Hietanen (2007), a utilização eficaz do conceito de modelagem requer um alto nível de integração dos agentes do empreendimento. Nesse sentido, a cultura predominante no setor da construção deve ser repensada, com a identificação de todos os contratados o quanto antes, a definição de suas responsabilidades no contexto do empreendimento e a efetivação das suas contrações. Sob esse ponto de vista, os autores enfatizam a importância de envolver toda a equipe de projetistas e profissionais na fase de concepção do empreendimento.

Eastman *et al.* (2008) apresentam a abordagem BIM especificamente para quatro agentes da construção civil: proprietários e gestores de facilidades, projetistas, construtores e fabricantes. Assim o fazendo, demonstram o desejo ou a vocação de BIM para mediar todo o ciclo de vida de uma edificação.

No trabalho realizado por Gu; London (2010), foram analisadas as posturas dos empreiteiros, engenheiros, arquitetos, acadêmicos, consultores e fabricantes de *softwares.* Os autores concluíram que o nível de conhecimento, de sensibilidade sobre os potenciais benefícios e de interesse sobre a modelagem varia de acordo com o perfil profissional dos participantes.

Eastman *et al.* (2008) afirmam que os proprietários e gestores da edificação se beneficiam do uso do modelo de informação, pois este propicia:

- Maior conhecimento do potencial desempenho do edifício;
- Maior compreensão e controle sobre o cronograma de projeto;
- Estimativas mais confiáveis;
- Maior garantia sobre o cumprimento de contratos;
- A otimização da operação e manutenção.

Os autores também destacam que os impulsionadores do BIM para os proprietários são:

- Confiabilidade de custos e gestão: a natureza precisa e computável dos modelos BIM proporciona fonte mais confiável para extração de quantitativos e estimativas, além de retroalimentação de custos mais rápida no projeto.

- Tempo de lançamento: processos BIM, como projeto e pré-fabricação, podem reduzir consideravelmente a duração do empreendimento.

- Complexidade crescente na infraestrutura e no mercado.

- Sustentabilidade: uso de ferramentas BIM conectadas aos modelos para análise e simulações fornecem ferramentas necessárias aos proprietários.

- Escassez de mão de obra: o BIM pode mitigar a escassez de mão obra ao maximizar sua eficiência pela conexão com a pré-fabricação e planejamento, ao superar barreiras de linguagem por meio da simulação e comunicação, e ao instruir a equipe de projeto.

- Avaliação do projeto: a análise de projetos é facilitada por meio dos modelos em uso, tais como a análise de espaços, o recebimento de informações de maior qualidade, a reconfiguração e a exploração de novos cenários de projeto, e a simulação da operação das instalações.

- Gestão de ativos: proprietários que visualizam todo o ciclo de vida do empreendimento podem utilizar modelos de forma estratégica e efetiva para popular a base de dados de gerenciamento de facilidades (uso de ferramentas BIM de gerenciamento de ativos e rápida avaliação do impacto de modernizações ou manutenção das instalações).

Eastman *et al.* (2008) destacam também quatro questões que os proprietários devem levar em consideração na adoção do BIM: a realização de um projeto piloto com um prazo curto, uma equipe pequena e um objetivo claro; a realização de um exercício prático; o foco em objetivos de negócio específicos; e a medição do progresso e participação na iniciativa BIM.

Kymmel (2008) afirma que os proprietários são os que obtêm maiores lucros e benefícios com a adoção da tecnologia BIM e, como principais interessados, deveriam incentivar o desenvolvimento das equipes e a implantação em todo o setor.

Barlish; Sullivan (2012) salientam que a literatura tem falhado na definição do conceito sob o ponto de vista do desenvolvedor do empreendimento (incorporador no Brasil), e na fixação de uma definição comum que atenda às diversas partes interessadas envolvidas no empreendimento.

Por outro lado, os mesmos autores consideram que os desenvolvedores dos empreendimentos têm se deparado com o dilema de tomar a decisão por implementar ou não o conceito de modelagem em função das especulações em torno dos

benefícios. Para os autores, uma das principais barreiras para a aceitação do conceito de modelagem está relacionada às dificuldades dos desenvolvedores em balancear os esforços entre a implementação e os ganhos gerenciais e monetários; o sucesso da implementação do Conceito de Modelagem da Informação depende de fatores como características do empreendimento, competência do time envolvido e comunicação interna e externa.

Para os construtores, Eastman *et al.* (2008) demonstram que as áreas específicas de aplicação e onde podem-se obter benefícios são:

- Detecção de interferências: as ferramentas de detecção de interferências baseadas em BIM permitem que a identificação automática de interferências geométricas seja combinada com a análise de interferências baseadas em semântica, e apontam regras para identificar conflitos.

- Levantamento de quantitativos: na medida em que o projeto avança, estimativas provisórias ajudam a antecipar problemas, de forma que alternativas possam ser consideradas. O BIM auxilia os orçamentistas na trabalhosa tarefa de levantamento de quantidades e mitigação de riscos, reduzindo as incertezas.

- Análise e planejamento da construção: funcionam principalmente como ferramentas de comunicação para revelar potenciais gargalos e como um método para melhorar a colaboração. Os construtores podem revisar as simulações 4D para se certificarem que o planejamento é o mais viável e eficiente possível.

- Integração com controle de custos e cronogramas, e outras funções de administração.

- Pré-fabricação externa: o BIM oferece a capacidade de registrar diretamente os detalhes de um componente, incluindo sua geometria 3D, especificação de materiais, requisitos de acabamentos, sequência de datas e entregas, antes e durante o processo de fabricação.

- Verificação, direção e rastreamento de atividades da construção: técnicas sofisticadas, tais como escaneamento a *laser*, podem ser utilizadas para verificar se as circunstâncias reais da construção refletem aquelas demonstradas no modelo.

Para os fabricantes, BIM é um processo importante para o setor de fornecimento de produtos e materiais para construção. A esse setor cabe gerar os objetos virtuais que compõem bibliotecas e neles inserir dados confiáveis de desempenho, manutenção, logística e descarte ou desmonte. Segmentos de produção customizada, tais como drywall, steel frame e pré-fabricados em geral, podem ser beneficiados com a integração entre concepção e produção, com ganhos potenciais expressivos. (MDIC/EU, 2015)

2.4. Análise do Setor: Empresas de Projeto e de Engenharia Consultiva

O setor de projetos da construção civil diferencia-se por ser composto de empresas de micro e pequeno portes. Em 2011, havia 52.657 empresas ativas no setor, sendo que 84,91% (Gráfico 4) das empresas possuem de zero a quatro vínculos ativos (profissionais contratados, Tabela 1). Em geral, são empresas uniprofissionais que trabalham para clientes privados ou como subcontratadas de empresas maiores em contratos com o setor público. São, usualmente, caracterizadas como PJ (Pessoa Jurídica (Sinaenco, 2011).

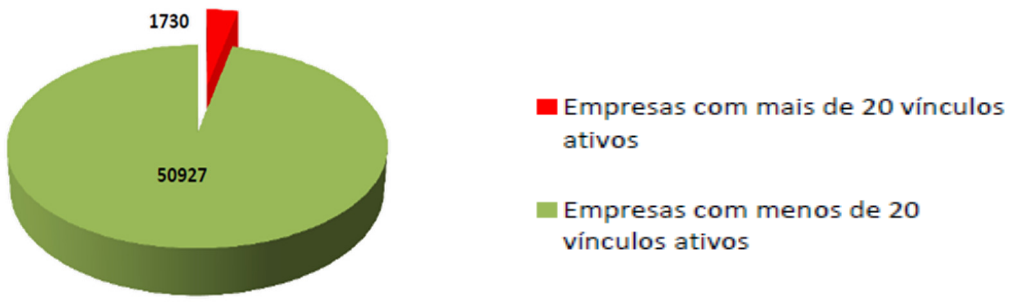

Gráfico 3: Comparação entre as empresas com 20 ou mais pessoas ocupadas e com menos de 20 pessoas ocupadas, no segmento da Arquitetura e Engenharia 2011. Fonte: Sinaenco (2013)

Faixas de profissionais ocupados	Nº de empresas	Participação (%)
Total	52657	100%
0 a 4	44713	84,91%
5 a 9	3754	7,13%
10 a 19	2011	3,82%
20 a 29	721	1,37%
30 a 49	590	1,12%
50 a 99	445	0,85%
100 a 249	267	0,51%
250 a 499	86	0,16%
500 e mais	70	0,13%

Tabela 1: Número de empresas por faixa de pessoal ocupado no segmento da Arquitetura e Engenharia 2011
Fonte: Sinaenco (2013)

O setor apresenta uma grande disparidade de estrutura entre as empresas com relação ao tamanho, pois 50.478 delas têm menos de 20 vínculos ativos ou profissionais contratados, número que representa 95,86% do total, sendo então a grande maioria. As empresas que possuem mais de 20 profissionais ocupados constituem 4,14% do total (1.730 companhias).

A categoria de empresas com 20 ou mais pessoas é responsável pela maior concentração de vínculos empregatícios e por grande parte do volume de receita gerado pelo setor. O segmento das empresas com menos de 20 profissionais ocupados é composto por micro e pequenas empresas que, em grande parte, trabalham como subcontratadas das grandes empresas descritas anteriormente. Elas possuem menor participação nos postos de trabalho existentes; entretanto, tem papel fundamental no dinamismo do setor.

Na elaboração do DRE – Demonstrativo de Resultado do Exercício, os custos que têm maior influência na redução da receita líquida são as despesas operacionais e os gastos com pessoal. As despesas operacionais englobam os gastos necessários para o desenvolvimento da atividade da empresa. Nessa conta são considerados desde os gastos com aluguel até o pagamento de serviços de profissionais (pessoas jurídicas), representando 29,91% da receita líquida.

O gasto com pessoal é a parcela mais significativa nas despesas do DRE, com uma participação de 36,56% na receita, atingindo o montante de R$ 10,5 bilhões. Nesse período, os gastos também apresentaram uma alta de 35,77%.

2.5. Gestão de Empresas de Projeto

Oliviera; Melhado (2006) afirmam que a empresa de projeto pode ser definida, em termos comportamentais, como a coordenação de diferentes atividades técnicas individuais visando atingir seus objetivos e manter sua sobrevivência por meio de bom relacionamento com o mercado. Nesse sentido, seu sucesso estaria estritamente relacionado com a habilidade de seus titulares de negociar com agentes externos e gerir eficazmente seus processos internos. Os autores destacam que o empreendedor é alguém capaz de persuadir terceiros, sócios, colaboradores, convencendo-os que a sua visão poderá levá-los a uma situação confortável no futuro.

Entre outras características apontadas, são sugeridas como benéficas ao processo de gestão da empresa de projeto a motivação para realizar coisas novas e a capacidade de assumir riscos.

Segundo OLIVEIRA (2005), as empresas de projeto apresentam algumas características particulares que limitam seu desempenho, tais como: escassez de recursos financeiros, humanos e tecnológicos; alta dependência do grau de empreendedorismo e liderança de seus titulares; e atuação dos seus proprietários tanto na gestão técnica como administrativa.

Em sua tese de doutorado, o autor conclui que essas empresas são dirigidas por técnicos com sérias deficiências relacionadas à gestão, possuem pouco capital para investimento na melhoria de seus processos e estão quase exclusivamente preocupadas com seu processo produtivo, deixando para segundo plano os processos relacionados à gestão administrativa.

Considerando que a correlação entre o desempenho do processo de projeto e o ambiente no qual é produzido – a empresa de projeto – é fundamental para garantir a

qualidade dos produtos e serviços, o autor propõe um modelo de gestão para pequenas empresas de projeto adaptado às suas peculiaridades, em que são evidenciadas algumas oportunidades e alguns obstáculos a serem enfrentados.

Como barreiras, OLIVEIRA (2005) apresenta a dificuldade de acesso às ferramentas de ponta da tecnologia da informação e técnicas modernas de gestão, bem como a dificuldade de atingir eficazmente o mercado com pouquíssimos recursos. Também são apresentados dados sobre os principais motivos de mortalidade das micro e pequenas empresas: 90% referem-se à não utilização de recursos de informática.

Como oportunidades, o mesmo autor salienta a produção em pequenas séries, que gera maior potencial de respostas rápidas às oportunidades, além de atendimento a mercados pequenos e especializados. A flexibilidade da pequena empresa, aliada à sua natural predisposição para inovações, permite que ela seja agente de mudanças, proporcionando o aparecimento de novos serviços e produtos.

Grilo (2002) afirma que a sobrevivência dos escritórios de projeto demanda da antecipação das tendências e da conversão dos desafios em fontes de vantagens competitivas e oportunidades de negócio. O autor aponta quatro aspectos fundamentais para a obtenção de vantagens competitivas: gerenciais, mercadológicos, organizacionais e tecnológicos. Este último é ressaltado como um dos principais ativos da empresa, além de possuir cunho estratégico.

Souza (2009) aponta que, historicamente, as empresas de projeto colocam-se na posição de “elo fraco” da cadeia produtiva da construção civil, em função da escassez de recursos ocasionada pela baixa remuneração dos projetos. Sendo assim, investimentos para pequenas empresas com recursos financeiros escassos exige planejamento estratégico e maior precisão na análise entre o investimento financeiro realizado e os benefícios a serem obtidos, tendo em vista esse contexto de baixa remuneração de sua principal atividade.

OLIVEIRA; Melhado (2006) entendem que a necessidade de planejar estrategicamente é resultado de dois conjuntos de forças principais:

- Oportunidades e desafios criados pelos segmentos do ambiente, tais como concorrência, consumidores, tecnologia e outros;

- Problemas e oportunidades que surgem nos sistemas internos da organização, como as competências de seus profissionais, tecnologia de suas máquinas, equipamentos e processos, etc.

As opções estratégicas disponíveis para a empresa surgem do processo de olhar para fora e para dentro. Entre os planejadores estratégicos, essa análise recebe o acrônimo SWOT: Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças (*Strenghts, Weaknesses, Oportunities, Threats*) (Luecke, 2010).

Como parte da análise interna, tem-se: as forças são capacidades que permitem que a empresa tenha um bom desempenho – capacidades estas que precisam ser alavancadas; as fraquezas são características que impedem que a empresa tenha um bom desempenho e precisam ser abordadas.

Como parte da análise externa, temos: as oportunidades são tendências, forças, eventos e ideias das quais a empresa pode tirar proveito. As ameaças são eventos ou forças possíveis que estão fora do controle e requerem que a empresa planeje ou decida como mitigá-los.

De acordo com Almeida (2010), o Planejamento Estratégico (PE) é uma técnica administrativa que também pode ser utilizada por pequenas empresas, mas necessita de um certo grau de simplificação. O autor afirma que o resultado de sua utilização para as pequenas empresas é muito significativo, já que elas dificilmente fazem qualquer reflexão estratégica. O conceito do PE ressalta que é preciso saber dirigir os esforços para aquilo que traz resultado; para tanto, é necessário ser eficiente, desenvolvendo bons e eficazes processos, a fim de alcançar bons resultados.

Padilha (2013) afirma que não se deve esperar que os conhecimentos de gestão necessários para fazer uma empresa progredir sejam frutos do acaso ou do talento natural do profissional. Os escritórios de arquitetura ou de engenharia não deveriam estar expostos a esses riscos. Para o autor, administrar corretamente é ter

conhecimento e domínio das técnicas: a gestão é considerada tão importante porque pode garantir que as intenções estratégicas se transformem em realidade.

A capacidade de manter vantagens competitivas e de detectar, o mais cedo possível, potenciais oportunidades de negócio, são fundamentais para os resultados da empresa. É importante lembrar que o planejamento estratégico é de responsabilidade de seus gestores de nível hierárquico mais elevado.

Para que estratégias se tornem realidade, devem ser promovidas alterações na organização. Oliveira; Melhado (2006) entendem que processos de mudança, tais como a absorção de novas tecnologias, devem acontecer de forma planejada, identificando claramente os pontos de partida e de chegada. Os autores ainda salientam que uma mudança organizacional se configura, de fato, quando um destes elementos é afetado: estrutura, tecnologia ou comportamento.

A modelagem da informação da construção surge então como uma inovação tecnológica que gera mudanças organizacionais e é capaz de gerar vantagens competitivas e novos negócios para as empresas de projeto. Alguns autores identificam a relação entre a implementação da modelagem da informação e a gestão das empresas.

Tardiff; Smith (2009) consideram que a implementação da modelagem da informação é muito mais uma decisão de negócio do que uma decisão técnica. A tecnologia deve ser empregada como parte de um planejamento estratégico para que se torne bem-sucedida. Os proprietários de negócios precisam estar aptos para perceberem benefícios tangíveis para mudar seus processos de negócio antes de fazerem investimentos para implementar essas mudanças.

Para os autores, a manutenção da posição estratégica no mercado e a racionalização dos processos são as razões mais citadas pelas empresas na adoção do conceito de modelagem. Entretanto, apesar de serem razões importantes, a implementação do conceito deve ser decorrente de uma estratégia baseada em articulação, uma vez que sua operacionalização envolve agentes externos à empresa. Além disso, a reavaliação dos processos internos deve ser pautada no sentido de estabelecer um

modelo de negócio adequado ao conceito de modelagem, com o objetivo de criar valor e obter benefícios ao longo de todo o ciclo de vida dos empreendimentos desenvolvidos pela empresa.

Jernigan (2008) comenta que a utilização da tecnologia na prática é uma decisão de negócio, pois a rotina de trabalho de uma empresa vai requerer mudanças de processos. O autor faz importantes apontamentos sobre a implementação de novas tecnologias em empresas de projeto e afirma que a linha que separa grandes e pequenas empresas de arquitetura está se tornando enfraquecida. Acredita que este fato se deve ao desenvolvimento da tecnologia, que permite a uma pequena empresa competir em igualdade com uma grande empresa.

O autor ainda destaca também que pequenas empresas têm reais vantagens, tais como:

- Implementação simplificada: possibilidade de adaptação rápida na maneira de trabalho diária, pois necessitam consultar e convencer poucas pessoas.

- Facilidade de mudança: possui uma hierarquia fácil de entender. Sendo pequena, já possui um plano de organização e todos fazem um pouco de tudo.

- Foco: as pequenas empresas podem se concentrar em suas habilidades individuais, podem focar e aplicar seus recursos aonde e quando necessitarem.

Succar (2009) afirma que as empresas que decidem atravessar o abismo da inovação e investir em aplicações BIM se tornarão empresas inovadoras em seus mercados.

Para Jung; Joo (2011), durante a implementação de sistemas de informações no setor da construção, os aspectos gerenciais são mais impactantes do que os tecnológicos. No que se refere ao Conceito de Modelagem da Informação, vantagens estratégicas e benefícios gerenciais devem ser tangebilizados por meio de indicadores quantitativos.

Em consonância com esses autores, Khosrowshahi; Arayici (2012) demonstram, por meio de pesquisa qualitativa realizada com empresas que implementaram o BIM, que para que a implantação de um sistema de informação obtenha sucesso e contribua efetivamente para a estratégia de negócio, é fundamental que tal estratégia se adeque entre a estratégia de negócio e o ambiente externo.

O Fascículo I do Guia AsBEA destaca que um plano de negócio para a implementação do BIM, com metas estabelecidas dentro do escritório, é fundamental, uma vez que essa mudança envolve custos. O retorno do investimento também deve ser planejado e sempre medido por meio de índices numéricos (GT BIM AsBEA, 2015).

A falta de conhecimento de gestão administrativa nas empresas de arquitetura se mostra, nesse caso, como uma grande barreira para a implementação de novas tecnologias, principalmente a da modelagem da informação da construção. A avaliação das ferramentas BIM como potencial para melhoria dos processos internos da empresa e como estratégia competitiva obriga a empresa a rever e inovar suas práticas de gestão, já deficientes.

Antes que a empresa planeje mudanças nos processos de produção do projeto, torna-se necessário que seus titulares se capacitem em processos de gestão. A deficiência no campo administrativo pode inviabilizar ou comprometer a implantação da modelagem da informação.

2.6. Implementação da Modelagem da Informação da Construção

Diversos autores apresentam abordagens para a implementação da modelagem da construção. Alguns possuem métodos com ênfase na experiência, com práticas diretas, enquanto outros dão maior destaque à importância do conceito incorporado ao nível estratégico das empresas. Observa-se também a crescente produção de guias sobre o tema, liderados por órgãos governamentais e associações setoriais com diferentes narrativas.

De forma geral, o assunto é tratado de acordo com o posicionamento do agente na

cadeia produtiva da construção, do mais prático e experimental ao mais estratégico, o que corresponde à posição do projetista em uma incorporadora. Jung; Joo (2011) afirmam que a discussão sobre a implementação do Conceito de Modelagem da Informação da Construção pode ser conduzida sob o ponto de vista setorial, da empresa de construção civil (incorporadora, projetista, construtora, operador, fornecedores de materiais e serviços, etc.) ou ainda no âmbito do empreendimento.

Cabe salientar que a escolha da metodologia para implantação deve estar de acordo com as características da empresa, tais como: o porte, os serviços prestados e os produtos entregues. Nesse sentido, Souza (2016) aponta que cuidado e o discernimento sobre as características particulares dos contextos devem ser levados em consideração e são fatores decisivos para a eficácia da implementação.

Algumas metodologias encontradas na bibliografia serão apresentadas para que possam ser confrontadas na análise e discussão dos estudos de caso apresentados no Capítulo 5.

De acordo com Arayicy *et al.* (2011), implementar a modelagem da informação da construção efetivamente requer significativas mudanças na maneira de trabalhar em quase todos os níveis dentro do processo do empreendimento; não é suficiente apenas o aprendizado de novos *softwares*; deve existir também a reinvenção do fluxo de trabalho, o treinamento da equipe e a atribuição de novas responsabilidades.

Os autores indicam quatro estágios para a implementação da mudança tecnológica:

1) Diagnóstico: revisão detalhada e análise das práticas correntes.

2) Plano de Ação: novos processos de negócio e caminhos para adoção da tecnologia.

3) Ação: implementação da Modelagem da Informação da Construção.

4) Avaliação: revisão do plano, disseminação e integração do planejamento estratégico.

Succar; Sher; Williams (2012) apresentam na Matriz de Maturidade BIM (Building Information Modelling Maturity Matrix) uma ferramenta de acompanhamento e operacionalização do conceito da modelagem da informação para identificar a maturidade BIM de uma organização ou equipe de projeto.

Os cinco elementos da matriz definem um processo de implementação pautado na definição da escala organizacional, em que o conceito é implementado (empreendimento, organização, indústria) e dividido em cinco partes:

a) Capacidade BIM *(BIM Capability Stages)*;
b) Maturidade BIM (*BIM Maturity Levels*);
c) Competências BIM (*BIM Competences*);
d) Escalas Organizacionais (*Organizational Scales*);
e) Níveis de Granularidade (*Granularity Levels*).

A primeira parte, Capacidade BIM, é definida pelos autores como sendo as habilidades mínimas de uma organização ou equipe para desempenhar as atividades inerentes ao Conceito de Modelagem da Informação da Construção.

A Capacidade BIM é medida por meio de dos Estágios BIM separados pelos Passos BIM.
São definidos os requisitos mínimos e os estágios evolutivos que uma organização precisa alcançar para que tenha o conceito, de fato, implementado.

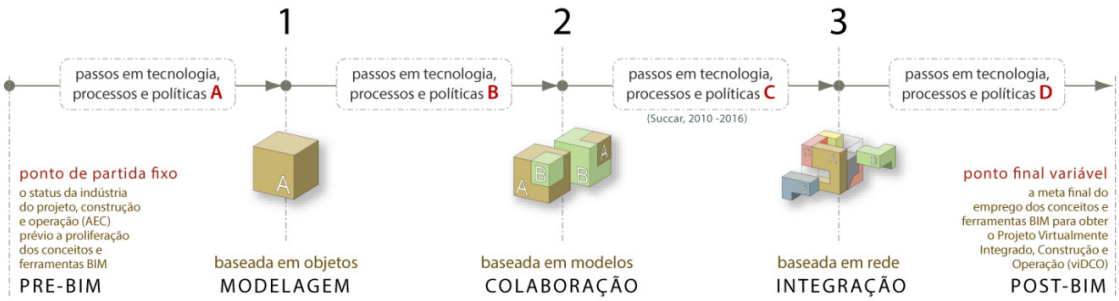

Figura 4 - Capacidades BIM. Fonte: Sinaenco (2013)

- **Pré-BIM**: é um ponto de partida prévio à proliferação dos conceitos e

ferramentas BIM.

- **Estágio 1 – Modelagem (baseada em objetos):** no Estagio 1, usuários geram modelos de disciplinas únicas dentro do projeto, construção ou operação, que primeiramente são utilizados para automatizar a geração, a coordenação, a documentação 2D e as visualizações 3D. Outros produtos incluem basicamente a exportação de dados (tabelas de portas, quantitativos de concreto, custos, etc.) e exportação de modelos 3D em outros formatos (3D DWF, 3D PDF, NWD, etc.), que não possuem atributos paramétricos modificáveis.

- **Estágio 2 – Colaboração (baseada em modelos):** com o desenvolvimento das habilidades na modelagem de disciplinas únicas por meio de da implementação do Estágio 1, no Estágio 2 os agentes colaboram ativamente com agentes de outras disciplinas. Isso pode ocorrer por meio de de vários caminhos tecnológicos, de acordo com a seleção de ferramentas de *software* BIM de cada agente. A modelagem baseada em colaboração pode acontecer dentro de uma fase ou entre duas fases do Ciclo de Vida do Empreendimento. Exemplos disso incluem intercâmbios Projeto, intercâmbios Projeto-Construção (PC) e intercâmbios Projeto-Operação (PO).

- **Estágio 3 – Integração (baseada em rede):** neste estágio, modelos são criados, compartilhados e integrados colaborativamente. Essa integração pode ser alcançada por meio de tecnologias servidoras de modelo.

- **Post BIM:** é a meta final do emprego dos conceitos e ferramentas BIM.

A segunda parte, Maturidade BIM, refere-se à qualidade, à repetibilidade e ao grau de excelência com que os processos são desenvolvidos. Os níveis de maturidade podem trazer informações a respeito da rapidez de execução, riqueza de dados ou qualidade do modelo, e podem ser utilizados para diferenciar duas organizações que se encontram na mesma etapa de Capacidade BIM. Sua medição é realizada por meio do índice de Maturidade BIM e possui cinco níveis:

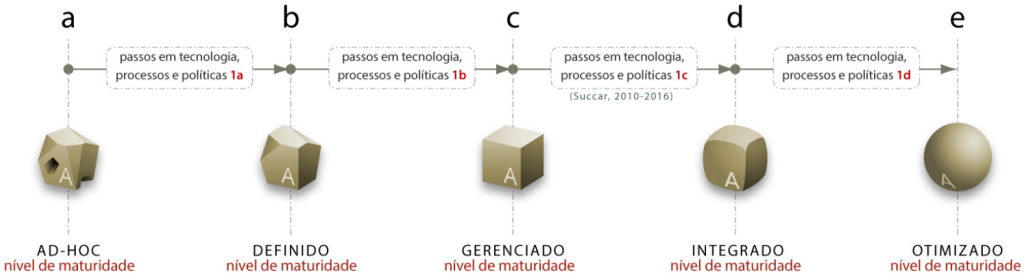

Figura 5 - Estágios de Maturidade BIM Fonte: Succar (2009)

(a) Inicial/Ad-hoc: ausência de estratégia global e escassez de processo e políticas definidas. São utilizadas ferramentas BIM sem preparação prévia. A adoção do BIM acontece por meio de esforços heroicos individuais. Ausência de processos e padrões e sem distribuição formal de funções.

(b). Definido: a implementação é impulsionada pela visão global da alta direção. A maioria dos processos e políticas está bem documentado, se reconhecem as inovações e se identificam as oportunidades de negócio derivadas do BIM. O heroísmo começa a perder a importância na medida em que se aumentam as competências. Incluem-se nesta etapa os manuais, os guias de fluxo e as normas. A colaboração com outros projetos manifesta sinais de mútua confiança.

(c) Gerenciado: planos de ação detalhados. As oportunidades de negócio que surgem do BIM são reconhecidas e utilizadas no *marketing*. O modelo, a representação 2D, a quantificação e as especificações dos modelos são gerenciadas. As responsabilidades, os riscos e os benefícios da colaboração se esclarecem.

(d) Integrado: a implementação e a inovação dos processos e produtos estão integradas com a organização, com a estratégia e com a gestão. As oportunidades de negócio que surgem com o BIM são parte da vantagem competitiva. A seleção e a instalação de *software* se baseiam em objetivos estratégicos, e não só em necessidades operacionais. A produtividade é consistente e previsível. As normas BIM e referenciais de competência se incorporam aos sistemas de gestão de qualidade.

(e) Otimizado: os participantes da organização absorveram a visão BIM. Todos os processos internos de modelagem e de gestão são revisados e realinhados

continuamente.

O progresso do nível mais baixo para o mais alto indica: melhor controle, por meio da diminuição de variações entre metas e resultados reais; melhor previsibilidade, baixando a variabilidade na competência, desempenho e custos; maior eficácia no alcance de metas definidas e estabelecimento de novas metas mais ambiciosas.

O terceiro componente do modelo, *Competências BIM*, é definido como um conjunto hierárquico de competências voltadas à implementação do Conceito de Modelagem da Informação, e está dividido em três grandes blocos:

- Tecnologia: *softwares*, *hardwares*, dados e redes;

- Processos: recursos, atividades e fluxos, produtos e serviços, liderança e gerenciamento.

- Políticas: *benchmark* e controles, contratos e acordos, guias e supervisão.

O quarto, *BIM Organizational Scale,* organiza-se por camadas pelas quais, necessariamente, a implementação do Conceito de Modelagem da Informação passa: organizacional, empreendimento e indústria.

Por último, o quinto componente é o *BIM Granularity Levels* que traz um conjunto de parâmetros voltados à progressão de competências na implementação do conceito. O modelo é formado basicamente por quatro níveis: descoberta, avaliação e preparação, certificação e auditoria.

Tobin (2008) também entende que a implantação do BIM se materializa por etapas, chamadas de BIM 1.0, BIM 2.0 e BIM 3.0:

- BIM 1.0, denominada *"CAD on Steroids"*, é caracterizado pela substituição do desenvolvimento de projetos em CAD bidimensionais por modelos 3D parametrizados. Nessa fase, entretanto, o desenvolvimento do modelo é um processo individualizado, restrito aos projetistas, sem o envolvimento e a

colaboração de profissionais de outras áreas. Tem o objetivo de melhorar a coordenação e agilizar a produção da documentação.

- BIM 2.0, denominada *"The Big Bang in Reverse"*, expande o modelo a outros profissionais, além daqueles envolvidos no desenvolvimento dos projetos de arquitetura, estrutura e instalações prediais. Nessa fase, modelos associando informações, tais como o tempo (4D), os dados financeiros (5D) e a análise de eficiência energética, dentre outros (nD), são associados ao sistema. Para tanto, é essencial a cooperação entre os projetistas, consultores, empreendedores e construtores, com as devidas preocupações quanto à interoperabilidade dos dados, tendo em vista permitir o intercâmbio das informações entre os diversos participantes.

- BIM 3.0, denominada *"PostInteroperability"*, no qual o intercâmbio das informações entre os profissionais envolvidos no desenvolvimento de um projeto é realizado por meio de protocolos abertos, como o IFC – *Industry Foundation Classes*, que permitem aos profissionais o desenvolvimento colaborativo de um modelo de dados que pode ser considerado um protótipo completo da construção do edifício. O autor também especula que o modelo do BIM 3.0 estará disponível por meio de um banco de dados acessível por meio da internet, onde os modelos BIM serão construídos colaborativamente em um ambiente 3D. Incorpora o conceito de modelos BIM, como *"protobuildings"* construídos colaborativamente em rede.

Para o autor, a adoção de sistemas BIM e a evolução do BIM 1.0 ao BIM 3.0 não se limitam à implantação de uma nova tecnologia, mas referem-se à adoção de novos fluxos de trabalho envolvendo ambiente colaborativo e planejamento nas fases iniciais do projeto. O novo modelo de colaboração envolve recursos avançados de visualização, aliados à transferência contínua de conhecimento entre os diversos agentes participantes do processo de projeto (projetistas, construtores, contratantes, consultores, etc.).

Hardin (2009) afirma que, para começar a implementação de BIM com sucesso, deve-

se desenvolver uma simples declaração sobre como o BIM se alinha com os objetivos da empresa, como poderá ser utilizado no futuro e como pode fazer com que a empresa seja sucedida. Os proprietários devem estar envolvidos nesta discussão de estratégia porque decidirão os investimentos em *software*, *hardware* e equipe.

Hardin (2009) ainda destaca dez passos fundamentais para que a implementação da modelagem obtenha sucesso: (1) identificar um *BIM Manager*; (2) desenvolver e estimar o custo e o tempo para implementação e uso de um *software* BIM; (3) desenvolver um Plano Integrado; (4) começar pequeno; (5) manter o Gerente BIM treinado; (6) dar suporte ao Gerente para iniciar um departamento; (7) fixar um plano, mas mantê-lo flexível; (8) criar recursos; (9) analisar a implementação; e (10) monitorar propostas de novos *softwares* e tendências da indústria.

Jensen; Jóhannesson (2013) destacam que o mais importante no processo de implementação parece ser a condução da transformação em pequenos passos. A parte de recursos humanos na transformação para o “pensamento em BIM” pode ser muito difícil. É natural que alguns se sintam ameaçados pelas mudanças. Isso, por si só, pode ser visto como uma boa razão para que as empresas implementem o BIM em pequenos passos.

Gu; London (2010) afirmam que, na introdução do Conceito de Modelagem da Informação da Construção, devem ser levados em consideração tanto os aspectos técnicos quanto os não técnicos, e que sua introdução pode ocorrer em níveis variáveis, dependendo do nível de maturidade e do conhecimento dos agentes envolvidos nos processos.

- Os aspectos técnicos referem-se, em sua maioria, às discussões sobre interoperabilidade, definição de objetos paramétricos e organização de bibliotecas, propriedades das ferramentas, entre outros.

- Quanto aos aspectos não técnicos, estes relacionam-se aos aspectos culturais e de prática de trabalho, estruturação das equipes, treinamento, contratações, métodos e estratégias.

No trabalho realizado pelos autores, foram analisadas as posturas dos empreiteiros, engenheiros, arquitetos, acadêmicos, consultores e fabricantes de *softwares*, que concluíram que o nível de conhecimento, de sensibilidade sobre os potenciais benefícios e de interesse sobre modelagem varia de acordo com o perfil profissional dos participantes.

De forma geral, os arquitetos e fabricantes de *softwares* se mostraram mais interessados e envolvidos nas discussões. Durante as sessões, os aspectos técnicos sobre modelagem eram os mais debatidos. As discussões sobre processos, métodos e aspectos culturais giravam em torno das preocupações, sugestões e compartilhamento de experiências, demonstrando, em geral, uma série de lacunas de conhecimentos sobre como inserir o Conceito de Modelagem da Informação da Construção no cotidiano profissional de cada participante.

O estudo demonstrou que os aspectos não técnicos, principalmente aqueles relacionados às pessoas, são os mais críticos na implementação do conceito da modelagem. O conhecimento limitado e o baixo nível de articulação setorial também se mostraram fatores críticos nesse processo.

Jernigan (2013) conceituou o uso do BIM em:

- *Little BIM*: neste estágio, o uso de um *software* CAD é substituído por um *software* BIM. A influência acontece dentro do projeto e as melhorias obtidas são dentro da empresa. Este é o modo em que a maioria das pessoas começa a se tornar proficiente na construção virtual e a entender o BIM. Dá-se início a um processo mais colaborativo, com maior capacidade para compartilhamento de dados, capacidade real de checagem de conflitos e geração de simulações.

- *Big BIM:* neste estágio, o trabalho é global, ou seja, não é isolado e os dados estão integrados num contexto maior. Tem-se maior consciência de como as decisões de projetos afetam as partes envolvidas no processo, tais como o proprietário e a obra. Aqui, os dados de projeto fornecem informações para um repositório compartilhado, interoperável e crescente.

Tardiff (2009) observa que o grande potencial do BIM não pode ser obtido com foco apenas sob o aspecto da sua tecnologia. O custo do *software* e do treinamento, embora não seja insignificante, é incidental quando comparado com o impacto potencial na lucratividade da empresa resultante de outros aspectos do BIM. Um *software* é um *commodity* e não um investimento de capital, e seu valor é agregado somente quando permite que a empresa cumpra bem sua missão. Dentro do escopo da estratégia de implantação do BIM, a escolha do *software* e as decisões de treinamento precisam ser feitas no contexto dos amplos objetivos empresariais. Para que a implantação estratégica do BIM seja efetiva, o treinamento no uso do *software* precisa ser precedido, ou ao menos acompanhado, pela educação e preparo da organização, pois treinar ensina as pessoas como fazer e a educação as ensina como pensar.

Alguns autores discutem outros conceitos considerados essenciais à implementação: a implantação *top-down*, *bottom-up* e o projeto piloto relacionados à abordagem: *top-down, bottom-up*, com um time focado ou a partir de um piloto.

Arayici *et al.* (2011b) e Hartman *et al.* (2012) discorrem sobre a importância de envolver o time operacional no processo de mudança (*bottom-up*), a fim de compreender seu impacto em tempo e custo, e minimizar a resistência das pessoas.

Por outro lado, Wong (2009) observa que o apoio governamental direciona o setor para uma maior utilização de BIM. Se esse apoio for forte, pode criar um ambiente ativo e uniforme para uma ampla aceitação e desenvolvimento do BIM; se for fraco, o setor tende a não adicionar o fator interorganizacional de colaboração e manter-se fragmentado.

Succar (2014) acrescenta que, quando a difusão do BIM é discutida dentro de uma organização ou no mercado, dois termos são destacados: *top-down* e *bottom-up*. Para o autor, a abordagem *top-down* é incitada por uma autoridade que ordena a adoção de uma solução específica que entende como favorável. No nível macro, são as exigências governamentais de uso do BIM; no nível micro, ocorre quando o nível gerencial dentro da organização ordena a adoção de uma solução específica. Por meio dessas pressões, às vezes coercivas, as soluções começam a se difundir.

Na abordagem *bottom-up*, a adoção da tecnologia acontece sem mandato coercitivo. No nível macro, isso ocorre quando pequenas organizações adotam uma solução inovadora ou um conceito e a solução torna-se, lentamente, uma prática comum e, gradualmente, difunde-se na cadeia. Da mesma forma, no nível micro, a difusão de baixo para cima ocorre quando os funcionários introduzem uma solução inovadora e, ao longo do tempo, esta solução é reconhecida e, em seguida, adotada pela média e alta gerência.

2.6.1. Guias

Em países como Austrália, Estados Unidos, Finlândia e Reino Unido, onde existe um uso mandatário de BIM, foram publicados guias com diretrizes que apresentam estratégias e abordagens, visando atender aspectos específicos da implementação. São guias elaborados por iniciativas governamentais, sendo que as principais serão apresentadas a seguir.

O *Project Execution Planning Guide*, produzido pela *PSU – Pennsylvania State University* (2009), determina diretrizes para a utilização da modelagem da informação da construção em projetos e disponibiliza uma abordagem de sua implementação no contexto dos processos realizados pelas empresas e organizações envolvidas.

Esse guia estabelece que a modelagem da informação da construção é uma representação digital das características físicas e funcionais de um empreendimento e, para a obtenção de sucesso na sua implementação e uso, os agentes do empreendimento, em especial os clientes ou a incorporação, devem definir um plano de produção detalhado e abrangente do empreendimento em questão, que deve ser bem documentado e registrado no início do projeto.

Além disso, os agentes devem determinar os usos da modelagem da informação da construção no empreendimento em diversos aspectos e etapas do seu ciclo de vida, tais como autoria e responsabilidades no processo de projeto e produto, estimativa de custos e coordenação de projetos.

Todo o planejamento dos processos previstos no ciclo de vida do empreendimento precisa constar no plano, que, uma vez finalizado, servirá como guia para monitoramento do progresso na implementação da modelagem da informação da construção e avaliação dos benefícios alcançados durante o processo.

A PSU (2009) propõe diretrizes estruturadas para elaboração e implementação de um plano de produção do empreendimento em modelagem da informação da construção, resumidas em quatro passos:

i. Identificação dos usos e benefícios da modelagem da informação da construção durante o planejamento, projeto, construção e operação do empreendimento;

ii. Criação de mapas dos processos do empreendimento em modelagem da informação da construção;

iii. Determinação das entregas e produtos da modelagem da informação da construção (desenhados nos mapas de processos como documentos de troca de informações);

iv. Desenvolvimento da infraestrutura do empreendimento na forma de contratos, procedimentos para comunicação, tecnologia e controle de qualidade, para dar suporte ao processo de implementação.

Segundo este guia, um dos passos mais importantes do processo de planejamento é definir claramente o valor potencial do BIM no projeto. Essa tarefa deve ser realizada por meio da definição das metas gerais para a implementação do BIM. Assim que a equipe definir metas mensuráveis, tanto do ponto de vista do projeto quanto da perspectiva da empresa, os usos do BIM específicos sobre o projeto podem ser identificados. Também são apresentados vinte e cinco usos comuns do BIM, para os quais propõe-se que sejam identificados por meio da análise de estudos de caso de projeto, entrevistas com especialistas e revisão de literatura.

Destaca-se como fator crítico para o sucesso da implementação que os membros da

equipe entendam o futuro do uso das informações que estão sendo desenvolvidas. Para enfatizar o ciclo de vida da informação, conceito principal para o procedimento de planejamento, deve-se identificar os usos apropriados do BIM, começando com as potenciais utilizações finais das informações no modelo.

A NATSPEC (2011) trata o processo de implementação como um procedimento para a gestão da informação de forma colaborativa. O guia apresenta um protocolo para a troca de informação a partir da orientação na definição do escopo, papéis e responsabilidades, ou seja, parte de um novo desenho do processo de gestão de projetos com uso do BIM e apresenta algumas ferramentas para auxiliar no desenvolvimento dos projetos. O guia orienta a elaboração de um Plano de Gestão BIM documento formal, que define como o projeto será executado, monitorado e controlado com o apoio do BIM.

O *CoBIM – Common BIM Requirements* (2012) foi desenvolvido a partir do *Senate Properties BIM Requirements*, de 2007, e tem como principal objetivo produzir uma cultura de operação para o uso de BIM em projetos de construção e manutenção baseada em BIM. Está dividido em 14 partes.

A Parte 3 trata especificamente dos projetos de arquitetura e observa em sua introdução que o modelo de arquitetura é imprescindível em todas as fases de projeto. É a base para todos os outros modelos e é parte integral de muitas análises e simulações. Portanto, é essencial que o modelo de arquitetura seja tecnicamente correto em todas as fases de projeto. É um guia prático, com orientações de modelagem para cada etapa de projeto. Considera o uso do modelo de arquitetura nas fases de construção, *as built* e manutenção.

O PAS 1192-2 surge como complemento dos processos e procedimentos contidos no BS 1192:2007 (órgão de normalização do Reino Unido). É um documento que fornece informações sobre a gestão de dados produzidos dentro de um ambiente de projeto BIM. Ele descreve os documentos que devem ser elaborados como parte do processo BIM e detalha funções e responsabilidades necessárias para implementar o processo BIM em um projeto. Incide especificamente sobre a entrega do projeto, onde a maioria dos dados gráficos, dados não gráficos e documentos, conhecidos como modelo de

informações sobre o projeto, são acumulados desde a concepção até a construção de atividades.

O PAS 1192-2 estabelece sete níveis de definição do modelo para projetos de construção e infraestrutura. São eles: *Brief,* Concepção, Definição, Projeto, Construção e Comissionamento, Entrega/Fechamento e Operação. Para cada nível, define critérios a serem cumpridos, tais como a representação gráfica, informações paramétricas, interfaces críticas, requisitos de construção, custo de projeto, entre outros.

Na fase projeto, cabe salientar que se espera um modelo com correto dimensionamento, em que a conformidade de requisitos regulatórios possa ser verificada. O modelo poderá incluir informações que podem ser usadas para fabricação, coordenação, propósitos de sequenciamento e estimativas. As informações paramétricas esperadas são a especificação de sistemas, objetos e montagens precisas em termos de especificação, tamanho, forma, função e localização, as informações críticas sinalizadas, projeto detalhado.

Organizado pelo Grupo de Trabalho BIM da Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura (AsBEA, 2015), o Guia BIM objetiva oferecer instruções sobre o uso de ferramentas digitais nos projetos de arquitetura e roda a cadeia produtiva da construção civil.

O primeiro fascículo aborda as fases conceituais e iniciais de implantação do BIM nos escritórios de arquitetura, com o enfoque principal “A estruturação do Escritório de Projeto para a implantação do BIM”. Este fascículo salienta a importância da utilização de uma metodologia e de planejamento da empresa, que antecedem o uso da tecnologia. Para tanto, assinala a necessidade do planejamento:

- Em infraestrutura: reestruturação do parque informático, aquisição de *hardwares, softwares* e servidores.

- Em recursos humanos: necessidade de treinamento, nova organização da empresa e da matriz de responsabilidades.

Destaca-se ainda a necessidade de estabelecer prazos para a implantação e o monitoramento de sua evolução.

Outro item destacado é a definição de Usos do BIM. Para o projeto, o fascículo descreve como principais os itens demonstrados na Figura 7.

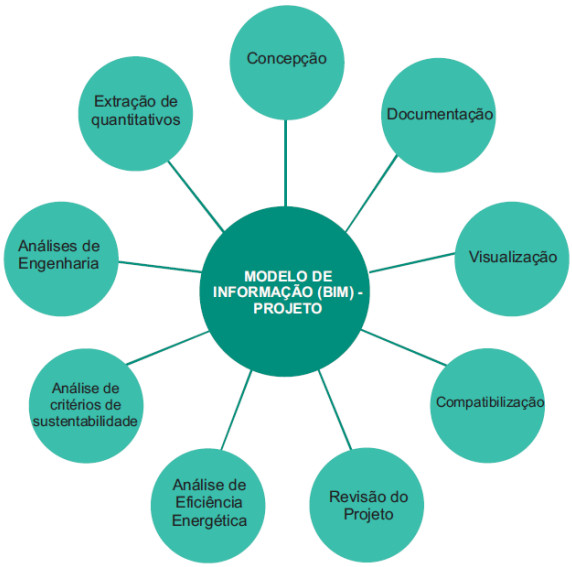

Figura 6 – Usos do BIM. Fonte: Guia AsBEA, 2015 – Fascículo I

O fascículo II aprofunda a questão do fluxo do processo BIM. Destaca-se novamente a importância do planejamento e da criação de um Plano de Execução BIM, que deve:

- Descrever os objetivos de cada equipe e suas expectativas com a utilização desse processo;
- Definir os usos aplicados aos modelos;
- Identificar os requisitos dos projetos em BIM;
- Definir as equipes;
- Estabelecer os procedimentos de colaboração;

- Desenhar o fluxograma e marcos das atividades com BIM;
- Estabelecer os procedimentos de controle da qualidade do modelo; e
- Definir quais e com qual grau de profundidade os produtos serão extraídos dos modelos BIM (entregáveis).

A questão “Usos do BIM” é novamente abordada nessa parte do guia e complementada com a necessidade de definição de requisitos característicos do processo BIM, tais como o nível de desenvolvimento e o nível de detalhe do modelo.

Outros pontos importantes, tratados de forma resumida e simplificada, são a colaboração, o intercâmbio de informações e a interoperabilidade. São apresentados os produtos dos modelos resultantes de cada fase de projeto de arquitetura, bem como o conceito de qualidade de modelos e sua análise durante o fluxo do processo de projeto.

No Brasil, essa ainda é a única iniciativa formalizada de elaboração de um Guia BIM com foco no setor de projetos. A AsBEA pretende continuar lançando os próximos fascículos, aprofundando outras questões.

No campo da Política para BIM, o estabelecimento de guias criados por associações ou órgãos do governo estimula, incentiva e direciona os agentes da construção para a implementação do BIM.

2.6.2. Dificuldades

De acordo com o levantamento realizado na literatura por Eadie *et al.* (2013), os principais motivos que levam à não aplicação do Conceito de Modelagem da Informação são:

- Lacunas de conhecimento e, portanto, inexperiência entre os agentes do empreendimento e organizações envolvidas;
- Lacunas de conhecimento por parte do cliente sobre as potencialidades do conceito de Modelagem;
- Resistência cultural, principalmente no nível operacional;
- Custos de investimento;
- Relutância dos membros do time em compartilhar informações, problemas na gestão da comunicação do empreendimento;
- Lacunas e intangibilidade quanto aos benefícios imediatos;
- Aspectos legais no que se refere aos direitos autorais.

Checcucci; Amorim (2011) afirmam, a partir dos resultados das análises de dados coletados durante o TIC 2011, que, entre as maiores dificuldades na adoção do BIM, estão a cultura, a resistência e o medo de mudanças.

Souza (2009) identificou, em pesquisa realizada com treze empresas de projeto de arquitetura, algumas barreiras à implementação da modelagem da informação. Os principais motivos alegados foram: (a) a resistência à mudança do *software* pela equipe; e (b) a falta de tempo para a implementação.

De acordo com Gu (2010), os fatores que afetam a adoção do BIM podem ser divididos em dois grupos principais: as questões técnicas e as questões não técnicas. O autor

relata uma série de fatores identificados na literatura como principais barreiras para a adoção do BIM:

- Falta de sensibilização e formação;
- Natureza fragmentada do setor de AEC;
- Relutância da indústria para mudar a prática de trabalho;
- Hesitação para aprender novos conceitos e tecnologias;
- Falta de clareza sobre papéis; e
- Responsabilidades e distribuição de benefícios.

Arayici (2011) demonstra que a empresa de arquitetura *JMA – John McCall's Architects*, utilizando ferramentas 2D CAD por duas décadas, enfrentou diversas dificuldades, tais como: (i) pressões por prazos; (ii) duplicações de informações; (iii) prazos de entrega longos; (iv) falta de continuidade na cadeia produtiva; (v) produção excessiva; (vi) retrabalho; (vii) distrações com tarefas paralelas; (viii) falta de confiabilidade dos dados; (ix) falta de processo de projeto rigoroso; e (x) falta de eficácia na gestão e comunicação.

Barlish; Sullivan (2012) entendem que as dificuldades para a tomada de decisão sobre a implementação se relacionam com os seguintes aspectos:

- Alguns dos benefícios relacionados aos negócios são intangíveis;
- Trata-se de um novo sistema de trabalho; portanto, mudanças organizacionais serão necessárias;
- Os benefícios são evolutivos ao longo da implementação;

- As diversas partes interessadas do empreendimento poderão avaliar de forma subjetiva e divergente os benefícios trazidos pelo conceito de modelagem;

- Dificuldades práticas, tais como a interoperabilidade de sistemas, ainda não estão resolvidas.

De acordo com os autores, em geral, os guias para a implementação e referências da literatura apresentam dados qualitativos de difícil comparação. Além disso, tais referências tratam a implementação de forma genérica, negligenciando a fase de análises que antecede a implementação propriamente dita.

Tse; Wong; Wong (2005) detectaram, em pesquisa realizada com escritórios de projeto de Hong Kong, que as principais barreiras para a implantação e utilização da tecnologia BIM incluíam:

- Dicotomia entre o ato de projetar e o de desenhar, sugerindo reestruturações no processo de projeto;

- Inadequação e dificuldade para personalizar objetos parametrizáveis;

- Complexidade e tempo necessário para o processo de modelagem;

- Falta de treinamento e suporte técnico para a ferramenta;

- Custos para aquisição de programas e bibliotecas; e

- Impossibilidade de avaliação gratuita do *software*.

Segundo os autores, a resistência dos projetistas a uma reestruturação do processo de projeto é uma questão mais difícil de solucionar do que os obstáculos técnicos, pois em um processo que utiliza BIM, espera-se que haja maior colaboração e participação por parte de todos os projetistas.

Eastmann *et al.* (2008) ressaltam que um dos maiores desafios na implementação de novas tecnologias de projeto é a transição intelectual, com o objetivo de levar à adoção

de novas práticas por líderes sêniores. O pessoal sênior possui décadas de experiência e o desafio é envolvê-los na transição. Outro ponto abordado é a composição alterada de pessoal no que diz respeito a perfis – o número de profissionais juniores trabalhando em documentação será reduzido. Enquanto a quantidade total de horas trabalhadas é reduzida, o custo total não é alterado substancialmente devido ao movimento em direção a profissionais de maior experiência.

2.6.3. Benefícios

Dentre vários benefícios e vantagens oferecidas pelo BIM, alguns destacam-se: aumento da produtividade, melhoria da qualidade gráfica de apresentação do projeto, melhoria da comunicação interdisciplinar, eliminação da redundância de dados, redução do retrabalho e de erros, entre outros. No entanto, a estratégia da implementação de BIM tem um longo caminho a percorrer para atingir a maturidade e precisa ser continuamente melhorada (UNDERWOOD; ISIKDAG, 2011).

Eadie *et al.* (2013), por meio de uma pesquisa quantitativa realizada com agentes do setor da construção no Reino Unido atuantes nas diversas fases do ciclo de vida dos empreendimentos, identificou e ranqueou os aspectos mais impactantes na utilização do conceito de modelagem.

Segundo a pesquisa, em ordem de importância, os seguintes itens foram identificados:

- Colaboração é o aspecto chave para o sucesso na aplicação do conceito de modelagem;

- Modelagem da Informação é um processo, não uma tecnologia;

- A aplicação do conceito de modelagem traz redução de desperdício de materiais, recursos e custos;

- A modelagem é uma forma de trabalho que traz mais confiabilidade aos

processos do empreendimento em todas as suas fases;

- A aplicação do Conceito de Modelagem da Informação demanda novas formas de contratação; o Conceito de Modelagem da Informação não é claro no contexto setorial;

- A implementação do Conceito de Modelagem da Informação demanda investimentos de recursos e treinamentos significativos;

- A aplicação do Conceito de Modelagem da Informação deve ser demandada pelo cliente;

- O uso do Conceito de Modelagem da Informação direciona para a aplicação eficaz da sustentabilidade em edificações;

- A implementação do Conceito de Modelagem é mais fácil e ágil em pequenas empresas;

- Os treinamentos deveriam ser subsidiados pelo Governo;

- A visualização e a utilização dos modelos 3D trazem benefícios significativos para o trabalho ao longo das fases do empreendimento;

- A implementação do Conceito de Modelagem da Informação está além das possibilidades das pequenas empresas.

Para os autores, o resultado da pesquisa demonstra que os benefícios sobre a aplicação do conceito de modelagem devem ser avaliados ao longo de todas as fases do ciclo de vida do empreendimento, e que 82,61% dos agentes entrevistados consideram sua aplicação benéfica, e apenas 17,30% acreditam que a modelagem não agrega valor aos processos e benefícios do empreendimento.

Eastmann *et al*. (2008) apontam que, apesar das dificuldades iniciais, as empresas de projeto que adotaram a modelagem da informação descobriram que os significativos custos iniciais trazem benefícios de produtividade no nível da documentação do edifício e ressaltam a redução de erros de projetos e uma maior consistência nas informações de projeto entregues ao cliente, além do fato de que os benefícios em termos de produtividade crescerão ao longo do tempo.

Os autores salientam, ainda, a possibilidade de as empresas de projeto oferecerem novos serviços que podem ser adicionados à estrutura de remuneração.

2.6.4. Nível de Detalhamento e Nível de Detalhe (LOD), Dimensões e Usos do BIM

O projeto de arquitetura se desenvolve e amadurece ao longo das fases, com informações que evoluem ao longo do seu desenvolvimento e da viabilidade do projeto executivo.

Bolpagni (2016) afirma que, para que um projeto seja efetivamente entregue, é essencial definir, primeiramente, qual informação é necessária, para quem será entregue e em qual nível de detalhe. Essas questões se tornam mais importantes quando se trata do desenvolvimento de projetos com o uso da modelagem.

Bedrick (2008) afirma que o desenvolvimento de projetos com o uso da modelagem da informação da construção demandou uma nova estrutura conceitual para a coordenação das informações no modelo do edifício.
O Guia AsBEA, Fascículo II, destaca a importância da definição de requisitos característicos do processo BIM antes do início da modelagem. Exemplifica que modelos desenvolvidos apenas para coordenação e documentação do projeto, por exemplo, podem requerer um nível de detalhamento diferente de um modelo que será utilizado para extração de quantitativos e orçamentação.

O mesmo guia ainda descreve que, com relação à inserção de informações no modelo, esta pode acontecer de forma gradativa na medida em que o projeto evolui e

se tem mais definições sobre seus elementos. Entretanto, é primordial que um planejamento das fases nas quais essas informações serão inseridas seja feito, a fim de evitar retrabalhos.

Manzione (2013) baseia sua estrutura conceitual da gestão do processo de projeto em BIM no nível de detalhamento do projeto, que é customizado pelo usuário em função do seu processo do empreendimento e dos seus objetivos. Ele afirma que o processo do empreendimento, gestão do processo de projeto e gestão da modelagem da informação são interligados. O processo de projeto evolui ao longo do tempo e, a ele, novos agentes vão sendo agregados, acumulando mais informações. Dessa forma, a exploração destes conceitos de forma mais detalhada torna-se tarefa fundamental.

A coletânea de implementação BIM da CBIC (2016) demonstra quatro itens como sendo de maior relevância, considerados como obstáculos a implementação do BIM:

- A peculiar inércia e a resistência às mudanças por partes das organizações e pessoas envolvidas. Destaca que para que uma mudança aconteça de fato numa empresa ou organização, são necessários cinco componentes críticos: visão, capacitação, incentivos, recursos e o desenvolvimento de um plano de ação. A falta de um desses componentes conduz à confusão, à ansiedade, à resistência, à frustração ou a falsos inícios,
- A dificuldade de entendimento e compreensão do que é BIM e dos seus reais benefícios;
- As questões culturais e particularidades do ambiente e do mercado brasileiro;
- As especificidades e os aspectos intrínsecos da tecnologia BIM. Neste ponto destaca especialmente que: adoção BIM requer esforço, aprendizado e investimento; não é simples nem fácil calcular e comprovar o retorno sobre o investimento (ROI) no BIM. É difícil mensurar alguns dos principais benefícios oferecidos pelo BIM, que é justamente o aumento da precisão dos projetos e do planejamento. O custo de um erro é mais fácil de ser percebido e avaliado que o valor dos ‘acertos’, porque ‘acertos’ não costumam chamar a atenção das pessoas.

2.6.4.1. Nível de Detalhe e Nível de Detalhamento

Concebido inicialmente pelos membros da indústria de *software*, o conceito foi introduzido em 2004 pela Vico Software. Na sequência, o AIA o desenvolveu e, em 2008, o incorporou a um documento conhecido como *BIM Protocol Exhibit* (2008), que formaliza o processo de desenvolvimento e os usos do BIM.

Em 2013, o *BIM Forum* publicou o *The Level of Specification*, baseado no protocolo do AIA. Esse documento foi um ponto de referência para outros guias de outros países, tais como:

- Dinamarca: sistema de classificação baseado em sete “Níveis de Informação”, de 0 a 6.

- Nova Zelândia: segue o guia da AIA, mas define “Nível de Detalhe” e “Nível de Acurácia”, “Nível de Informação” e “Nível de Coordenação”.

- Inglaterra: desenvolveu um Protocolo Bim incorporando o “Nível de Detalhe” dentro de uma classificação dedicada a aspectos geométricos de G0 a G3. A PAS1192-2 foi também publicada e introduziu o “Nível de Definição”, uma nova classificação com sete níveis, 1 ao 7, representando o “Nível de Detalhe do Modelo” (para conteúdos gráficos) e o “Nível de Detalhe”.

Segundo o AIA, o Nível de Detalhe (LOD) descreve o grau de completude para o qual um elemento do modelo é desenvolvido. Os níveis são representados em uma escala que varia em cinco graus, correspondendo a um detalhamento que vai ocorrendo progressivamente ao longo do projeto.

- *100 (fase conceitual)*: coordenação de estudos de massa, volumes, zonas, modelados em 3 dimensões ou representados por outros dados.

- *200 (geometria aproximada)*: os elementos são modelados de forma genérica e aproximadas de suas dimensões, peso, quantidades, orientação e localização. Informações não geométricas podem ser anexadas ao modelo.

- *300 (geometria precisa)*: os elementos são modelados de forma precisa e exata de suas dimensões, peso, quantidades, orientação e localização. Informações não geométricas podem ser anexadas ao modelo.

- *400 (execução ou fabricação)*: os elementos são modelados com o objetivo de montagem, de forma precisa e exata de suas dimensões, peso, quantidades, orientação e localização, contendo o detalhamento completo de fabricação e montagem. Informações não geométricas podem ser anexadas ao modelo.

- *500 (obra concluída)*: os elementos são modelados conforme construídos com informações precisas e exatas das dimensões, peso, quantidades, orientação e localização. Informações não geométricas podem ser anexadas ao modelo.

Os níveis de detalhamento do modelo descritos pelo AIA são aplicados a todas as disciplinas e especialidades de projeto e soluções do empreendimento. Para cada disciplina são desenvolvidas tabelas específicas, relacionando elementos construtivos e informações referentes àquela especialidade, aplicando-se a eles o nível de detalhe previsto no nível de desenvolvimento do modelo a cada fase.

O *CoBIM – Common BIM Requirements* (2012) afirma que os requisitos de nível de detalhe dependem da fase do projeto e usos previstos, mas que, essencialmente, podem ser divididos em três níveis:

- Nível 1: o uso típico do modelo direciona-se à colaboração e à comunicação entre os projetos; a posição e a geometria estão de acordo com os requisitos; as partes do edifício são nomeadas descritivamente.

- Nível 2: o uso típico do modelo no pré-projeto e em esboços volta-se para análises energéticas e fase de orçamento, extração de quantitativos; a posição e a geometria do modelo estão de acordo com os requisitos; as partes do

edifício são nomeadas corretamente e são modelados de tal forma que as quantidades e outras informações essenciais para estimativa de custos podem ser lidas por meio do modelo.

- Nível 3: o uso típico do modelo é o planejamento da construção e contratações; a posição e a geometria do modelo estão de acordo com os requisitos; as informações relevantes para os contratados estão adicionadas no modelo de tal forma que podem ser listadas.

Manzione (2013), em sua tese de doutorado, propõe o conceito de "Nível de Maturidade", pois entende que o conceito original de "nível de detalhe", denominado LOD na bibliografia, contempla dois significados: ora é tratado como "nível de detalhe" (*level of detail*) em *American Institute of Architects* (2007), *PennState* (2010), *Building and Construction Authority* (2012) e *VICO* (2012), ora é tratado como "nível de desenvolvimento" (*level of development*) em *BIM Protocol Exhibit* (2008), o que demonstra contradições.
O autor observa que o AIA não faz distinção entre os dois conceitos, aceitando-os como sinônimos. Assim, propõe um novo conceito chamado "Nível de Maturidade", que seria:

> A medida do desenvolvimento de um projeto em relação às suas metas previamente definidas. Esse referencial de metas é composto pelos objetivos do negócio − traduzidos em requisitos programáticos; pelos usos preestabelecidos do BIM – traduzidos em conjuntos específicos de propriedades geométricas e não geométricas; pela compatibilidade geométrica; e pelo sistema de planejamento e controle (MANZIONE, 2013).

Os quatro referenciais propostos pelo autor que irão determinar o Nível de Maturidade são: Nível de Desenvolvimento, Objetivos do Empreendimento, Planejamento e Controle, Compatibilidade Geométrica.

2.6.4.2. Dimensões do BIM

O BIM possui diversas camadas de informação, conhecidas como dimensões. Um modelo pode ser 4D, 5D, 6D, 7D, até nD, conforme o contexto de sua utilização. Segundo a análise de Neil Calvert (2013), podemos classificar sete principais dimensões do BIM:

- 2D Gráfico: são as dimensões do plano, onde estão representadas graficamente as plantas do empreendimento.

- 3D Modelo: adiciona a dimensão espacial ao plano, onde é possível visualizar os objetos dinamicamente. Um modelo 3D pode ser utilizado na visualização em perspectiva de um empreendimento, na pré-fabricação de peças e em simulações de iluminação. No caso do BIM, cada componente em 3D possui atributos e parametrização que os caracterizam como parte de uma construção virtual de fato, não apenas visualmente representativa.

- 4D Planejamento: adiciona a dimensão tempo ao modelo, definindo quando cada elemento será comprado, armazenado, preparado, instalado e utilizado. Organiza também a disposição do canteiro de obras, a manutenção e a movimentação das equipes, os equipamentos utilizados e outros aspectos que estão cronologicamente relacionados.

- 5D Orçamento: adiciona a dimensão custo ao modelo, determinando quanto cada parte da obra vai custar, a alocação de recursos em cada fase do projeto e seu impacto no orçamento, o controle de metas da obra de acordo com os custos.

- 6D Gestão de Facilidades: adiciona a dimensão de operação ao modelo, onde o usuário final pode extrair informações sobre o funcionamento do empreendimento como um todo, suas particularidades, quais os procedimentos de manutenção em caso de falhas ou defeitos.

KOO; FISCHER (2000) identificaram que o conceito de modelagem 4D (modelagem + tempo) entrou em discussão no final da década de 1990. Com a introdução dos fatores tempo e custo no projeto BIM, os construtores puderam gerenciar e simular as etapas da construção, bem como analisar melhor a construtibilidade antes da execução.

Witicovski (2011) afirmou que o planejamento 4D consistia em visualizar o andamento da obra em terceira dimensão (3D) ao longo do tempo, sendo este último (o tempo) a quarta dimensão.

Ainda nesta mesma linha de considerações, Kymmell (2008) entende que, tendo em mãos um cronograma de execução, pode-se realizar a simulação esquemática da sequência de execução. Isso torna mais fácil a visualização de todo o processo construtivo e permite a consideração de alternativas para sequenciamento, implantação no canteiro, posicionamento de gruas, entre outras. Os componentes do modelo também podem conter informações referentes às taxas de produtividade, podendo assim, analisar um planejamento da linha de balanço. Essa abordagem permite um refinamento de atividades baseadas no seu posicionamento no projeto e taxas de produtividade e ajuda a eliminar ciclos de início e fim dentre tarefas.
Eastman et al (2008) apontam os benefícios da modelagem 4D, tais como:

- Comunicação: o modelo 4D pode capturar aspectos temporais e espaciais do planejamento. Portanto, planejadores podem exibir para as partes interessadas o cronograma de construção com muito mais eficiência do que o tradicional gráfico de Gantt.

- *Input* de múltiplas partes interessadas: modelos 4D são utilizados em fóruns para demonstrar como um projeto poderia afetar o trânsito, o acesso a um hospital ou outras preocupações da população.

- Logística de canteiro: planejadores conseguem gerenciar acessos, locação de equipamentos e instalações provisórias, etc., por meio de simulações.

- Coordenação de transações: planejadores podem coordenar os fluxos de tempo e espaço de transações no canteiro, além da coordenação de tarefas em pequenos espaços.

- Comparação de cronogramas e verificação do progresso de construção: gerentes de projeto podem facilmente comparar diversos cronogramas e rapidamente verificar se a produção está atrasada ou conforme o planejado.

O 5D trata de modelagem + tempo + custos. Sua principal vantagem é o aumento da precisão durante a construção, com menos desperdício de tempo, de materiais e de retrabalho. Fazendo referência ao 5D-BIM, a empresa norte-americana *VICO Softwares* apresenta como potencialidades da plataforma:

- Fornecer cronograma de custos; Mostrar ao proprietário o que acontece com o cronograma e com o orçamento uma alteração é feita no projeto;

- Organizar seu banco de dados com custos e preços de informação, taxas de produtividade do trabalho, dados de composição da equipe e subKPIs (detalhamento do *Key Performance Indicator*, ou indicador-chave de desempenho, que mede o nível de desempenho do processo, focando no 'como' e indicando quão bem os processos de tecnologia da informação permitem que o objetivo seja alcançado);

- Proporcionar múltiplas e interativas evoluções de estimativas, para que o proprietário possa rapidamente fazer comparações com o custo-alvo.

Eastmann *et al.* (2008) salientam que, apesar dos modelos fornecerem medidas adequadas para o levantamento de quantitativos, eles não substituem a tarefa de orçamentação. O orçamentista realiza um papel fundamental no processo de construção, que envolve a avaliação de condições no empreendimento que impactam em custos. Orçamentistas devem consideram o uso do BIM para facilitar a trabalhosa tarefa de levantamento de quantitativos. A ferramenta permite mitigar riscos e reduzir a incerteza associada à quantidade de materiais. Os autores demonstram três opções principais para alancar o BIM nos levantamentos de quantitativos que dão suporte à orçamentação:

- Exportar quantitativos de objetos da edificação para um *software* de orçamentação;

- Conectar a ferramenta BIM diretamente ao *software* de orçamentação; e

- Utilizar uma ferramenta BIM de levantamento de quantitativos.

O 6D trata da Operação e Manutenção de edifícios. De acordo com RICS (2013), 6D BIM inclui as informações de *"as built"* sobre um projeto juntamente com os componentes da construção, plantas e informações de adaptação, bem como as operações e manuais de manutenção, dados de garantia e manuais do fabricante. Esse banco de dados pode ser globalmente acessível por meio de um ambiente seguro e personalizado do proprietário, por meio de *softwares* de CAFM (*Computer Aided Facilities Management*).

Quando o modelo criado durante as fases de projeto e construção prevê a inclusão de dados para uso na dimensão 6D, a extração dessas informações é passível de uso por meio do Cobie (*Construction Operations Building Information Exchange*). Cobie é um formato de dados para a publicação de um subconjunto de informações do modelo de construção, focado no fornecimento de informações de construção de modelagem não geométrica. Com este formato, é possível capturar e gravar dados de projetos importantes, incluindo listas de equipamentos, marcas, modelo e número de série de equipamentos, manuais, garantias, listas de peças de reposição, programações de manutenção preventiva, contatos de fornecedor, documentos regulatórios, nomes de espaço, números de ambientes, nomes e números de piso e tipos de equipamentos (EAST, 2013).

É importante determinar quais dados serão coletados e a sua qualidade para a gestão de facilidades para, em seguida, automatizar sua transferência a partir de BIM para a gestão de instalações (KHEMLANI, 2011). Se bem-sucedido, esse processo ajuda na ligação de dados entre o modelo e os CAFMs, reduzindo o tempo de entrada de dados.

2.6.4.3. Usos do BIM

Eastman *et al.* (2008) categorizam os usos e benefícios por fases do ciclo de vida.

- Fase de concepção de projeto: estudos preliminares de conceitos e viabilidade.

- Projeto: visualização mais precisa e em estágios mais recentes do projeto; correções automáticas dos elementos no modelo quando são efetuadas

mudanças no projeto; geração automática de desenhos 2D em qualquer estágio do projeto; facilidade de colaboração do trabalho multidisciplinar com maior brevidade; facilidade de verificação do projeto contra os requisitos do programa; extração automática de quantitativos durante o processo de projeto; melhorias no processo de análise energética e de sustentabilidade.

- Execução: sincronização do planejamento da obra com os objetos do modelo; descoberta de interferências físicas entre elementos do edifício ou omissões antes da execução da obra; rapidez no processo de mudanças do projeto; possibilidade de usar o modelo de projeto como base para a pré-fabricação; melhor implementação da metodologia da construção enxuta; sincronização das fases de aquisição, projeto e construção.

- Operação: melhor gerenciamento da operação dos sistemas e ativos do edifício.

De acordo com Underwood; Isikdag (2010), os modelos BIM podem ter diferentes funções, tais como:

- Vinculador de espaços: liga micro e macro espaços urbanos;

- Facilitador da interoperabilidade: possibilita o compartilhamento de informações entre os diversos agentes e suas ferramentas de *software*;

- Repositório de dados: armazena a informação do edifício por todo o seu ciclo de vida;

- Facilitador do processo de aquisições: disponibiliza e facilita diversas atividades de aquisições no ciclo de vida do edifício;

- Suporte da colaboração: é viabilizado por meio da gestão e do uso das informações compartilhadas do edifício em tempo real;

- Simulador de processos: facilita a simulação do processo de construção e dos sistemas construtivos do edifício;

- Serviço de informação do edifício: pode oferecer informações do edifício sob demanda e em tempo real pela internet; e

- Facilitador da construção sustentável: permite análises avançadas para o suporte do projeto e da construção sustentável energeticamente econômica.

Succar (2009) classifica os usos do BIM na fase de projeto em duas categorias, visualização e análise.

Para a visualização, os usos previstos pelo autor são: (a) projetos com visualização em 3D; (b) controle de ciclos de revisões; (c) documentação e detalhamento; (d) escaneamento de edifícios com raio *laser;* (e) fotogrametria; (f) representação realística; (g) realidade virtual; e (h) realidade aumentada.

Para a análise, os usos previstos são: (a) verificações de requisitos de normas; (b) estimativas de custo; (c) análises estruturais por elementos finitos; (d) simulação de fogo e fumaça; (e) análises de luminotecnia; (f) levantamentos quantitativos; (g) análises de implantação no terreno; (h) estudo de radiação solar; (i) coordenação espacial e análise de interferências; (j) análise estrutural; (k) análises energéticas; (l) análises térmicas; e (m) estudos de impacto do vento.

O *Project Execution Planning Guide*, elaborado pela *Pennsylvania State University* (2009), propõe vinte e cinco usos para a modelagem, como demostra a figura abaixo. Os quadros com fundo laranja representam os principais usos BIM e aqueles com fundo azul, os usos BIM secundários

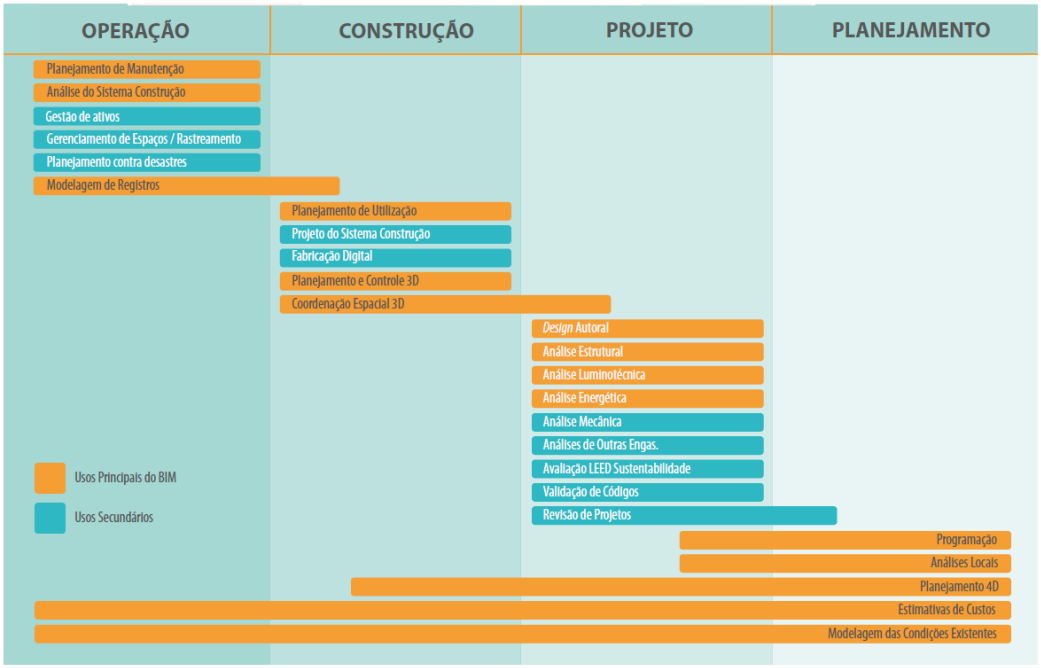

Figura 7 – Usos do BIM. Fonte: CBIC (2015)

2.6.5. Parametrização

Segundo *Autodesk*, a essência do projeto de um edifício são as relações que podem ser incorporadas no modelo da construção. A criação e a manipulação dessas relações se constituem no ato de projetar. Os parâmetros fornecem aos projetistas acessos diretos a esses relacionamentos e são um jeito natural e intuitivo de pensar sobre os edifícios.

Normalmente, durante o processo de criação e desenvolvimento de um projeto de arquitetura, características específicas das partes desenhadas são revisadas e modificadas muitas vezes. Para responder a esse problema, desenvolveu-se uma estrutura embutida em programas gráficos computacionais, baseada em parâmetros e hierarquia: as variações paramétricas.

As variações paramétricas permitem a criação de alternativas do mesmo *design* proposto, variando levemente nas dimensões, proporções e formas.

As entidades paramétricas facilitam o processo de alteração, pois carregam seus atributos e propriedades dentro de sua representação, que lhes permitem ser manipuladas e transformadas de acordo com essas características.

Os elementos construtivos são paramétricos, interconectados e integrados. Com o aprimoramento das capacidades de parametrização contidas nos programas gráficos, é possível alterar seus componentes já modelados e obter atualizações instantâneas que repercutem em todo o projeto. A consequência disso é a diminuição dos conflitos entre elementos construtivos, a facilitação das revisões e o aumento da produtividade. O uso de parâmetros para definir a geometria de elementos construtivos, no âmbito da construção civil, tem provado ser cada vez mais eficaz no processo de projeto (Florio, 2007).

Ayres (2009) afirma que há dois tipos básicos de parâmetros: os que armazenam informação sobre a forma dos elementos – como posição, dimensões ou transformações geométricas – e os que armazenam características funcionais dos elementos, tais como material, especificações, requisitos legais, procedimento de montagem, preço, fabricante, entre outros.

Na modelagem BIM, os elementos construtivos são paramétricos, interconectados e integrados. Com o aprimoramento das capacidades de parametrização contidas nos programas gráficos, é possível alterar seus componentes já modelados e obter atualizações instantâneas que repercutem em todo o projeto. Como consequências, têm-se a diminuição dos conflitos entre elementos construtivos, a facilitação das revisões e o aumento da produtividade.

Roberts (2004) afirma que a habilidade de manipular a geometria dos elementos gráficos baseada em parâmetros e de controlar o relacionamento dimensional entre eles tem se tornado fundamental nas aplicações auxiliadas por computador. O autor aponta que a interação com os parâmetros contidos em cada elemento construtivo contribui para testar e aprimorar o projeto já na fase de criação, contribuindo para estimular a experimentação de novas formas.

Conclui que a modelagem de objetos paramétricos fornece uma maneira poderosa para criar e editar geometria. Sem ela, a geração e o projeto de modelos seriam extremamente incômodos e sujeitos a erros. O projeto de uma construção que contém um milhão ou mais de objetos pode ser impraticável sem uma plataforma que permita uma efetiva edição de projetos automática (Eastman *et al.*, 2008).

Os objetos paramétricos precisam carregar várias propriedades, se forem interpretados, analisados, precificados e adquiridos por outras aplicações. Segundo Eastman *et al.* (2008), essas propriedades incluem especificações de materiais, propriedades de desempenho, de montagem ou de espaço.

Os autores ainda destacam que os usuários ou uma aplicação devem acrescentar propriedades para cada objeto relevante para produzir certo tipo de simulação ou estimativa. Bibliotecas de objetos, representando as melhores práticas das empresas e produtos de construção comerciais específicos, são importantes componentes de um ambiente BIM.

2.6.6. Compartilhamento e Troca de Modelos - Interoperabilidade

Nenhuma ferramenta sozinha pode suportar todas as tarefas associadas ao projeto, e a interoperabilidade representa a necessidade de passar dados entre as ferramentas BIM. A interoperabilidade identifica a necessidade de passar dados entre aplicações e elimina a necessidade de gerar dados de entrada que já foram criados.

Durante o processo de projeto, quando a tecnologia BIM é utilizada, a colaboração acontece por meio da troca ou do compartilhamento dos modelos BIM ou de seus subconjuntos (MANZIONE, 2013).
O fluxo de dados na modelagem da informação é variado e inclui a transferência de: (1) dados computáveis/estruturados (exemplo: banco de dados); (2) dados semiestruturados (exemplo: planilhas); e (3) dados não computáveis/não estruturados (exemplo: imagens).

Esses dados podem ser trocados quando um agente importa e exporta dados nem computáveis e nem estruturados, como é o caso da exportação de desenhos 2D, resultando numa perda significante de geometria e dados semânticos.

Os dados também podem ser trocados quando um agente importa e exporta dados que são estruturados e computáveis por outra aplicação. O intercâmbio assume interoperabilidade adequada entre o sistema remetente e o destinatário e podem ocorrer de diversas maneiras, por meio dos arquivos de formatos proprietários (RVT e DGN, por exemplo), proprietários abertos (DWF, por exemplo) e não proprietários (IFC e CIS, por exemplo) (SUCCAR, 2008).

Existem basicamente quatro diferentes maneiras de trocas de dados entre dois aplicativos BIM (EASTMAN *et al.*, 2008): ligação direta, formato de arquivo de troca de proprietário, formatos de arquivos de trocas de domínio público e formatos de troca baseados em XML.

A primeira acontece quando ocorre uma ligação direta entre dois aplicativos e utiliza-se um formato binário de interface (exemplo: GDL, MDL). O formato de arquivo de troca proprietário são formatos desenvolvidos por organizações comerciais para estabelecerem interface entre aplicativos diferentes (exemplos: DXF, 3DS). Os formatos de arquivos de trocas de domínio público envolvem um padrão aberto de modelo de construção. Estes carregam propriedades de objetos, materiais, relações entre objetos, além das propriedades geométricas. São interfaces essenciais para uso em aplicativos de análise e gerenciamento de construção (exemplos: IFC, CIS/2). Os formatos de troca baseados em *eXtensible Markup Language* (XML) são extensões do formato HTML, que é a língua base da *web*, que permitem a criação de esquemas definidos pelo usuário (exemplos: XML, gbXML).

Um dos principais modelos de dados de produtos da construção é o *Industry Foundation Classes* (IFC), instrumento pelo qual é possível estabelecer a interoperabilidade dos aplicativos de *software* da AEC/FM (FU *et al.*, 2006).

O IFC é como um modelo de dados de tradução, em formato “não proprietário”, disponível livremente para a definição de objetos na AEC. Ele, porém, não padroniza

as estruturas de dados em aplicações de *software*, restringindo-se apenas à padronização das informações compartilhadas (MANZIONE, 2013). A *building SMART* define o IFC como um esquema de dados que torna possível conter dados e trocar informações entre diferentes aplicativos para BIM.

O esquema IFC é extensível e compreende informações cobrindo as muitas disciplinas que contribuem para um edifício durante seu ciclo de vida: a concepção, o projeto, a construção até a reforma ou demolição. Mesmo assim, o que se observa na prática, de acordo com Kiviniemi *et al.* (2008), é que o uso de padrões IFC atende a requisitos para certas tarefas, deixando, contudo, que muitas outras tarefas não sejam suportadas por este formato.

Particularmente em relação às empresas de arquitetura, a tese de Kiviniemi *et al.* (2008) demonstra, por meio de uma pesquisa realizada nos países nórdicos, que o principal motivador para o uso do BIM na atividade de projeto arquitetônico é a facilidade de geração de quantitativos (aproximadamente 23% dos arquitetos geram quantitativos a partir dos modelos BIM), seguido pela checagem de conflitos (cerca de 21%). A maioria das tarefas executadas pelos arquitetos nos aplicativos BIM se limita àquelas disponibilizadas internamente nos *softwares* utilizados, sendo pouco comum o uso de arquivo visando à interoperabilidade. Apenas 1/3 dos arquitetos que utilizam o BIM empregam arquivos no formato IFC.

Khemlani (2007) mostra, a partir de dados de uma pesquisa realizada pela *AECbytes*, que o mais importante critério na escolha do BIM é a habilidade de produzir documentos finais de construção sem precisar de usar outras ferramentas complementares. A pesquisa aponta que questões relacionadas à integração, ao 4D e ao IFC são consideradas pouco expressivas. Tais considerações demonstram que o uso de aplicativos BIM ainda aparece como um evento fragmentado (TOBIN, 2008).

Nessa interpretação, o desenvolvimento do projeto do edifício aparece como uma atividade fragmentada, estabelecida por produtos independentes e produzidos por cada disciplina.

2.6.7. Novas Funções – Gerente BIM

Os requisitos de implantação e gestão do BIM vêm demandando novas habilidades específicas dos profissionais e, por isso, têm surgido no mercado novos especialistas, destacando-se entre eles o gerente de BIM ou *BIM Manager*.

Segundo Barison e Santos (2010), as empresas necessitam de um novo profissional que seja responsável pela coordenação que o contexto do BIM requer. Os autores afirmam que a função principal desse novo profissional é a de gerenciar as pessoas na implementação ou na manutenção do processo de projeto em BIM.

As empresas devem reconhecer a necessidade de um novo profissional na aplicação da tecnologia BIM, padrões e modelagem, que também é responsável pela coordenação espacial necessária em contextos BIM. Portanto, deve haver um papel especial na equipe do projeto: o Gerente BIM (Barison; Santos, 2010).

O Gerente BIM trabalha internamente nas empresas como responsável pela coordenação da equipe e pela produção e uso do modelo. Para isso, ele deve examinar e avaliar as metas do processo BIM e, em seguida, desenvolver um plano para atender as demandas e desejos dos clientes, a experiência da equipe de projeto e a disponibilidade de recursos (Kymmell, 2008).

O Gerente BIM pode ter várias funções adicionais, tais como a definição de *'templates'* de projeto, a coordenação e a integração de modelos, a coordenação do acesso ao modelo, etc., mas sua função mais importante é a de orientar a equipe na tomada de decisões (Post, 2009).

A definição de suas autoridades e responsabilidades é bastante extensa e, de acordo com o *Building and Construction Authority* (2012), elas são genericamente resumidas nos seguintes termos:

- Estabelecer e acordar um plano de execução BIM, garantindo o seu cumprimento e melhoria contínua, e também praticar todas e quaisquer

responsabilidades ou funções, conforme exigências do Plano de Execução BIM;

- Criar, apagar, modificar e manter os direitos de acesso adequados para os usuários, a fim de evitar perda de dados ou danos durante a troca de arquivos, manutenção e arquivamento;

- Definir o ponto de origem do modelo, sistema de coordenadas e unidades de medida;

- Definir o nome do modelo;

- Facilitar a coordenação do modelo promovendo reuniões, incluindo análises de interferências e emissão de relatórios periódicos de compatibilização;

- Solucionar o armazenamento do modelo;

- Controlar a nomenclatura das versões do modelo;

- Controlar os direitos de acesso dos usuários;

- Agregar o modelo, tornando-o disponível para visualização;

- Receber novos modelos, coordenar a troca de modelos, validar os arquivos, liberando-os para os demais projetistas, em acordo com os protocolos aplicáveis do plano de execução do BIM, mantendo uma cópia de segurança de cada arquivo recebido;

- Tomar as precauções necessárias para garantir que não ocorram problemas de interoperabilidade, providenciando, para isso, os requisitos necessários de *hardware*, *software*, licenças, formato de arquivos e necessidades de espaços de trabalho colaborativos;

- Determinar as convenções a serem seguidas para o processo de revisão dos modelos BIM;

- Estabelecer um protocolo de segurança de dados para prevenir a ocorrência de dados corrompidos, vírus, mau uso de dados ou danos deliberados pelos membros da equipe de projetos e outros;

- Responsabilidade pelos *backups* regulares dos dados dos servidores de modelo;

- Processamento de rotinas para garantir a segurança do modelo de dados;

- Atualizar os aplicativos para impedir vulnerabilidades documentadas pelos fabricantes de *software* no modelo;

- Estabelecer e manter a proteção de dados por meio de mecanismos de encriptação de dados;

- Documentar e relatar qualquer incidente relacionado com o modelo; e

- Transferir incondicionalmente para o seu eventual sucessor todas as informações necessárias para a continuidade do trabalho.

Gallello (2008) acrescenta às habilidades do Gerente BIM a capacidade de pensamento não linear e de visão multidisciplinar, e também o entendimento dos fluxos de trabalho do processo de projeto e conhecimentos sobre sua gestão.

O escopo de sua atuação é estabelecido considerando o papel que esse agente pode assumir. Assim, o *Building and Construction Authority* (2012) determina diferentes responsabilidades para o Gerente BIM levando em conta três contextos distintos: do processo de projeto, da empresa de projeto e o âmbito da construtora e do empreendedor.

Barison; Santos (2010) raciocinam de modo semelhante e relacionam algumas de suas responsabilidades. No trabalho em empresas de projeto, o *BIM Manager* será responsável pela implementação do BIM, pela coordenação das equipes de projeto, estabelecendo a conexão necessária entre os diversos escritórios.

Suas funções incluem também organizar os treinamentos e se manter informado sobre as novas atualizações de *softwares*, assumindo ainda a responsabilidade pela difusão dos conceitos BIM na organização e no mercado, exercendo, com isso, um papel estratégico no processo.

Contudo, os autores enfatizam a importância da existência de um plano de implementação do BIM como requisito para embasar o processo na empresa e colocam a responsabilidade em manter e implementar o plano como uma de suas funções precípuas, examinando e avaliando as metas do processo em BIM, e desenvolvendo um plano que atenda às demandas dos clientes, levando em conta a experiência da equipe de projeto e a disponibilidade de recursos. Dentro da revisão dos “especialistas em BIM”, elaborada por Barison; Santos (2010), é relacionada ainda uma nova série de profissionais BIM, classificados segundo suas atribuições como: modelador, analista, desenvolvedor de aplicações, especialistas em modelagem, facilitadores, consultores e pesquisadores.

Os mesmos autores afirmam que, embora possam existir vários profissionais especializados em BIM, na prática, um único profissional pode executar as tarefas de um ou mais especialistas, dependendo da complexidade do projeto e do tamanho da companhia onde trabalha (BARISON; SANTOS, 2011).

Os autores também destacam a função do Gerente BIM em empresas de projeto: (1) planejar treinamento para os funcionários; (2) criar manual BIM para uso dos funcionários; (3) manter-se constantemente informado sobre as tecnologias BIM; (4) participar de conferências e organizações da indústria; (5) colaborar com outros no desenvolvimento de sistemas e ferramentas; (6) desenvolver materiais de propaganda; (7) avaliar novos produtos BIM; (8) responsabilizar-se pela verificação de deficiências em *software*, *hardware* e rede; e (9) criar sistema de contratos para que cada agente assuma suas responsabilidades.

Segundo Manzione (2014), o novo papel do *BIM Manager* acabará por sobrepor as funções do coordenador de projeto, pois o autor acredita ser necessária a melhoria da capacitação desse profissional. Espera ainda que, em uma perspectiva de longo prazo, a melhora da capacitação seja a solução mais correta, e a agregação de especialistas em determinadas funções requeridas pelo BIM possa ser complementada por profissionais subordinados ao coordenador de projetos.

No caso do BIM, a coordenação do processo de projeto e a coordenação do desenvolvimento do modelo ocorre de maneira simultânea. O BIM e seus processos têm uma forte base na tecnologia da informação, demandando das profissionais mudanças em suas práticas de projeto e em sua relação com o objeto em si: o edifício (MANZIONE, 2013).

2.6.8. Modelagem da Informação da Construção nas Empresas de Projeto

Alguns casos de implementação da modelagem da informação encontrados na revisão bibliográfica trazem dados reais a partir da experiência prática de algumas empresas.

No cenário nacional, três dissertações de mestrado foram encontradas abordando o universo da implementação da modelagem da informação em empresas de arquitetura:

- Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Rio de Janeiro (Souza, 2009);

- Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Catarina (OLIVEIRA, 2011); e

- Dissertação de Mestrado – UniRitter/Mackenzie (Cornetet, 2015).

A pesquisa de Souza (2009) objetivou a avaliação dos principais impactos da implementação da modelagem sobre o processo de projeto nas empresas de

arquitetura brasileira, com enfoque em benefícios e dificuldades, e a identificação de necessidades e demandas dos usuários.

Foram selecionadas empresas das cidades do Rio de Janeiro, São Paulo e Curitiba, e a pesquisa se deu por meio de um formulário com questões de múltipla escolha enviado por e-mail. A partir das respostas recebidas, algumas empresas foram selecionadas para participarem de uma reunião com o objetivo de promover uma discussão sobre o tema, e o convite foi estendido para pesquisadores e outros interessados.

Ao final, treze empresas participaram efetivamente da pesquisa (sete do Rio de Janeiro, cinco de São Paulo e uma de Curitiba). Destas, uma ainda não utilizava a tecnologia em nenhum projeto, seis utilizam em um projeto piloto, três utilizam na maioria dos projetos e duas utilizam em todos os projetos. Os principais resultados obtidos foram:

- 21,28% das empresas buscavam a tecnologia para melhorar a qualidade do projeto e 17,02% para diminuir prazo para entrega dos projetos. Apenas 2% atendiam a exigência dos clientes.

- A troca de informações de projeto é feita em. dwg por 44,44% dos casos, e 0,00% em .ifc.

- As principais vantagens reconhecidas dizem respeito à diminuição de erros de desenho (14,32%), à facilidade das modificações de projeto (14,29%) e à visualização 3D facilitada (14,29%).

- A principal dificuldade citada foi o elevado custo do *software* (25,00%) e o tempo necessário para treinamento (18,75%).

- A maioria das empresas afirmou não existir alteração (redução) na equipe de projeto (66,67%).

- A maioria das empresas relatou a não redução no prazo do projeto.

- No que se refere à qualidade do projeto, 21,21% identificaram diminuição de erro, 2,21% identificaram antecipação de problemas de projeto e 18,18% apontaram facilidade para definir soluções de projeto.

- A geração de mais elementos de projeto em cada etapa foi identificada por 37,50% das empresas, e 29,17% indicaram a geração de novos produtos antes não executados pela empresa.

- 25,00% evidenciaram etapas de projeto mais completas e a antecipação de informações.

Como conclusão principal desse trabalho, identificou-se que a modelagem da informação no Brasil, naquele momento, encontrava-se em fase bastante preliminar, sem a exigência de contratantes, e as empresas que se aventuravam na implementação estariam à frente do mercado.

A pesquisa de OLIVEIRA (2011) buscou identificar as mudanças no processo de desenvolvimento de projeto e na rotina de trabalho atrelada ao processo de implantação e ao uso das ferramentas BIM. Por meio de entrevistas presenciais, visou entender a implementação do BIM pelos profissionais e escritórios de arquitetura, e considerou os escritórios que já migraram e os que estavam em processo de transição. Utilizou cinco estudos de caso, três nacionais (São Paulo) e dois internacionais (um em Seia, Portugal, e outro em Chicago, EUA).

Os principais resultados obtidos foram:

- Mesmo com uma pequena amostra, foram encontrados o uso de três *softwares* (*Revit Architecture, Archicad* e *Bentley Architecture*).

- Percebeu-se uma grande lacuna entre fazer uso de um *software* e praticar um processo de desenvolvimento de projeto BIM com caráter interdisciplinar.

Apesar disso, a compatibilização de projeto já é percebida pelas empresas, em alguns testes, com grande potencial.

- Identificou-se que, dos cinco casos, três deles utilizaram consultorias para o processo de implantação, enquanto dois deles não tiveram auxilio externo. As empresas com consultoria tiveram evolução em tempo menor se comparadas com as demais.

- No critério definido como Visualização, relatou-se uma mudança positiva e valorizada pelas empresas, pois acredita-se que tanto os profissionais como os clientes compreendem melhor o projeto visualizado em três dimensões, ao mesmo tempo em que identificam um número maior de interferências nas fases preliminares do projeto.

- No critério definido como Documentação, são apontadas dificuldades na padronização e no desenvolvimento de normas de representação, bem como na criação de famílias – as cinco empresas relataram a mesma dificuldade.

- No critério definido como Produtividade, nenhum dos casos mencionou ter diminuído prazos contratuais ou aumentado sua capacidade produtiva. Uma das empresas relatou a não contratação de estagiários.

- O critério definido como Interoperabilidade não foi apontado em nenhum dos casos como um problema na introdução do BIM.

A pesquisa de Cornetet (2015) tinha como objetivo identificar as alterações e consequências, positivas e negativas, da implantação da tecnologia BIM por escritórios de Porto Alegre na concepção e no desenvolvimento de projetos de edifícios. A pesquisa almejava compreender as implicações do uso de novos recursos e instrumentos gráficos nas atividades projetuais que os arquitetos exercem no processo de projeto.

O autor utilizou três estudos de caso pertencentes ao universo local de escritórios de arquitetura de Porto Alegre. Os principais resultados obtidos foram:

- Os recursos tecnológicos vêm sendo utilizados como meio de produção de imagens, e não com a finalidade de produzir melhores projetos, dotados de informações mais detalhadas para a construção.

- Precária organização dos escritórios, como empresas, em relação à administração e coordenação de membros de cada equipe de trabalho. De um modo geral, faltam conhecimentos administrativos aos arquitetos.

- Os arquitetos possuem pouco conhecimento e domínio sobre todos os atuais recursos tecnológicos disponíveis na contemporaneidade para a realização de projetos. Falta também o entendimento sobre o trabalho colaborativo com o uso desses recursos.

- A principal motivação revelada pelos três escritórios para a implementação é a necessidade de preparação adequada para o competitivo mercado de trabalho, oferecendo um projeto diferenciado pelo nível de informação contida no projeto.

- Os três estudos de caso revelam a escassez de profissionais capacitados para trabalhar com o modelo da informação da construção.

- Foi possível afirmar que os três estudos de caso se encontram na fase de BIM 1.0, ou *"little BIM"*.

- Os principais benefícios obtidos e dificuldades identificadas nos escritórios analisados como estudo de caso de Porto Alegre são: automatização de extração de dados; redução de erros de projeto relativos à compatibilização; controle das relações entre os elementos construtivos; redução de erros em relação às informações extraídas do projeto; e redução de retrabalho para adequar os desenhos às mudanças de projeto.

- Dentre as principais dificuldades enfrentadas pelas empresas estão: a resistência em alterar os métodos de trabalho já consolidados; a necessidade de mudança na forma de pensar o projeto; o tempo necessário para implantação da tecnologia; a necessidade de formação de mão de obra

especializada; a integração com a equipe de parceiros e a falta de planejamento para a implantação.

- Revelou-se fundamental a figura do *BIM Manager*. Esse profissional deve coordenar o desenvolvimento dos projetos, a equipe técnica, capacitar os envolvidos e gerenciar o desenho.

- Embora haja um esforço por parte dos escritórios locais em iniciar mais precocemente o uso da tecnologia BIM, verifica-se que esta é predominantemente utilizada na fase de desenvolvimento. É justamente no desenvolvimento de desenhos técnico-operativos que os recursos digitais proporcionam maiores benefícios aos escritórios.

- Os arquivos são entregues ao cliente e trocados entre os projetistas complementares em .dwg. Essa prática configura a subutilização da plataforma, visto que a colaboração e o modelo são utilizadas apenas como recursos internos de trabalho.

- Os três estudos de caso utilizam apenas o modelo único com informações geométricas e, em alguns casos, a colaboração entre profissionais de arquitetura na elaboração dos projetos. Na fase de elaboração de partido e estudo preliminar, o BIM não é utilizado, mas nas fases de projeto executivo, sua utilização é intensa, mas unicamente para uso interno dos escritórios de arquitetura.

Em Reis (2011) são apresentados resultados da implementação da modelagem realizadas entre 2004 e 2007, em quatro empresas de projeto de arquitetura brasileiras de diferentes portes. Foram demonstradas as primeiras experiências, dificuldades, ganhos e algumas recomendações a partir de suas experiências. Os relatos demonstraram que as empresas analisadas foram pioneiras na implementação da modelagem, se antecipando às necessidades do setor e colaborando na difusão e adoção desta tecnologia.

As empresas passaram por uma revisão dos seus métodos de trabalho, reorganizaram suas equipes, estabelecendo novas lideranças e responsabilidades, e

encontraram maneiras de continuar a produção interna de projeto enquanto, simultaneamente, implementavam a nova tecnologia em projetos-piloto.

STEHLING; ARANTES (2014) realizaram uma pesquisa sobre a implantação da modelagem com doze empresas, sendo sete empresas de projetos industriais e cinco empresas de projetos arquitetônicos. Os principais resultados obtidos foram:

- Nas empresas de projetos arquitetônicos residenciais e comerciais predominam os *softwares Revit* (53,1%) e *ArchiCAD* (21,9%).

- Todas as empresas de projetos arquitetônicos residenciais e comerciais que fazem compatibilização dos modelos disseram que utilizam o *software Navisworks.*

- Ao classificar as dificuldades encontradas na implantação do BIM, 43,8% dos entrevistados apontaram a utilização de *softwares*, enquanto que 56,3% ressaltaram os processos de projeto e construção.

- Os desafios apontados para a implantação do BIM podem ser agrupados em desafios relativos à utilização de *softwares*, notadamente a interoperabilidade, e os desafios relativos aos processos de projeto e construção, onde se destaca a necessidade de trabalho colaborativo.

- Apontou-se também como desafio a geração da biblioteca de objetos necessários para a construção dos modelos.

- As empresas de arquitetura enfrentam dificuldades no que tange ao elevado investimento necessário para o licenciamento de *softwares* e aquisição de *hardware*, o que, para estas empresas, representa uma porcentagem significativa de seu orçamento.

- Entre os principais benefícios alcançados pelas empresas, destacam-se a

reestruturação e o melhor controle do processo de projeto e as melhorias substanciais na compatibilização e coordenação de projetos.

2.6.8.1. O BIM e a empresa de projeto

As empresas de projeto têm processos internos de gestão característicos ao seu universo e que moldam a implementação de qualquer nova tecnologia nessas empresas. A caracterização em termos de gestão foi apresentada anteriormente, e tais processos estão profundamente relacionados à implantação da modelagem. Alguns benefícios e dificuldades são bastante específicos a essas empresas, e a implementação deve levar em conta suas particularidades.

Para Jung; Joo (2011), a discussão sobre a implementação do Conceito de Modelagem da Informação da Construção pode ser conduzida sob o ponto de vista setorial, da empresa de construção civil – incorporadora, projetista, construtora, operador, fornecedores de materiais e serviços, ou ainda no âmbito do empreendimento.

Singh; Gu; Wang (2011) concluem que as expectativas e entendimento sobre as ferramentas de modelagem são diferentes para os profissionais de projeto, para os gestores dos empreendimentos e para os agentes envolvidos na produção e operação da edificação.

Para os profissionais de projeto, as ferramentas de modelagem são, muitas vezes, uma extensão do CAD (*Computer Aided Design*), enquanto que os demais agentes (os gestores dos empreendimentos, agentes envolvidos na produção e operação da edificação) esperam que os modelos lhes tragam as informações requeridas com maior agilidade e inteligência.

Moum (2010) analisou o desenvolvimento do trabalho em BIM no contexto do empreendimento, gestão do processo de projeto e empresas projetistas. No caso das empresas de projeto, apontou como motivações: (i) a complexidade geométrica do edifício; (ii) a vontade dos arquitetos em aplicar a tecnologia; (iii) a motivação do estado; (iv) a crença de que o Conceito de Modelagem da Informação da Construção

seria a tecnologia do futuro; (v) a iniciativa da empresa responsável pelos projetos de engenharia; (vi) a complexidade geométrica da edificação e a necessidade de melhorar a interface entre as disciplinas; (vii) a definição clara das responsabilidades; (viii) as competências individuais; (ix) as atitudes individuais e motivações pessoais; (x) o maior suporte para desenvolvimento das ideias de projeto; (xi) a facilidade de avaliação das expectativas dos usuários; e (xii) as diferenças de competências entre os usuários.

Como barreiras, destacam-se: (i) o cliente não demandou o uso da tecnologia.; (ii) não foram pagos valores extras e nem adicionado mais tempo ao projeto por conta do uso da tecnologia; (iii) cliente e contratante não usariam os modelos de informações; (iv) a entrega do projeto para o cliente ocorreu em 2D; (v) diferentes objetivos e níveis de ambição em relação à tecnologia; (vi) diferentes métodos de trabalho; (vii) diferentes perfis de competências na equipe de projeto; (viii) processo com alto nível de dinamismo e complexidade; (ix) deficiências do *software* em relação à interoperabilidade; (x) limitação de suporte em relação ao processo criativo; e (xi) diferenças de competências entre os usuários.

Quanto às etapas de projeto, o autor analisou os benefícios e desafios as fases de concepção, comunicação, avaliação e tomada de decisão:

Concepção

- A utilização da modelagem com o uso de maquetes possibilitou a concepção da edificação com alta complexidade geométrica.

- Concepção coletiva do projeto.

- Perigo de perder o foco em função da atenção excessiva em detalhes.

Comunicação

- Possibilitou a adequada comunicação entre a equipe sobre a complexidade da edificação e interfaces entre os sistemas.

- Troca de informações espontâneas entre arquitetos e engenheiros.

Avaliação

- Melhor visualização da interface entre sistemas.

- Facilidade para consolidar todas as disciplinas em um só modelo.

- Visualização somente da geometria (negligência em relação aos textos e medidas dos modelos).

- Maior facilidade da equipe em visualizar o projeto em 2D.

Tomada de Decisão

- Possibilidade de tomar decisões mais seguras e antecipadas.

- Maior assertividade em função da qualidade das informações.

- Fazer com que os modelos de informações sejam utilizados para a tomada de decisões.

O uso do BIM em empresas projetistas pode beneficiar o processo de projeto. No entanto, a cultura das empresas no setor, o fluxo informal de informações e de documentos entre as partes envolvidas, o uso inadequado das ferramentas e a falta de formação dos projetistas para as novas ferramentas afetam o processo de projeto e, consequentemente, a qualidade do projeto (ITO, 2007). O BIM requer uma nova maneira de pensar. Habituados ao desenvolvimento de projetos utilizando metodologias tradicionais e processos de representação em duas dimensões (2D), os profissionais de projeto se veem diante da necessidade de mudar seus conceitos ao

adotarem o BIM, e as equipes, que eram tradicionalmente fragmentadas, devem se tornar uma única equipe, integrada e colaborativa.

Segundo Florio (2007), o *Building Information Modeling* e o processo colaborativo aplicado na metodologia de projeto podem:

- Melhorar a visualização dos dados e as informações sobre o projeto, assim como tornar claras as exigências do cliente já nas fases iniciais do projeto, permitindo a compreensão e a participação ativa do processo.

- Contribuir para a melhoria da eficiência e da qualidade da construção civil, com a intenção de reduzir custos e desperdícios de materiais e melhorar o aproveitamento de mão de obra.

- Aprimorar a coordenação dos documentos compartilhados da construção a fim de promover tanto a rápida troca de informações, quanto aumentar a produtividade e melhorar os prazos de entrega dos projetos destinados à execução da obra.

- Proporcionar uma gestão de projetos que incorpore e compartilhe informações e distribua responsabilidades, riscos e recompensas entre os participantes do projeto.

- Incorporar e disseminar informações oriundas de fabricantes dos materiais para quantificar e estimar custos.

A seguir, será elaborada uma breve discussão relacionada ao processo de se projetar arquitetura e a inclusão de ferramentas BIM em algumas das fases.

2.6.8.2. Projeto de Arquitetura

O projeto de arquitetura tem características particulares em seu desenvolvimento, uma grande ênfase nas suas etapas iniciais, que envolvem viabilidade e concepção. A utilização de croquis nestas etapas ainda é pratica corrente entre os arquitetos por

facilitar o registro dos pensamentos de forma mais rápida. O modo tradicional de realizar este tipo de representação é o desenho à mão.

Esse processo é lento, trabalhoso e de difícil reversibilidade, uma vez que uma alteração de projeto implica em refazer o desenho completo. Os arquitetos que trabalham com esse tipo de representação artesanal fazem uso exaustivo dos croquis iniciais, buscando esgotar possibilidades antes da representação final (Cornetet, 2015).

Na fase inicial do processo de projeto, o *designer* necessita de um pensamento divergente. Este termo se refere ao ato de estender os limites de uma situação de projeto, de modo a procurar as possíveis soluções. Nesse tipo de pensamento, os objetivos são constantemente revistos e reformulados. Como o limite do problema é instável e indefinido, a avaliação de alternativas é adiada com a intenção de experimentar e testar hipóteses. É por essas razões que a criação do projeto, normalmente, começa por pequenos esboços, sem forma definida, nem claras intenções projetuais. Os croquis servem para levantar possibilidades e fazer emergir idéias (Florio, 2007).

Geralmente, o projeto final não contém vestígios diretos dos seus croquis preliminares e, muitas vezes, os desenhos evolutivos são descartados, dando a falsa impressão de que o projeto surgiu por completo na cabeça do projetista.

Esses desenhos atravessam o abismo entre o mundo da imaginação e o mundo concreto. Imagens mentais criadas a partir de ideias que são obscuras e incertas. O projetista repetirá tentativas de desenhar uma forma, escolhendo a que melhor corresponda entre sua imagem mental e sua representação no papel (Scheer, 2014).

Em arquitetura, esboços, desenhos técnicos, maquetes físicas e modelos digitais podem servir a diferentes funções cognitivas em cada fase de projeto. Portanto, se os meios de representações podem contribuir ou impedir processos cognitivos, a estratégia de uso e sua alternância em cada etapa do projeto são fundamentais, pois um sistema de representação usado em momento inadequado impedirá o sucesso do processo criativo (Florio,2010).

Dessa forma, as novas ferramentas computacionais ampliam os meios de representação e simulação, acarretando, em muitos casos, no quase abandono dos desenhos expressivos manuais (Florio, 2010).

Nardelli (2010) argumenta que a emergente “Arquitetura Digital” vai muito além de um simples croqui que expresse a síntese formal de uma ideia: é, na verdade, a materialização de técnicas digitais que permitem a concepção de objetos com alto nível de complexidade.

Oxman (2005) aponta que os sistemas CAD foram o primeiro passo para o rompimento com o desenho convencional sobre papel, porém, com pouco efeito inicial sobre o processo de projeto.

Com o mesmo raciocínio, Nardelli (2010) afirma que tais sistemas apresentaram um mero registro da migração do fazer tradicional da arquitetura para o ambiente digital, automatizando pouco a pouco determinadas rotinas e contribuindo para mudanças no processo de desenvolvimento, mas com rebatimento quase nulo no resultado formal.

Os desenhos tradicionais CAD são constituídos por representações 2D abstratas e entidades isoladas, tais como linhas, arcos, círculos e polígonos. Apesar de serem significativas, contêm poucas informações úteis para quantificar e classificar elementos construtivos para a construção, pois simplesmente não podem ser computadas pelo programa gráfico.

Ferreira (2007) aponta que a representação em 2D deveria ser a síntese resultante do processo de projeto (documentação) e não a única ferramenta de produção e análise de projeto. A representação 2D como processo exclusivo de projeto pode se traduzir em soluções errôneas ou enganosas e necessita de recorrente recomposição mental do espaço 3D, a cada vez que se analisa a representação, tomando mais tempo do projetista. O que seria o fim de um processo é utilizado convencionalmente como meio para a identificação do problema, sua análise e solução. A mesma autora, em sua dissertação, identificou um grupo de cinco problemas recorrentes das representações bidimensionais:

- Ambiguidade: a mesma representação pode ser interpretada de mais de uma forma, mesmo que adicionada de notas, símbolos ou esquemas, em geral em algum ponto do contexto do desenho que pode não ser claramente percebido.
- Simbolismo: o objeto é representado por um símbolo cujas dimensões e formas não têm relação com o objeto real que representa.

- Omissão: na tentativa de tornar o desenho mais sintético, são omitidas informações consideradas “óbvias” para o especialista que está projetando. Entretanto, para a análise de outros envolvidos, a informação em geral é desconhecida e, por não estar representada, não é levada em consideração.

- Simplificação: o projetista simplifica uma determinada representação, alterando o volume real do objeto ilustrado.

- Fragmentação: a fragmentação está relacionada à separação da informação em várias vistas ortográficas (planta, elevação, corte) e pode ser agravada com a eventual representação destas vistas em folhas separadas. O esforço cognitivo é aumentado quando é necessário correlacionar informações representadas em duas vistas diferentes, favorecendo o erro.

Com o aumento da complexidade dos edifícios na atualidade, as técnicas de tradicionais CAD, embora fundamentais, tornaram-se insuficientes para atender às novas demandas de precisão e rapidez no ciclo de vida do edifício (Florio, 2009).

Enquanto a arquitetura tradicional era a materialização de desenhos realizados sobre o papel, a arquitetura contemporânea é a materialização das técnicas digitais que permitem a concepção de objetos com alto nível de complexidade (Nardelli, 2007).

Para Kolarevic (2003), não restam dúvidas: uma nova arquitetura está emergindo da revolução digital ao encontrar sua expressão em formas curvilíneas de alta complexidade que, pouco a pouco, vão se incorporando às principais tendências.

Nardelli (2007) complementa que o perfil do arquiteto contemporâneo se estende muito além da síntese de um gesto em direção a uma sólida formação em tecnologia digital. Este aspecto também é comentado por Pentilla (2006), que afirma que o profissional contemporâneo precisa ser, antes de tudo, um excelente comunicador e coordenador, capaz de lidar com desenvoltura com a infinidade de equipamentos e aplicativos de comunicação digital de que dispomos atualmente e, ao mesmo tempo, capaz de coordenar o fluxo de toda essa informação que, muitas vezes, acontece de forma assíncrona e à distância.

Nota-se, na prática, que as empresas de arquitetura usualmente utilizam croquis e *softwares* 3D, ainda que, muitas vezes, o modelo seja criado para fins de visualização, renderizações e extração de imagens, com o objetivo de proporcionar uma visão tridimensional e apresentar a estética da edificação aos clientes. A representação tridimensional utilizada durante o processo de desenvolvimento de projeto pode representar mais completamente a informação espacial, reduzindo abstrações, especialmente nas etapas de análise (Kymmel, 2008).

Eastman *et al.* (2008) apontam que um número crescente de ferramentas de fácil uso e modelagem rápida, concebidas não para a produção pesada de projeto, mas como aplicativos leves e intuitivos, está disponível e se tornou um aspecto invisível do processo criativo do projetista. O *SkechtUp, Rhino* e o *Dprofiler* (*softwares* utilizados para a avaliação de custos), são citados pelos autores, que salientam que nenhuma das ferramentas fornece o amplo aspecto de funcionalidade necessário para esta fase, e a fácil interoperabilidade entre as ferramentas ainda não é uma realidade. Dentre eles, poucos são capazes de operar fácil e eficientemente com *softwares* BIM, e exigem que os usuários mantenham habilidades em inúmeros programas, cada um contendo interfaces diferentes. Florio (2007) também afirma que esses modelos 3D utilizados para propósitos de visualização são pouco mais do que desenhos tridimensionais.

Essas ferramentas dão suporte à facil elaboração de croquis de formas geométricas usadas na arquitetura, mas em geral não suportam tipos de objeto ou propriedades diferentes de cores de materiais, os quais são úteis para representação (Eastman *et al.*, 2008).

A modelagem da geometria é uma das partes essenciais do processo de modelagem do edifício, mas não é única. Uma das características que distinguem um modelo BIM de um modelo convencional em 3D é a possibilidade da criação de propriedades nos elementos. (MANZIONE, 2013).

Devido à falta de eficiência dessas ferramentas, quanto a criação de propriedade, o que acontece em geral é que os resultados dessas aplicações devem ser transferidos para uma ferramenta de projeto BIM. Uma das possíveis soluções é que as ferramentas interativas BIM expandam suas habilidades para incluir as funcionalidades dos *softwares* de conceituação de projeto (Eastman *et al.*, 2008).

Atualmente a nova versão 2016 do Skechtup passou por aperfeicoamento no que se refere a integração com outras soluções. Gaspar (2015) cita algumas aualizações do software quando se trata de integra-lo em sistema de trabaho baseado em BIM. Entre eles destaca a capacidade de geração de relatórios dos quais é possivel extrair quantitativos e fazer orçamentos.

Tambem é possivel classificar um objeto como sendo uma porta IFC (IfcDoor) sendo possível anotar o modelo da porta, o fabricante, o custo, entre outras informações. Estes dados ficam “presos” ao objeto de modo que, se ao exportar o objeto em IFC e abri-lo em outro software (como o Vectorworks, ArchiCAD, Revit, Tekla BIMsight, entre outros), os dados da etiqueta serão exportados também. Percebe-se que a atualização do softwares contribui para a integração do modelagem da informação ainda dentro da empresa de arquitetura.

Jernigan (2007) comenta que o uso do BIM nas etapas iniciais de projeto deve considerar o fato de que adicionar muitos dados não é econômico nessa etapa, e que, na modelagem, os modelos nunca estão completos, pois crescem ao longo do tempo. O autor aconselha a criação de um modelo que contenha o suficiente para suportar as necessidade correntes.

Perceb-se entao que nas fases inciiais dos projeto, com uso de tecnolgia o aprundamento nas funcionalidade de a interoperabildade de softwares de criação e modelagem pode otimizar o processo de projetar. A definição da quantidade de

informações agregadas ao modelo nestas etapas iniicias tambem é fundamental para que se possa controlar a qualidade das informações. Nestas fases a defionição dos usos do modelo pode ser fundamental para que tais decisoes sejam tomadas.

Já na fase de desenvolvimento do projeto, o *designer* necessita de um pensamento convergente. Ele precisa escolher uma das alternativas testadas inicialmente e, a partir disso, verificar a adequação e a viabilidade técnica. Nesse estágio, após o problema ter sido definido, as variáveis já foram identificadas e os objetivos e limites estão claros. É por essas razões que o desenvolvimento do projeto pode ser mais facilmente realizado por desenhos computacionais, onde se exige maior precisão e a definição de todos os elementos que comporão o edifício (Florio, 2007).

Os *softwares* de modelagem incluem regras de colocação e composição que podem acelerar a geração da documentação padrão e fornecem a opção de acelerar o processo e aumentar a qualidade (Eastman *et al.*, 2008).

A geração de desenhos é uma importante capacidade da produção do BIM. A representação de um único modelo garante consistência e automatiza a maioria dos aspectos de produção do desenho. O modelo único gera todas as plantas, cortes, elevações e detalhamentos, eliminando o risco de duplicação de informações e má interpretação do projeto. Também promove uma melhoria na comunicação dentro da equipe de projeto (Arayiaci *et al.*, 2011), à medida que a colaboração exige que os profissionais trabalhem juntos.

As axonométricas seccionadas contribuem muito mais do que os cortes em 2D. A somatória das múltiplas visualizações bi e tridimensionais contribui para aprofundar o conhecimento do projeto realizado. O modelo contribui para integrar aquilo que o rebatimento de planos das projeções ortogonais tradicionais – planta, corte e elevação – fragmentou.

Ao contrário dos desenhos 2D e 3D, baseado em entidades e não em elementos construtivos, que contribuem para a falta de compreensão do sistema construtivo, o processo BIM melhora sensivelmente a visualização espacial do que está sendo concebido.

Com isso, os graves erros na representação nos desenhos técnicos de arquitetura, decorrentes do desconhecimento da sequência de execução das ordens de serviço na obra, tendem a diminuir, pois os detalhes dos encaixes e montagens podem ser analisados de perto durante a modelagem. Assim, os desenhos abstratos, sem quaisquer vínculos com a realidade da construção, são substituídos por desenhos precisos e detalhados.

Dessa forma, o edifício é analisado de uma forma integral, onde pode-se visualizar dentro e fora simultaneamente. O grande ganho está em simular, ao mesmo tempo, aspectos técnicos, estéticos e perceptivos (Florio, 2007).

Apoiado por bibliotecas apropriadas, o tempo de produção da documentação da construção pode ser significativamente reduzido, ao mesmo tempo em que se garante maior confiabilidade nas informações de projeto e, consequentemente, em sua qualidade.

O acesso às informações no tempo requerido e no formato adequado está diretamente relacionado à qualidade e à quantidade de informações produzidas durante o trabalho projetual (Gu; London, 2010). O BIM proporciona a capacidade de geração de maior quantidade de informações, sem sacrificar a qualidade.

Nas etapas mais avançados de projeto a quantidade de dados agregados se torna maior. A qualidade dos dados está relacionada às normas técnicas, padrões utilizados pela indústria e requisitos específicos de projetos e disciplinas. Já a qualidade de um projeto desenvolvido em BIM está relacionada à representação de decisões de engenharia e de arquitetura, e, portanto, demanda a avaliação de profissionais que detenham conhecimentos específicos sobre essas áreas. (CBIC, 2015).
Aqui a quantidade de informações geométricas e não geométricas atinge seu maior grau dentro do processo de projeto de arquitetura. Cabe ao arquiteto que utiliza o BIM um duplo trabalho de garantir a qualidade e quantidade de dados. Percebe-se com isso a revolução tecnológica que impacta o processamento das informações e tem potencial para afetar a essência dos processos e dos produtos da arquitetura.

Do ponto de vista dos processos de arquitetura a capacidade de melhor visualização do projeto traz maior consistência e segurança quanto as decisões tomadas e obriga o profissional a ter maior responsabilidade já que a quantidade de informações entregues é muito maior. Alguns testes de verificação da qualidade do modelo podem ser realizados tais como listas de verificação, vistas especificas para controle ou verificações automáticas realizadas por alguns softwares. (CBIC,2015)

Com o uso do BIM, do ponto de vista do ciclo de vida do empreendimento a consistência da qualidade e quantidade das informações torna-se mais importante.
A colaboração com os demais agentes será tratada a seguir.

2.7. Colaboração

Globalmente, o conceito de modelagem da informação da construção foi introduzido com o intuito de implementar um processo colaborativo integrado para projetos de empreendimentos. Seu uso agrega valor, desde que as informações geradas durante o processo sejam compartilhadas e gerenciadas adequadamente (ABAURRE, 2013).

Segundo publicação do AIA (2010), os modelos contêm informações sobre a construção de empreendimentos muito além do que a maior parte das empresas de projeto no mercado americano poderiam deter. Os modelos não são somente ferramentas de desenho, eletrônicas ou renderizações tridimensionais, separadas da etapa de construção e seus documentos.

Em pesquisa realizada com amostra de um grupo de projetistas na cidade de São Paulo, Manzione *et al.* (2011) afirmam que a maior parte do grupo analisado entende colaboração apenas como “cumprimento de prazos e do escopo do projeto”, o que demonstra falhas de compreensão do conceito, levando a falhas no seu relacionamento com os demais agentes do processo.

Além disso, outra parcela considerável dos respondentes considera como postura colaborativa alertar o cliente sobre problemas nas especialidades dos demais projetistas, enquanto uma parcela menor tem a preocupação de dar retorno também

aos respectivos autores dos projetos.

As empresas de arquitetura são o objeto de análise desta dissertação e a colaboração entre elas e os demais agentes da cadeia produtiva promovem diversas alterações na sua maneira de implantar a modelagem da informação da construção.

A colaboração ocorre primeiro no ambiente interno da empresa de arquitetura, modificando a maneira de produção de projeto por meio da tecnologia, conforme abordado nos subcapítulos anteriores. Posteriormente, a colaboração se inicia na relação dos projetos e modelos de arquitetura com as demais equipes de projeto. As questões relacionadas às possiblidades de interoperabilidade de *softwares* se evidenciam nessa fase.

A ausência de modelos de uma determinada disciplina afeta diretamente a equipe de projeto de arquitetura. Simultaneamente, a colaboração com os demais agentes de projeto se desenvolve, sejam eles proprietários ou construtores. A relação das empresas de arquitetura com esses agentes também impacta a implantação e os resultados obtidos por meio dos modelos, para atendimento das necessidades dos clientes.

Succar (2008) aborda o efeito do BIM nas fases de ciclo do empreendimento. No primeiro estágio considera a geração de modelos de disciplinas únicas dentro do projeto, construção ou operação. No Estágio 2, os agentes colaboram ativamente com agentes de outras disciplinas. A colaboração pode acontecer dentro de uma fase ou entre duas fases do ciclo de vida do empreendimento. Exemplo disso são os intercâmbios entre projeto ou entre projeto e construção.

Baseada nesses dois estágios, a colaboração, do ponto de vista das empresas de arquitetura, será brevemente comentada a seguir. Esse recorte deve-se aos dados coletados nos estudos de caso, já que não foram verificadas experiências com o Estágio 3, no qual teríamos a integração de modelos, sendo criados, compartilhados e mantidos colaborativamente.

2.7.1. Colaboração entre empresas de projeto

Para a obtenção de sucesso com a implementação da modelagem, alguns aspectos relacionados à tecnologia e aos processos da construção civil devem ser desenvolvidos.

Segundo o relatório *Interoperability in the Construction Market* (McGRAW HILL, 2007), a interoperabilidade, seja ela técnica – referente à possibilidade de troca e gerenciamento de dados eletrônicos, ou cultural – referente às relações colaborativas que devem ser estabelecidas entre os membros das equipes interdisciplinares do empreendimento, é uma das premissas básicas para que exista a troca de informações e dados da Modelagem da Informação entre a equipe do empreendimento.

Os primeiros modelos produzidos e utilizados ao longo do ciclo de vida do empreendimento têm início nas empresas de projeto. É no relacionamento entre essas empresas que se inicia a colaboração no processo de modelagem da informação.

Succar (2008) demonstra que o projeto do empreendimento durante o seu ciclo de vida avança por meio de três fases: Projeto, Construção e Operação. Estas fases também podem ser subdivididas em subfases.

No caso da etapa de Projeto, as subfases previstas pelo autor são:

P1: conceituação, programação e planejamento de custos.
P2: projetos de arquitetura, estrutura e sistemas.
P3: análise, detalhamento, coordenação e especificação.

Segundo Bedrick (2008), a responsabilidade da inserção de informações ao modelo é compartilhada entre muitos agentes, como na modelagem de uma parede de gesso acartonado, em que as informações da sua geometria são determinadas pela arquitetura, os custos pela construtora e os materiais para atender aos critérios de isolamento térmico e acústico pelos projetistas de instalações ou, ainda, por

consultores específicos, criando diversas entradas de informação advindas de diferentes agentes para um único componente do modelo.

Para ordenar essas entradas de informações, o AIA desenvolveu um documento para definir os autores dos componentes do modelo, que especifica quem é o agente responsável pela criação do elemento no modelo virtual, o qual, porém, não necessariamente, será o único responsável pelas informações referentes ao elemento modelado (BEDRICK, 2008).

Uma das grandes barreiras na adoção da modelagem da informação acontece dentro do próprio setor de projetos e está relacionada à falta de interoperabilidade no uso da tecnologia dentro das equipes de projeto.

Eastman *et al.* (2008) apontam que o desafio principal do BIM reside na necessidade de todas as partes de projeto de um empreendimento concordarem com novos métodos de trabalho colaborativos. A colaboração às vezes envolve solução de problemas entre equipes, em que cada participante entende apenas parte do problema. A maioria das pessoas é apta a ler e entender modelos 3D, o qual permite que um planejamento e um processo de revisão sejam mais inclusivos e intuitivos.

A oportunidade de colaboração próxima entre projetistas requer definição de estruturas de intercâmbio de dados que são aptas a dar suporte à colaboração e a manter consistência entre os modelos, na medida em que que as revisões de projeto são realizadas (EASTMANN *et al.*, 2008).

O uso do BIM requer da equipe de projeto uma integração muito diferente da que ocorre nos moldes tradicionais de projeto. A conformação da equipe influenciará diretamente os resultados finais obtidos e um efetivo gerenciamento dos recursos humanos torna-se fundamental para a obtenção de um resultado satisfatório com o uso da ferramenta (KYMMEL, 2008).

O desenvolvimento do projeto de arquitetura requer o uso de modelos que são de autoria de outras disciplinas: modelo de estrutura de concreto, modelo de fundações e modelo de estrutura metálica, entre outros possíveis. Estes componentes se ligam

estreitamente ao projeto de arquitetura e, além de serem compatibilizados como soluções de projeto, precisam efetivamente estar integrados e visíveis nas documentações de projeto. O processo tradicional de projeto, por meio de desenhos 2D, já exigia interdependência e constante troca de dados entre os dois projetos. A criação de uma forma implica na elaboração de uma estrutura e, em consequência, na escolha dos materiais, dos processos construtivos e dos requisitos de custos ou estéticas que permitem sua materialização.

Rebello (2006) afirma que a estrutura e a forma, ou a estrutura e a arquitetura, são um só objeto, e assim sendo, conceber um implica em conceber o outro. A arquitetura e a estrutura nascem juntas e quem concebe a arquitetura também concebe a estrutura.

O processo de troca entre projetos nos estágios iniciais é muito dinâmico, até que se atinjam as soluções que preenchem os requisitos dos dois projetos. Para tanto, a troca de modelo e a facilidade de interoperabilidade entre os *softwares* de modelagem tornam-se fundamentais para apoiar esse processo quando da utilização de tecnologia BIM.

Os modelos de projetos de sistemas prediais, tais como de elétrica, hidráulica e ar condicionado, têm um impacto diferente no modelo de arquitetura e, usualmente, não são concebidos de maneira simultânea. O projeto de arquitetura parcialmente concebido fornecerá os dados de entrada para que os sistemas possam ser desenvolvidos. Nas fases iniciais, pretende-se definir as principais características dos subsistemas, tais como volumes de reservatórios, espaços técnicos, etc. Formulam-se os requisitos de cada subsistema, gerando diretrizes para as etapas anteriores (FARINA, 2002).

Do ponto de vista dos arquitetos, são projetos que se integrarão e se complementarão, com uma necessidade grande de compatibilização.

Nesse caso, o uso de *softwares* de checagem de interferências pode se mostrar essencial. Do ponto de vista do BIM para Sistemas Prediais, Farina (2014) afirma que a compatibilização 3D traz à equipe de projeto o entendimento completo da

localização e passagens dos sistemas nos espaços previstos na arquitetura. A intensidade das reuniões é claramente maior com a exposição do modelo BIM, possibilitando consultas imediatas das situações geradas pelas disciplinas e auxiliando na visualização de alternativas. O guia da *Penn State* reconhece como um dos objetivos do BIM a coordenação 3D, identificando-a como um processo no qual *softwares* de checagem de interferências são utilizados no processo de coordenação para determinar conflitos, comparando modelos 3D de sistemas de construção. Sua meta é eliminar os grandes conflitos. Os potenciais valores agregados a essas atividades são, entre outros, a coordenação dos projetos por meio dos modelos de construção e a visualização da construção.

A Modelagem da Informação da Construção traz essa possibilidade, sendo, nesse momento, um catalizador do entendimento dos sistemas do edifício e um facilitador da Coordenação de Projetos e da equipe (FARINA; COELHO, 2015).

Em sua dissertação, Góes (2011) apresenta resultados para comparação entre a compatibilização de projetos 2D e 3D utilizando-se de ferramentas BIM. Conclui que a quantidade de interferências detectadas ao se utilizar o modelo BIM como ferramenta de compatibilização foi 78,7% maior do que as percebidas pelo processo de compatibilização em duas dimensões. Discriminando-se os problemas pelas fases de projeto, a quantidade detectada a partir do modelo virtual foi 50% maior no projeto básico, e no projeto executivo, 123%.

Farina; Coelho (2015) concluem, num estudo de caso, que o uso da modelagem da informação com enfoque específico da coordenação 3D apresentou destaque nos seguintes aspectos:

- A visão sistêmica proporcionada para toda a equipe, com o convencimento rápido e objetivo das necessidades do projeto;

- A possibilidade de se efetuar uma análise técnica abrangente como especialista de Sistemas Prediais;

- O estímulo dos projetistas ao entenderem o contexto de sua especialidade no todo e a possibilidade de aproveitamento do trabalho para melhoria do projeto, bem como para a capacitação de sua equipe;

- A segurança na tomada de decisão dos coordenadores, que, ao compartilharem da visão do trabalho, percebem o grau do risco a ser assumido nas suas decisões; e

- O estímulo de levar o modelo ao canteiro de obra para que servisse de material de consulta para as empresas executoras.

2.7.1.1. Colaboração entre as empresas de projetos e os demais agentes

As empresas de projeto, dentro do ciclo de vida do empreendimento, têm relação direta e indireta com diversos agentes da cadeia. Conforme abordado anteriormente, além da colaboração interna, seguida da interação com os demais projetos, as empresas de arquitetura se relacionam diretamente com seus clientes finais. Dentre o escopo desta pesquisa, consideram-se como clientes finais os proprietários-incorporadores (organizações que iniciam e financiam a construção) e os construtores. A relação dessas empresas com os fabricantes também deve ser considerada, ainda que aconteça em seu ambiente interno e afete posteriormente os dois agentes principais por meio da quantidade e da qualidade dos dados imputados no modelo.

Os proprietários podem ser os maiores beneficiários do BIM e, segundo Eastmann *et al*. (2008), os que visualizam todo o ciclo de vida de seus empreendimentos. Esses agentes podem usar modelos de edifícios de diversas formas estratégicas.

Pode-se pensar em dois tipos de proprietários: os que operam o empreendimento durante todo seu ciclo de vida e os proprietários incorporadores, que serão proprietários por um período mais curto, típico dos empreendimentos residenciais. A maior diferença é como eles usarão o BIM dentro de suas organizações: enquanto um

o utilizará internamente, o outro irá instruí-lo e gerenciar seu processo (EASTMANN *et al.*, 2008).

Quando a iniciativa de uso do BIM parte desses agentes, eles poderão, a princípio, iniciar as exigências de uso da tecnologia e definir os protocolos de troca de informação e gestão da comunicação entre os agentes do processo, a estrutura e os formatos da informação e arquivamento. Essas definições impactarão o desenvolvimento dos projetos desde seus estágios iniciais, estabelecendo diretrizes não só nos processos de projeto, mas também nos de modelagem.

A construtora é um outro agente que pode determinar o uso do BIM ou seguir as exigências determinadas por proprietários-incorporadores.

Quando os modelos produzidos por equipes de projeto são utilizados na fase de construção, outras definições podem determinar direcionamentos para a produção dos projetos. Um dos últimos pontos apontados por Eastman *et al.* (2008) é a integração projeto-construção. Os autores afirmam que um empreendimento de construção requer o projeto não apenas do produto construído, mas também do processo de construção. Esse reconhecimento está no centro da integração projeto-construção. Um modelo completamente detalhado ainda não fornece informações suficientemente definidas para a construção de um edifício. O modelo omite especificações técnicas de materiais, acabamentos, níveis de qualidade, procedimentos construtivos. Esse conjunto de informações é necessário para administrar a realização da construção.

Sendo assim, a extensão de uso do modelo, quando determinada pela construtora, definirá o nível de detalhamento do modelo, com impacto direto na elaboração dos projetos.

O uso para checagem de interferências exigirá um detalhamento diferente do levantamento de quantitativos e estimativa de custos ou planejamento de obra. Essas definições são essenciais para direcionar a produção dos projetos e dos modelos. O método pelos quais esses agentes executam tais atividades também influenciará, de alguma forma, a produção do modelo. Como exemplo, Eastmann *et al.* (2008)

destacam três formas de como a orçamentação pode ser elaborada a partir de um modelo. A colaboração entre o proprietário ou construtor com as equipes de projeto também será fundamental para que a colaboração entre as equipes de projeto aconteça, a partir da determinação de protocolos de trabalho formalizados ou não por um Manual BIM da empresa.

Quanto aos fabricantes, sua relação com as empresas de projeto permite que sistemas de produtos sejam selecionados facilmente, de forma que os *layouts* possam ser elaborados uma vez de maneira consistente. Existem milhares de fabricantes à disposição dos arquitetos. A situação ideal para a definição dos elementos de projeto, por exemplo, seria que os fornecedores disponibilizassem seus catálogos num formato neutro, de modo que fosse possível baixar os objetos da internet com todas as especificações, incluindo-os diretamente no projeto. Com a disponibilidade dos componentes pelos fabricantes, seria possível reduzir o tempo gasto pelos projetistas com a modelagem, permitindo a inserção de objetos mais detalhados e alinhados aos produtos efetivamente disponíveis no mercado. Além disso, os fabricantes seriam responsáveis pela consistência das informações fornecidas, que poderiam estar sendo atualizadas constantemente (IBRAHIM; KRAWCZYK; SCHIPPOREIT, 2004).

Abaurre (2013) comenta que a antecipação de atividades e decisões nos processos colaborativos da modelagem da informação da construção leva à ocorrência simultânea dos projetos, com trabalhos de engenharia de planejamento e controle de qualidade. Esse seria o Estágio 3 proposto por Succar (2008), no qual haveria a colaboração e a integração de todos os agentes do ciclo de vida do empreendimento, alcançando um estágio mais avançado de colaboração, o PPI – Processo de Projeto Integrado, ou *IPD – Integrated Project Delivery*. De acordo com o AIA, o projeto integrado vai além da tríade básica de projeto: proprietário, arquiteto e empreiteiro. O processo inclui a colaboração estreita entre os agentes envolvidos, desde a concepção inicial até a entrega do projeto, e é um enfoque para a implementação de empreendimentos que integram pessoas, sistemas, estruturas de negócios e práticas profissionais em um processo altamente colaborativo (*IPD Guide*, 2007).

3. ESTUDOS DE CASO

3.1. Seleção dos Casos

Como critério de seleção e definição dos estudos de caso, considerou-se empresas de arquitetura que já tivessem ultrapassado as etapas iniciais de implementação da tecnologia BIM e que estivessem, efetivamente, utilizando a ferramenta em parte ou em todos os seus projetos. Outro critério aplicado foi a seleção de empresas com projetos considerados estratégicos, clientes do setor de edificações, especialmente do mercado imobiliário, com projetos de médio e grande porte. Ainda se ponderou a possibilidade de selecionar empresas que utilizassem *softwares* distintos, favorecendo o enriquecimento os dados com a finalidade de que as análises e a discussão se dessem a partir de uma única ferramenta de trabalho.

A possibilidade de divulgação de projetos e dados internos, além da aderência da empresa na participação da pesquisa, com disponibilidade para receber visitas constantes, finalizaram os critérios. Antes da escolha final, foram realizadas visitas ou entrevistas prévias com doze empresas, das quais foram escolhidas três, duas em São Paulo e uma em Porto Alegre. A partir da definição das empresas, deu-se início à coleta de dados de ordem qualitativa, com base nos discursos dos arquitetos e dos demais envolvidos no projeto, na avaliação do material produzido e na maneira como é produzido e disponibilizado aos demais membros da equipe de projeto e ao cliente final.

Como isso, buscou-se entender as alterações nos processos de gestão das empresas, como foram implantadas as novas tecnologias, em que medida se apropriaram das suas funcionalidades ao longo do desenvolvimento de alguns projetos, quais benefícios e dificuldades foram encontradas e como se deu a integração das equipes de projeto e sua relação com o cliente final.

A definição do projeto foi feita pelas empresas, tendo como critério, além da importância do uso da tecnologia no seu desenvolvimento, a disponibilidade dos casos para a pesquisa. Para preservar a confidencialidade dos clientes e empresas, optou-

se por não revelar os nomes dos escritórios, dos profissionais e dos empreendimentos. A limitação de tempo de pesquisa e o longo período dedicado à elaboração de um projeto arquitetônico em todas as suas fases condicionaram os procedimentos metodológicos adotados. Alguns projetos foram acompanhados ao longo das fases de conceituação, estudos preliminares e básicos, enquanto que, em outros, foi possível analisar as documentações finais. Foram respeitados os processos de projeto analisados e a denominação das fases de projeto de cada empresa estudada.

3.2. Empresa "A"

3.2.1. Perfil da Empresa

EMPRESA A	
São Paulo, SP	localização
4 sócios + 40 funcionários	equipe
Pequena Empresa	porte
Revit	software de modelagem
Desde 2015	modelagem da informação

Figura 8 – Empresa A. Fonte: Autora

Esta empresa é franco-brasileira e tem sua base em São Paulo, desde 2000, e em Paris, desde 2008. Atua em projetos de arquitetura e de design de interiores, para diversos segmentos de construção, tais como residências de alto padrão, edifícios comerciais e residenciais, hotéis e retrofit, no Brasil e na França.

Atende também o mercado imobiliário com destaque para alguns projetos de edifícios residenciais que obtiveram grande visibilidade. Destaca-se em seu ramo de atuação por variadas publicações e premiações de seus projetos, incluindo exposições em Bienais. A empresa participa ativamente de concurso de arquitetura e acabou crescendo com propostas de design arrojado, utilizando conceitos como sustentabilidade, customização e usabilidade.

3.2.2. Gestão da Empresa

Seu quadro de colaboradores conta com quatro arquitetos diretores e uma equipe de aproximadamente 40 pessoas, brasileiros e franceses, arquitetos e estagiários e varia bastante conforme a quantidade de projetos.
A área de gestão é composta por cinco pessoas: um coordenador geral, dois gestores financeiros, um gestor de marketing e comunicação, um gestor comercial e uma secretária. Um dos arquitetos diretores gerencia esse setor enquanto que os demais se dedicam as áreas técnicas de projeto.

A empresa hoje possui três núcleos distintos de produção: um núcleo de projeto geral, um núcleo de projetos de interiores e um núcleo especial, objeto de estudo deste trabalho. O núcleo especial conta hoje com nove pessoas, mas a equipe varia bastante conforme a fase de projeto e as demandas do cliente e funciona na pratica de forma quase independente dos demais, tanto em produção de trabalho, quando em espaço físico e gestão financeira.

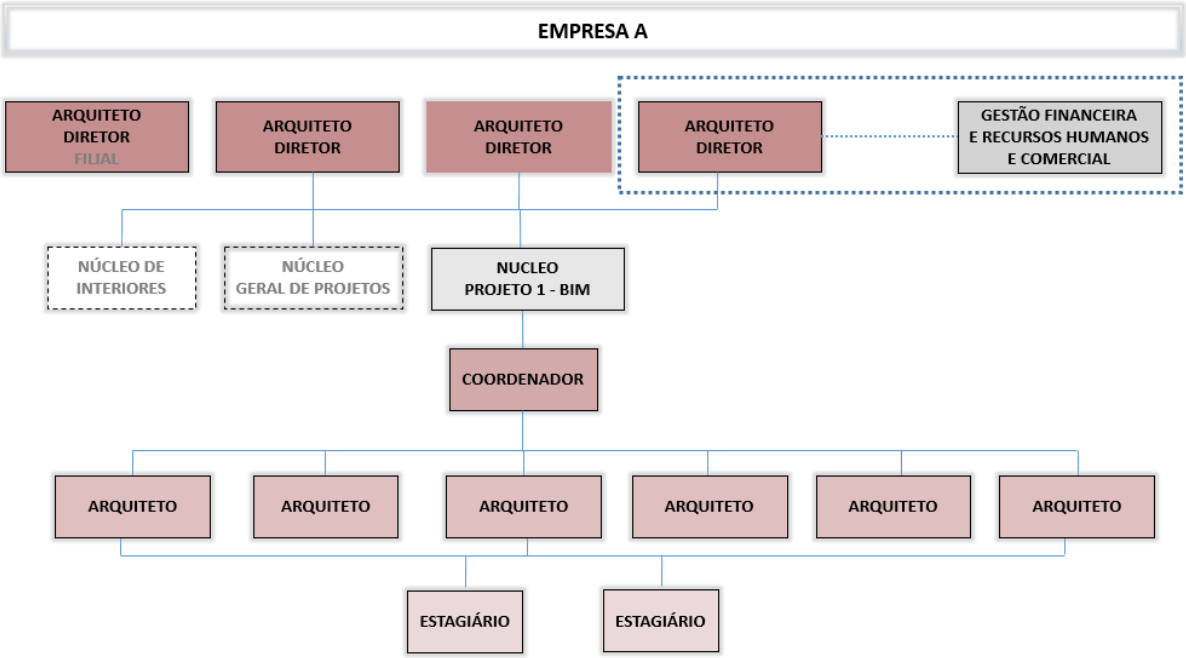

Figura 9 – Estrutura da Empresa A. Fonte: Autora

O objetivo da implementação da modelagem não teve caráter de posicionamento estratégico perante o mercado. Surgiu como atendimento a uma demanda única de um grande cliente para um projeto que traria boa projeção a empresa.

Para esse projeto, houve investimento inicial da empresa tanto em treinamento da equipe, quanto na compra de licenças de *software*. Também foi necessária a compra de novos equipamentos, já que os existentes não suportavam o novo *software*. Todo o investimento foi feito em fases, devido ao seu alto custo.
No início, parte da equipe ainda utilizava computadores ultrapassados e tinha dificuldades no desenvolvimento do trabalho. Foi necessário contar com um servidor exclusivo devido ao porte do projeto e à necessidade da equipe de trabalhar colaborativamente.

Tais fatos, relatados pelo gestor financeiro, demonstraram que a empresa não se preparou estrategicamente para esse momento. O projeto surgiu como uma oportunidade de negócio e os custos iniciais da implementação não foram previstos no orçamento e entraram como custos do projeto. Houve impacto no planejamento financeiro e um certo desequilíbrio decorrente do pouco planejamento tanto no início

do projeto quanto ao longo do seu desenvolvimento, já que novos investimentos eram indispensáveis para que a tecnologia fosse implantada ao mesmo tempo em que o projeto era desenvolvido. As necessidades se apresentavam com imprevisibilidade, obrigando novos planejamentos constantemente.

Num primeiro momento, ocorreram mudanças na estrutura interna, e houve necessidade de parceira com uma segunda empresa de arquitetura, que assumiria a gerência do projeto e o contato com o cliente temporariamente. Um dos sócios acompanhou o desenvolvimento do trabalho junto do gerente durante todo o tempo.

A parceria perdurou pelo período aproximado de seis meses, quando uma coordenadora interna foi contratada. Essa profissional era responsável pela coordenação da equipe de produção e participava ativamente das reuniões com os clientes junto aos sócios da empresa. Uma nova equipe, montada especialmente para esse projeto e alocada em sala à parte do restante da produção, também demonstrava a mudança estrutural na empresa, tanta em recursos tecnológicos como em recursos humanos.

No que diz respeito à capacitação, parte da equipe recebeu um treinamento básico do *software* a ser utilizado, enquanto que os demais já foram contratados por possuírem conhecimentos prévios, ainda que limitados, sobre a ferramenta.

Em entrevistas com cada membro da equipe, identificou-se que possuíam diferentes níveis de conhecimento do *software*. Na equipe inicial, composta por quatro arquitetos, dois estavam em fase de conhecimento básico, um havia participado de um projeto em fase de anteprojeto e um possuía experiência em vários projetos, da concepção ao executivo. A coordenadora havia passado por um treinamento inicial, mas nunca tinha participado de um projeto que utilizasse modelagem. O gerente possuía experiência anterior com projetos elaborados em *softwares* de modelagem diferentes do adotado e reconhecia algumas dificuldades e alguns benefícios, apoiando durante todo o processo o uso exclusivo do *software* de modelagem em detrimento do CAD 2D.

A diretoria da empresa não recebeu nenhum tipo de treinamento prévio ao início da implantação e também não possuía conhecimentos básicos operacionais da ferramenta.

3.2.3. Implementação da Modelagem da Informação

No caso da Empresa “A”, a implementação da modelagem aconteceu em apenas um projeto, iniciado em março de 2015, e não na empresa como um todo. O porte do projeto exigiu a montagem de uma equipe especialmente dedicada para desenvolvê-lo, localizada em uma sala à parte dos demais núcleos da empresa.

A implementação da modelagem ocorreu a partir da exigência de uso da tecnologia solicitada pelo cliente e foi essencial para que pudessem ganhar a concorrência frente aos seus concorrentes. É importante salientar que este foi o primeiro projeto da empresa utilizando a modelagem da informação da construção e que não havia experiências anteriores em nenhuma de suas equipes. A empresa como um todo utilizava CAD 2D, além de outros *softwares* 3D, tais como *SketchUp* e *3D Studio Max*. Possuía grande experiência no uso destes *softwares* e uma cultura forte na visualização da concepção em formato tridimensional por meio do uso extensivo de maquetes físicas.

A Empresa “A” tinha pouco embasamento teórico sobre as dificuldades e as potencialidades da implementação da modelagem, e não possuía expectativas em relação à implantação: seu único objetivo era o atendimento das demandas do cliente.

No início do projeto, contratou-se uma consultoria com o objetivo de assegurar que a modelagem fosse aderente às necessidades do cliente e de potencializar a produção do projeto, que ainda continuava a ser desenvolvido parcialmente em CAD 2D. Coube à consultoria o papel de iniciar a modelagem, estabelecendo alguns padrões de trabalho e novos processos para a equipe. Também foram necessários alguns treinamentos complementares do uso de funcionalidades do *software* para o trabalho colaborativo, feitos *in loco*.

A implementação acabou acontecendo em paralelo ao processo de produção do projeto, gerando demandas conflituosas em momentos críticos de entregas parciais de trabalho. Também coube à consultoria o início da organização da metodologia de trabalho para a colaboração interna, com a divisão do modelo, inicialmente em dois arquivos.

Ao longo do desenvolvimento do projeto e seu amadurecimento, a inserção de informações e detalhamentos impossibilitou a continuidade da modelagem em dois arquivos. Até o momento final de coleta de dados para esta pesquisa, o modelo encontrava-se dividido em quatro partes.

Junto da equipe de projeto, a consultoria participou das reuniões iniciais de definição de usos do modelo com o cliente e foi responsável pela criação de um *template* inicial de trabalho, sem que este fosse fiel aos padrões gráficos dos demais núcleos da empresa. A implementação ocorreu nesse formato principalmente pela falta de tempo e de planos. O objetivo era a criação de padrões de projeto específicos para o projeto, que poderiam ser alterados posteriormente, bem como uma biblioteca de componentes que atendesse às necessidades primárias de construção do modelo.

A consultoria foi finalizada após quatro meses, assim que a modelagem da etapa de anteprojeto foi concluída e toda a equipe já estava produzindo o projeto no *software* de modelagem. Ao longo do desenvolvimento desse projeto, a empresa teve mais duas demandas para a produção de projetos com a tecnologia BIM no núcleo geral de projetos. Para tanto, um arquiteto foi contratado com a finalidade de criar um *template* baseado nas políticas específicas de BIM exigidas pelo contratante. O projeto transcorreu de forma tradicional enquanto era paralelamente modelado nos padrões exigidos. Posteriormente, este profissional foi integrado ao núcleo especial do “Projeto 1”.

3.2.4. Benefícios e Dificuldades

Os benefícios e as dificuldades avaliados neste estudo de caso relacionam-se ao primeiro projeto que a Empresa “A” utilizou a modelagem da informação. Apesar disso,

é importante destacar o início de disseminação do uso do *Revit* para núcleo geral de projetos, com a modelagem de dois projetos – um finalizado e outro em elaboração.

Pode-se considerar como benefício, então, a capacidade da empresa em atender novas demandas a partir da implantação do BIM em um único projeto. Um dos profissionais do núcleo especial foi destacado para colaborar com o desenvolvimento dos projetos, e essa experiência proporcionou a criação de um *template* básico que refletia seus padrões gráficos estabelecidos. Ao mesmo tempo, novos arquitetos foram treinados para dar continuidade aos trabalhos.

Dentro do projeto piloto, um dos benefícios identificados foi o fato de que a visualização do projeto em três dimensões possibilita maior capacidade de resolução dos problemas de projeto. A capacidade do *software* de gerar desenhos automáticos, ainda que com necessidade de edição posterior, facilitava a criação de documentação ao mesmo tempo em que possibilitava a inserção de mais peças gráficas que caracterizavam as soluções de projeto. A partir do modelo foram gerados diversos detalhes de projeto com maior facilidade. A equipe relatou que a produtividade foi maior se comparada com a maneira tradicional de produção dos mesmos desenhos no *AutoCAD*. Nesse caso específico, a dimensão do projeto se beneficiou da automatização de revisões e, principalmente, da capacidade do *software* de organizar a documentação de projeto.

Como dificuldade, a falta de padronização de projeto prévia demandou muito tempo em discussões internas. Apesar de possuírem uma biblioteca básica de componentes que antecedeu o início da modelagem, a falta de organização prévia resultou em tempo gasto para a produção de componentes específicos do projeto que necessitavam de maior atenção, devido à sua especificidade. Nessa mesma linha, por falta de organização, a biblioteca de componentes não possuía parâmetros compartilhados nos objetos ou seguia uma padronização de dados por objeto ou por famílias. Com isso, a capacidade do *software* de gerar tabelas organizadas era reduzida e, cada vez que se fazia necessária, obrigava a equipe a editar pontualmente os parâmetros de objeto ou famílias para que as informações pudessem ser extraídas.

De modo geral, observou-se a falta de conhecimento geral da equipe dos conceitos

básicos de modelagem da informação, que vão além do uso do *software*. A ausência de tais conhecimentos resultou em tomadas de decisão prejudiciais quanto à criação de componentes que não podiam ser quantificados, quanto à utilização de famílias de componentes em categorias não pertinentes ao seu uso (por exemplo, o uso de pilares para construção de brises) e quanto à falta de discussão sobre o nível de detalhamento de cada componente, de acordo com a fase de projeto corrente.

Outra dificuldade apresentada é o estabelecimento de um único critério na seleção de profissionais. Essa decisão resultou na contratação de profissionais sem experiência de projeto ou de modelagem que integravam a equipe que já se encontravam em estágio avançado de trabalho, com padrões mínimos de colaboração estabelecidos. Com isso, os novos profissionais encontravam dificuldades de adaptação com a falta de um responsável interno por treinamento e nenhum manual básico de trabalho. Esses profissionais causaram retrabalhos para a equipe na medida em que fizeram uso equivocado do *software,* ao mesmo tempo em que tomaram decisões erradas de projeto.

A falta de capacitação da coordenadora de projetos na modelagem da informação, por vezes, também se apresentava como dificuldade, bem como a falta de envolvimento dos diretores da empresa no que diz respeito à implantação da modelagem.

O alto custo de implementação resultou na compra e atualização de *hardwares* e *softwares* por fases. Em alguns momentos, determinados membros da equipe trabalhavam em computadores com melhor desempenho do que outros.

3.2.5. Novos Cargos

Não foram criados novos cargos e a estrutura da empresa, voltada para esse projeto, permaneceu a mesma durante o desenvolvimento do trabalho. A equipe foi mudando à medida em que novos arquitetos foram contratados e outros foram desligados.

Um único critério era exigido nas novas contratações: possuir conhecimentos básicos do *Revit*. Os novos integrantes da equipe eram treinados internamente sobre os poucos processos estabelecidos, que eram relacionados à divisão do modelo e do trabalho colaborativo interno. Pela sua dimensão, o projeto exigiu diversas subdivisões que foram sendo ampliadas conforme o avanço e o detalhamento do modelo.

As dúvidas surgidas sobre a utilização do *software* relacionadas ao projeto eram solucionadas internamente, ainda que demandassem tempo da equipe em pesquisas. Relatou-se que esse tempo consumido para pesquisas era extremamente prejudicial aos prazos de entrega estabelecidos, sempre curtos. Todo o processo do projeto era muito dinâmico e interativo com os demais projetistas e, principalmente, com o cliente, que fazia alterações constantes, que iam desde pequenos ajustes até alterações em pavimentos inteiros.

O primeiro coordenador da equipe possuía conhecimentos básicos das possibilidades da ferramenta. Com isso, contribuiu para a motivação da equipe, ainda que fosse coerciva, para que não trabalhassem de forma duplicada em CAD e *Revit*. Essa situação ocorreu nos momentos iniciais da modelagem, quando uma boa parte dos desafios surgiram.

A coordenadora da equipe, contratada posteriormente em substituição à anterior, não possuía conhecimentos de modelagem da informação, apenas uma noção básica da diferença de trabalho entre os *softwares* e, portanto, não colaborava com soluções tecnológicas aplicadas ao projeto. À medida que surgiam dificuldades relacionadas à tecnologia, a equipe se reunia para buscar soluções conjuntas. A esse respeito, também é esclarecedor descrever que as equipes de projeto, até o momento final de coleta de dados desta pesquisa, se subdividiam em quatro partes, as quais

representavam a divisão do projeto. Cada equipe trabalhava com seus próprios padrões e metodologias e, em cada uma delas, existia um profissional com conhecimentos mais avançados do *software*. Na equipe completa, três profissionais se destacavam pela experiência e eram constantemente abordados para solução de dúvidas, mas, devido à impossibilidade de seus prazos, nem sempre podiam colaborar com os demais.

3.2.6. Projeto de Arquitetura

Neste estudo de caso foi analisado somente um projeto, mas por se tratar de um empreendimento com três torres de características diferentes o projeto se desenvolveu parcialmente e de forma independente. Ao longo das fases alguns estavam mais avançados em termos de soluções do que outros, apesar das três torres terem suas etapas entregues formalmente a cada fase de projeto.

Por possuir características especiais, faz-se necessária uma breve contextualização do histórico do empreendimento antes que se passe à descrição do desenvolvimento dos projetos.

O Hospital Matarazzo, inaugurado em 1904, permanecia fechado há aproximadamente vinte anos. Proprietária do imóvel, a Previ (Caixa de Previdência dos Funcionários do Banco do Brasil) já havia desistido de construir no terreno por não saber conciliar obra e preservação. Sem conseguir anular o tombamento nem criar uma alternativa, conseguiu fechar negócio com o grupo francês Allard em 2011 (BARROS, 2013).

A compra do terreno (Figura 14) custou 117 milhões de dólares, e a obra tem investimento previsto de 1,4 milhões de dólares para uma área total do empreendimento de 140.525,00 m^2, divididos entre atividades de restauro e construção de duas novas edificações, além da criação de subsolos. A implantação do projeto completo é demonstrada nas Figuras 15 e 16.

Em 2013, o Condephaat (Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico Arqueológico, Artístico e Turístico) fez uma audiência para alterar o tombamento e, em fevereiro de 2014, mudou o tombamento do conjunto, permitindo a demolição de um dos edifícios e a construção de uma torre.

O empreendimento completo consiste em:

- Blocos A, B, C e D: *mall*; Bloco G: edificação a ser preservada; os cinco andares do edifício serão transformados em um hotel; Bloco H: edificação nova com 23 andares de uso misto (do 1º ao 5º andares, com uso de hotel, e do 6º ao 23º andares, com uso *flats*). Possui oito andares de subsolo; Bloco I: edificação nova com seis andares para um edifício comercial; Bloco J: antiga capela a ser preservada.

A área abaixo dos Blocos G e I prevê um outro estacionamento com oito subsolos.

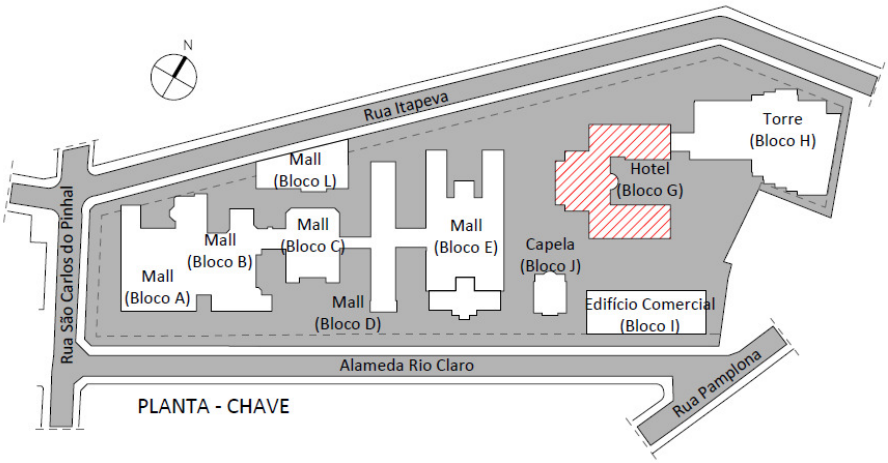

Figura 10 - Disposição dos Blocos G, H, I e Mall. Fonte: Empresa “A”

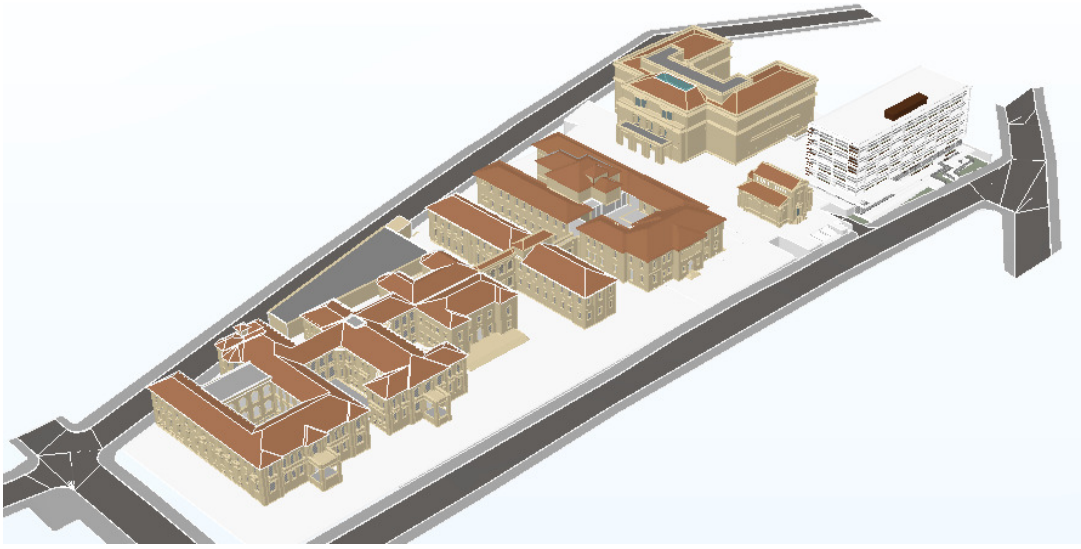

Figura 11 - Disposição dos Blocos G, H, I e Mall. Fonte: Empresa “A”

Abaixo serão descritas as fases pelas quais o projeto passou e que puderam ser acompanhadas para estudo. Os nomes das fases estão de acordo com os padrões e processos da empresa.

3.2.6.1. Projeto 1

a. Etapas Iniciais – Estudo de Viabilidade e Estudo Preliminar

O projeto em questão tem concepção mista, composta por três empresas: o Bloco G, edifício a ser restaurado, tem concepção de interiores de um *designer francês*; o Bloco H foi concebido por um arquiteto francês; o Bloco I tem concepção da Empresa “A”.

Em constante contato com os arquitetos responsáveis pelas concepções, a Empresa “A” é responsável por realizar as fases subsequentes dos três blocos, respeitando seus estudos iniciais. Para tanto, recebeu imagens renderizadas e uma maquete física para representar as intenções do arquiteto para o Bloco H (Figuras 17 e 18).

Um modelo de projeto estrutural, elaborado no *software* Rhino, também foi disponibilizado para que suas intenções projetuais fossem compreendidas. A

Empresa “A” não se utilizou desse modelo em conjunto ao *Revit*. Apenas um arquiteto da equipe tinha experiência no uso do *software* e o modelo foi utilizado somente no início, para compreensão e análise do projeto junto ao projetista estrutural.

Figura 12 - Imagens Renderizadas e Maquete Física do Bloco H. Fonte: Empresa A

Os Blocos G e I foram modelados internamente no *Skechtup*, prática comum da Empresa “A” para facilitar a visualização do empreendimento quase completo. Ainda que não fizessem parte do escopo de projeto, os Blocos A, B e C (*Mall*) também foram modelados (Figura 19).

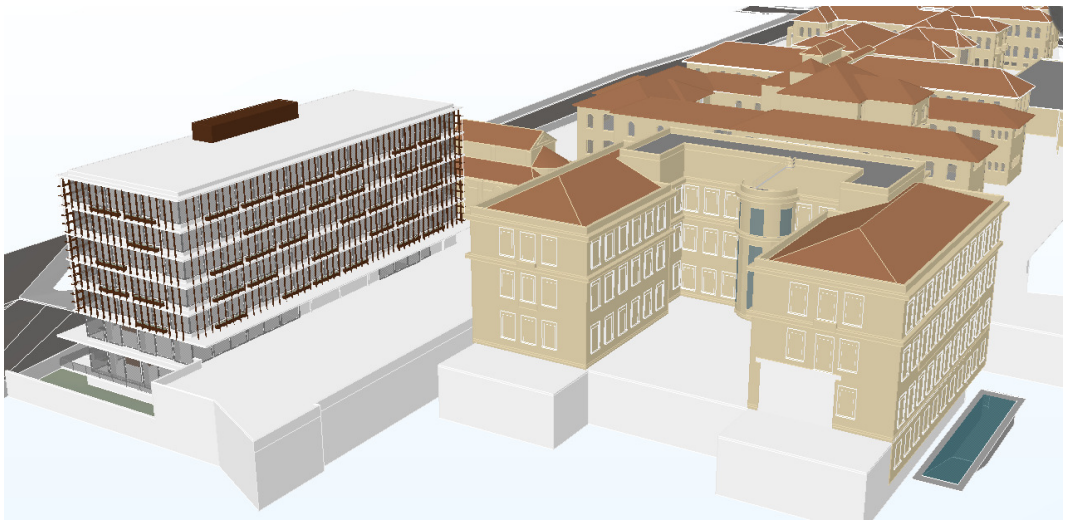

Figura 13 - Modelo de Estudo Preliminar – Blocos G e I. Fonte: Empresa “A”

b. Anteprojeto

Em janeiro de 2015, a Empresa “A” entregou a Revisão 1 de anteprojeto, configurando sua primeira entrega oficial de projeto ao cliente, ainda em CAD 2D. A modelagem teve início nesse momento e, como estratégia inicial, optou-se por reproduzir a revisão no modelo. O objetivo era modelar o projeto de modo que ficasse no mesmo nível de detalhamento da etapa e contasse com documentação idêntica. A equipe de consultoria teve pouco tempo para criar procedimentos e metodologias de trabalho antes de dar início à modelagem.

Na maior parte do tempo, a equipe inicial (quatro arquitetos) ainda se concentrava em atender novas solicitações de alterações do projeto provenientes dos clientes, com a intenção de evoluir o projeto para que outras equipes pudessem desenvolver seus trabalhos. Simultaneamente, a modelagem era desenvolvida pela consultoria, e a documentação 2D, pelos arquitetos da Empresa “A”, gerando conflitos nos cronogramas internos e sobreposições de tarefas.

As plantas de projeto produzidas no *AutoCAD* foram importadas para o *Revit* e serviram de base para a modelagem. O processo de importação demandou muito tempo devido à quantidade de peças gráficas.

A produção da documentação de projeto no *software* de modelagem demandou bastante tempo de planejamento com a equipe para que se pudesse obter maior produtividade. O modelo estava dividido em dois arquivos que podiam ser “*linkados*” para visualização total. A documentação de plantas gerais foi criada num arquivo .rvt geral, com *link* de outros dois arquivos.

Nas Revisões 2 e 3, entregues em junho de 2015, dois arquitetos da equipe passaram a produzir pequenas partes do modelo para se familiarizarem com a nova tecnologia e com o novo processo de trabalho. Os demais se concentraram na entrega da Revisão 2, ainda em CAD 2D. A coordenação, identificando a dificuldade da equipe na produção simultânea do modelo e do projeto em 2D, viabilizou a contratação de mais três arquitetos com o objetivo de cumprir o próximo prazo de entrega de projeto.

Foi condição estabelecida pelo gerente que a entrega oficial e completa da Revisão 3 tivesse toda documentação 2D extraída do modelo. Esta imposição foi essencial para manter os esforços da equipe concentrados nesse objetivo, ainda que tenha gerado insegurança e mais horas de dedicação ao projeto.

As figuras 14,15 e 16 ilustram as plantas dos pavimentos típicos dos três blocos principais do empreendimento nessa fase de projeto.

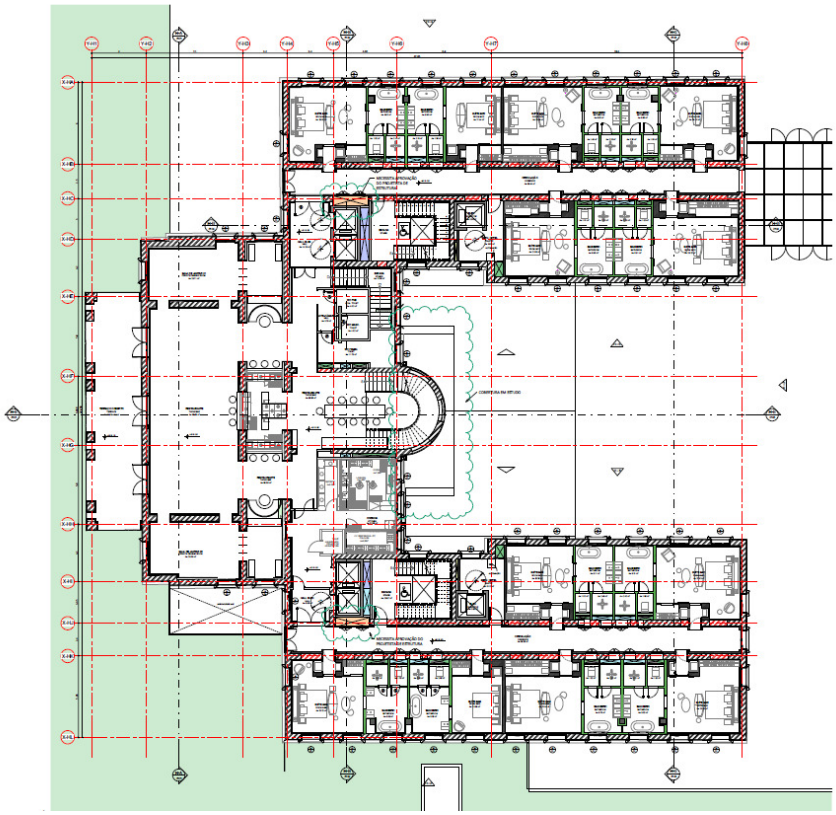

Figura 14 - Planta Bloco G. Fonte: Empresa A

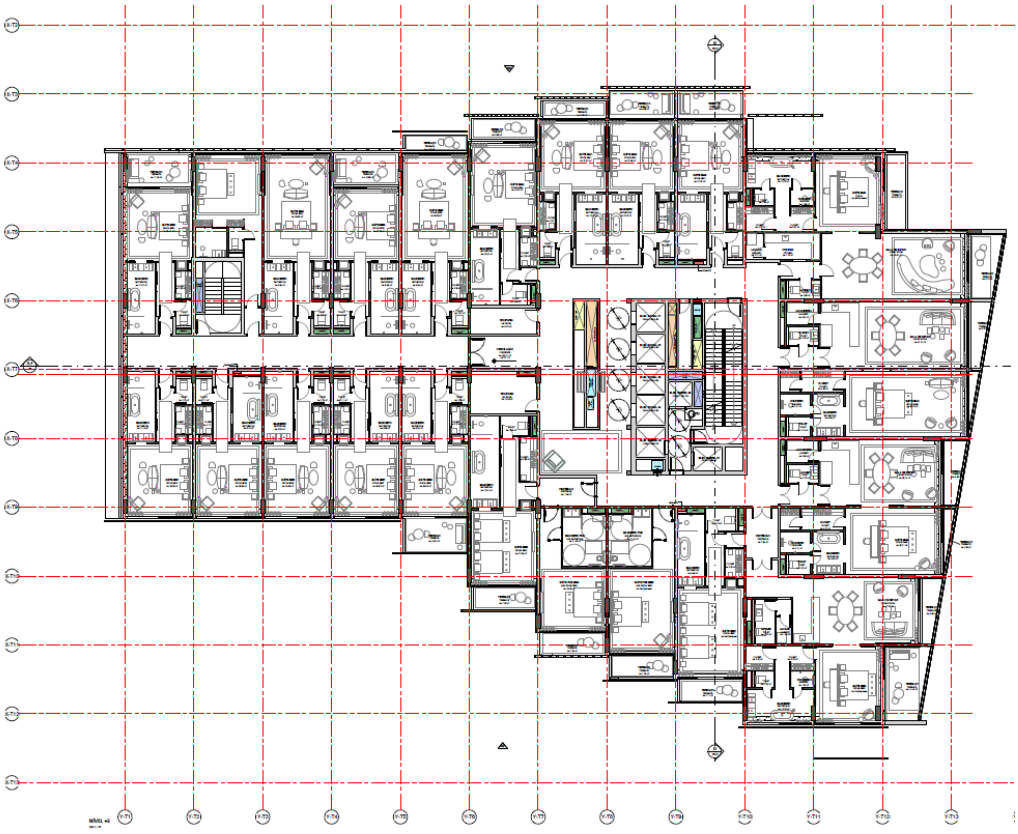

Figura 15 - Planta do Bloco H. Fonte: Empresa A

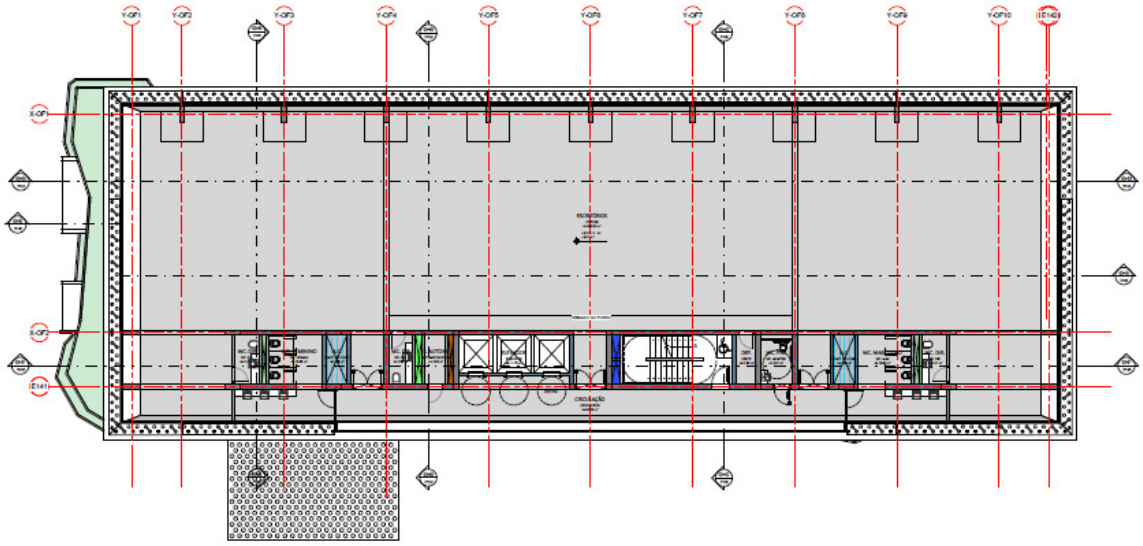

Figura 16 - Planta do Bloco I Fonte: Empresa A

A documentação ainda era bastante simplificada: ela refletia o nível de detalhe do modelo, mas estava compatível com as informações desejadas pela empresa e necessárias à continuidade do processo. Estabeleceu-se que as entregas da

documentação seriam feitas em .pdf e os .dwg seriam exportados com a única finalidade de uso para bases dos demais projetos. Para tanto, um padrão básico de exportação para .dwg foi criado, sem que atendesse aos padrões de *AutoCAD* da empresa.

O escopo de trabalho previa o uso do modelo de arquitetura para a extração de quantitativos. A consultoria passou a alertar sobre a necessidade de antecipação de decisões e detalhamentos de partes do projeto e de inserção de informações não geométricas, a fim de garantir a viabilidade da extração de quantidades nas fases posteriores. Esse cuidado exigia mais tempo de organização e produção do modelo, criação de novas famílias e monitoramento constante do modelo. A exigência de cumprimento de prazos de entrega não possibilitava o desenvolvimento do modelo. A produção se concentrou no desenvolvimento de documentação como sendo prioridade.

Nesse período, oito arquitetos trabalhavam na modelagem com poucos padrões estabelecidos e as equipes de produção já se encontravam subdivididas em três partes, de acordo com os três blocos do empreendimento. Essa condição de trabalho resultou no desenvolvimento dos modelos com padrões internos de organização, inclusão de dados e nível de detalhamento cada vez mais divergentes. A natureza complexa do projeto e das edificações colaborava com essa condição.

Os componentes externos das edificações estavam mais detalhados que a área interna. Pretendia-se, com isso, obter a documentação da fachada fiel à estética concebida.

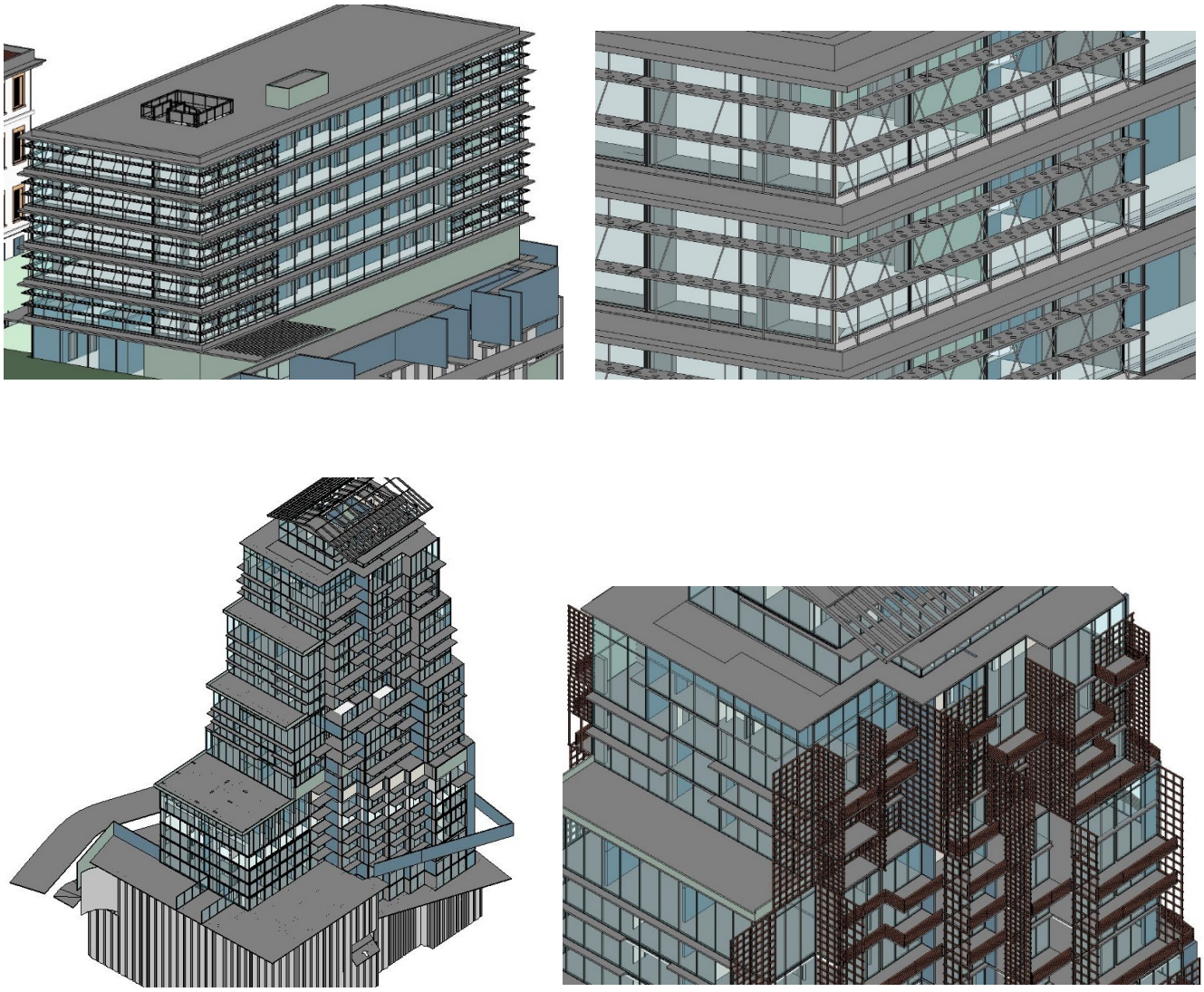

Figura 17 - Bloco I – Detalhamento dos elementos da fachada. Fonte: Empresa “A”

Nessa fase, a modelagem do projeto de estrutura começou a ser identificada como uma necessidade. Optou-se pela modelagem de elementos essenciais à compreensão do projeto, principalmente os pilares, enquanto aguardavam a exportação do projeto de estrutura para a tecnologia BIM. O projeto de fundação foi modelado parcialmente, com componentes simplificados que respeitavam a geometria das peças (Figura 24).

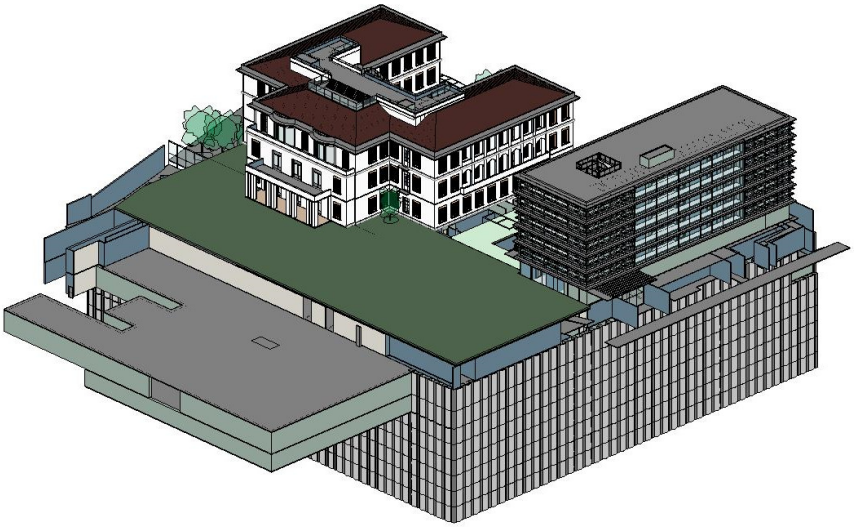

Figura 18 - Blocos G e I e Modelo de Fundação. Fonte: Empresa “A”

A modelagem, nessa etapa, colaborou para que a equipe começasse a obter uma visão crítica do projeto estrutural. Também foi importante para a compreensão da concepção do projeto. À medida em que a modelagem avançava, eram encontrados pontos críticos que precisavam de maior estudo e de novas soluções.

Conseguiu-se integrar o modelo produzido no *Skechtup* dentro do *Revit* para possibilitar a visão geral do empreendimento e para que a edificação do *Mall*, edifício que não era escopo do projeto, pudesse constar nas implantações.

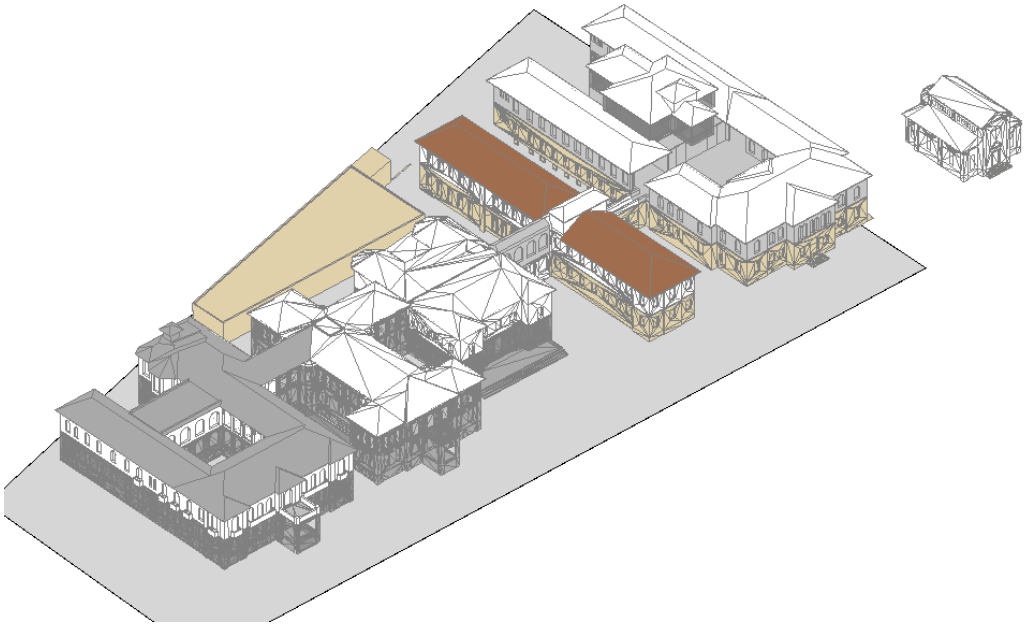

Figura 19 - Mall exportado do SkechtUp para o Revit. Fonte: Empresa “A”

O projeto legal, desenvolvido paralelamente ao anteprojeto por uma empresa de consultoria, necessitou de mais uma revisão em decorrência das alterações constantes do projeto. Essa etapa do projeto era desenvolvida no *AutoCAD* desde o início e permaneceria assim até o fim das aprovações. Foi solicitado à Empresa “A” que a extração de dados de áreas facilitasse o processo e fosse mais confiável. Houve então uma reestruturação e reorganização dos modelos que permitissem o acesso a esses dados. Por se tratar de uma demanda não planejada desde o início, a nova atividade contribuiu para que se criassem novas dificuldades e possibilidades de atrasos nas entregas.

Algumas dificuldades eram, de fato, relacionadas à falta de experiência da equipe no uso do modelo com a finalidade exclusiva de extração de dados a partir das geometrias. A organização dos dados em tabelas também era outra dificuldade decorrente da inexperiência. Uma pessoa da equipe foi designada para estudar e executar essa tarefa.

Com o término dessa fase, a empresa de consultoria finalizou seu contrato e o modelo passou a ser desenvolvido exclusivamente pela Empresa “A”.

c. Bases para Orçamento

O cliente apresentou a necessidade de obtenção de orçamentos preliminares de alguns componentes de arquitetura e previsão de alternativas de fornecedores. Para tanto, criou-se uma fase intermediária de trabalho, entre o anteprojeto e o pré-executivo. Com pouco prazo para avanço de definições e detalhamentos, a Empresa “A” encontrou dificuldades para elaboração da etapa. O modelo ainda não se encontrava completamente consolidado e houve necessidade de estudos e definições adicionais, tais como os acessos ao Bloco I e a definição da topografia na entrada da edificação.

A modelagem da topografia para a implantação da edificação no terreno, em termos de tecnologia, também se mostrou uma dificuldade, pois ao mesmo tempo em que era necessário dominar o uso das ferramentas do *software*, havia a necessidade de soluções projetuais. A falta de experiência no uso de tais ferramentas sempre surgia

como dificuldade e demandava mais tempo de trabalho e pesquisa.

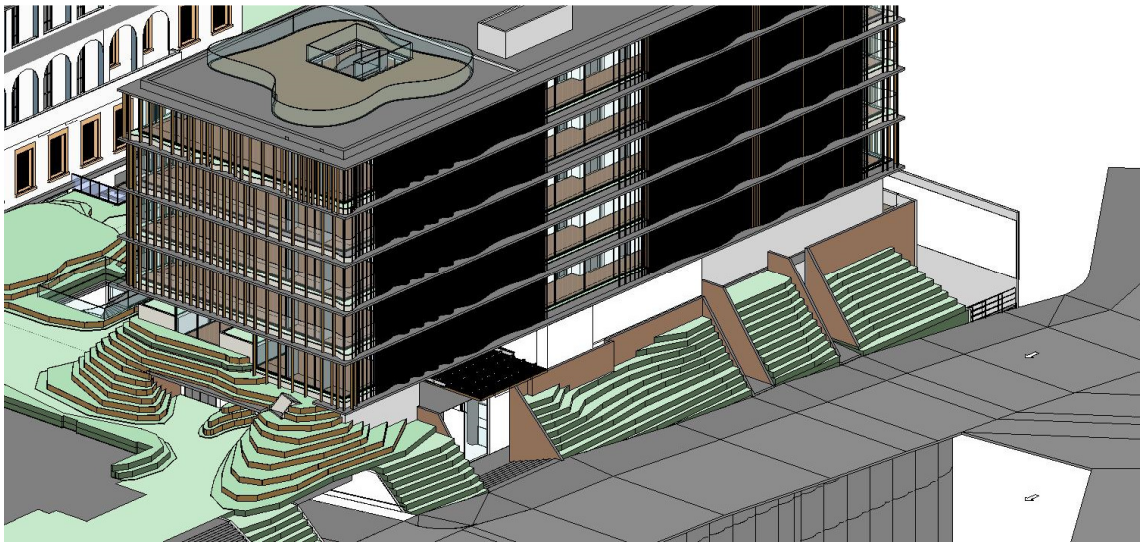

Figura 20 - Bloco I – Acessos e Topografia. Fonte: Empresa “A”

Algumas mudanças totais foram elaboradas nos brises do Bloco I, e parciais no Bloco H. A utilização de objetos paramétricos auxiliou na velocidade das alterações, mas muitos componentes novos tiveram que ser criados. Alguns destes componentes, modelados no local e não como famílias, não eram contabilizados na extração de dados.

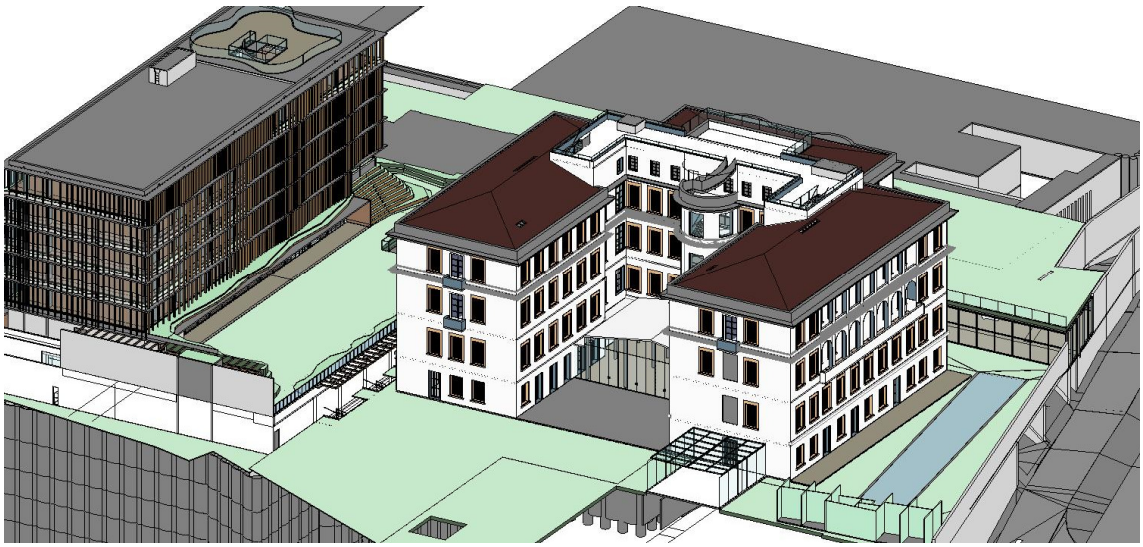

Figura 21 - Blocos I e G. Fonte: Empresa “A”

A compatibilização 3D foi iniciada e trouxe mais informações de interferências na arquitetura, impossibilitando algumas concepções iniciais, tais como sancas no gesso para iluminação. O pé direito exigido pela legislação foi um dos problemas encontrados no Bloco H, mas dependia mais da atuação dos especialistas do que de soluções de arquitetura. Os arquitetos acompanhavam as reuniões de compatibilização e sugeriam possibilidades de soluções.

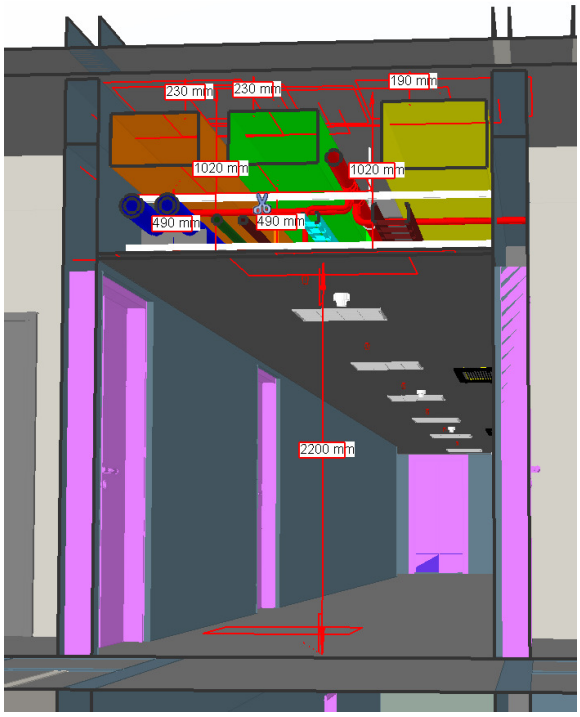

Figura 22 - Checagem de interferências. Fonte: Inprediais, 2016

A documentação do projeto evoluiu em informações juntamente com o desenvolvimento do projeto, com a inclusão de dados de sistemas prediais. A documentação se tornou mais detalhada e teve início a utilização de imagens 3D junto aos cortes. As imagens renderizadas que mostravam fielmente a concepção externa da edificação ainda era produzida por empresas parceiras.

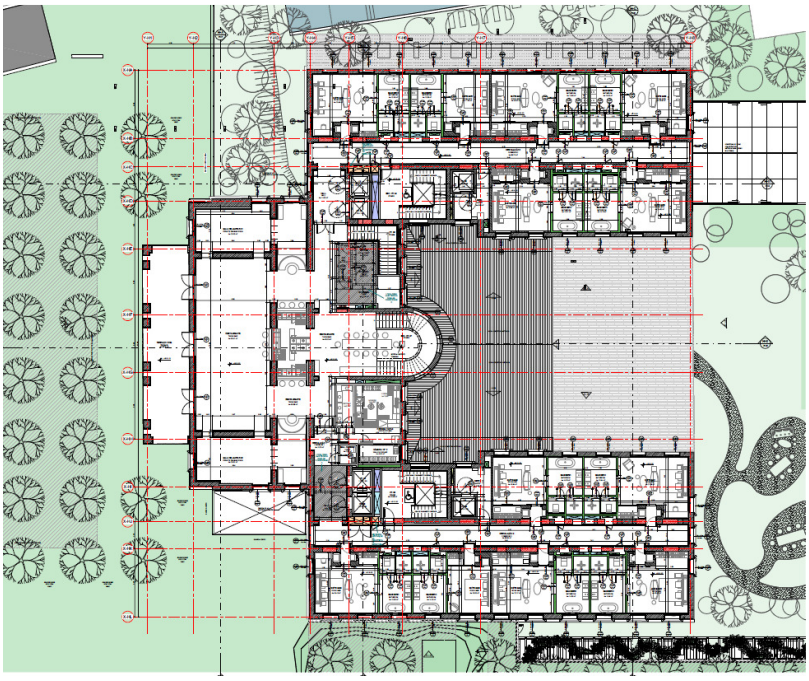

Figura 23 - Documentação – Bloco G – Planta do 2º Pavimento. Fonte: Empresa “A”

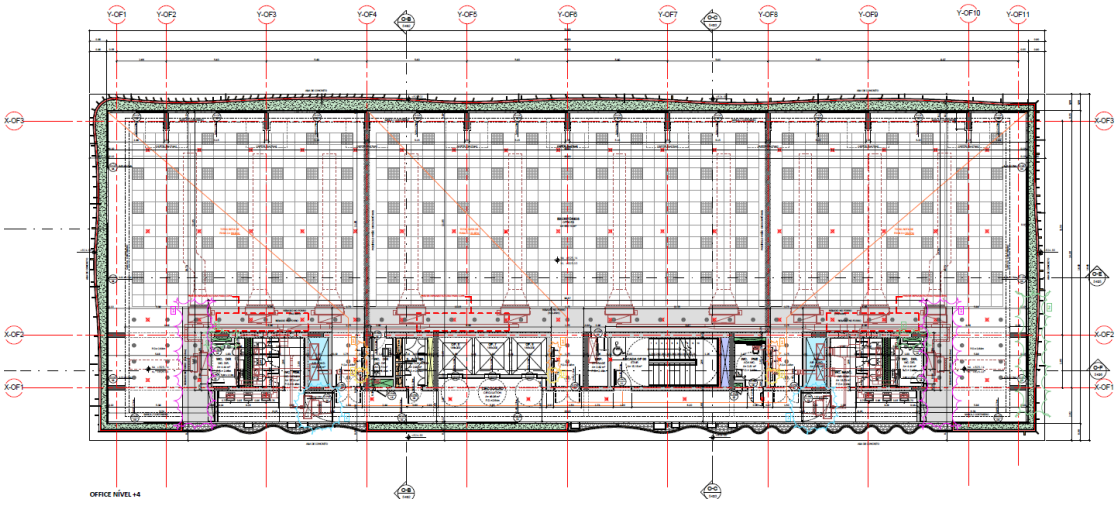

Figura 24 - Documentação – Bloco I – Planta do Pavimento Tipo. Fonte: Empresa “A”

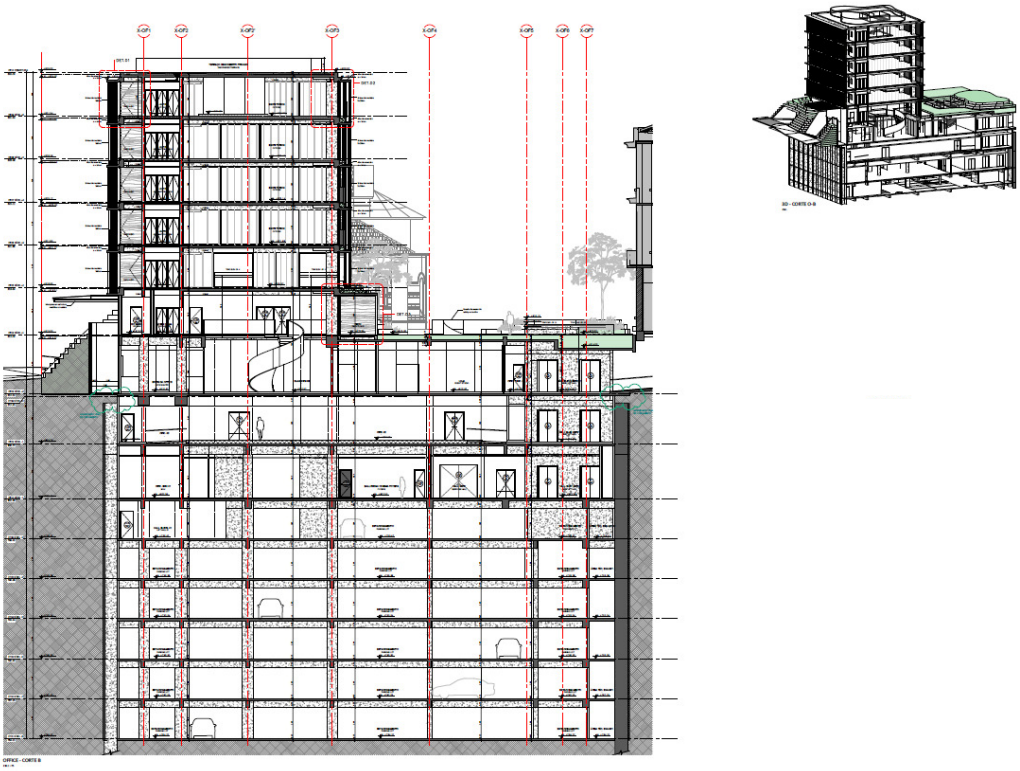

Figura 25 - Bloco I – Corte. Fonte: Empresa “A”

Figura 26 - Imagem Renderizada – Bloco I. Fonte: Empresa “A”

Algumas tabelas simples foram extraídas do modelo, mas não em todos os Blocos, pois alguns permaneciam mais avançados que outros em termos de conteúdo. O modelo também foi utilizado para criar esquemas representativos de soluções de projeto, que auxiliavam a equipe na apresentação de soluções de projeto em reuniões com o cliente.

Figura 27 - Bloco H – Esquemas de Brises. Fonte: Empresa “A”

Outro ponto que mereceu destaque foi o fato de que a modelagem de estrutura passou definitivamente a ser responsabilidade da Empresa “A” em razão de dificuldades do projeto de estrutura, que sofria alterações constantes e necessitava exportar o modelo sempre que o projeto fosse alterado. Por questões relacionadas ao cronograma e alterações constantes de projeto, o projetista se recusava a fazer entregas formais dos projetos com constância.

Não eram entregues plantas completas dos pavimentos ou cortes. O mesmo processo acontecia para a exportação do modelo, pois o projetista alegava sempre a necessidade aguardar mais alguma solução ou aprovação de partes do projeto. Em decorrência desse processo, o projeto era solucionado em partes e formalizado em desenhos parciais e por meio de croquis.

Coube então à Empresa “A” modelar todos os elementos estruturais e se responsabilizar por suas atualizações. Identificou-se, por parte de toda a equipe, um desconhecimento sobre as possiblidades de exportações e interoperabilidade entre os modelos das duas disciplinas. A falta de regras e padrões estabelecidos para modelagem dificultavam o processo de trabalho BIM.

Da mesma forma que não existia um *BIM Manager* na Empresa “A”, também não existia um profissional do cliente que acompanhasse e estabelecesse regras ou coordenasse os processos BIM.
Esta fase de projeto foi entregue em outubro de 2015 e sofreu revisões posteriores. O modelo permanecia dividido em dois arquivos que, gradativamente, se tornavam de difícil manipulação em razão de seu tamanho.

d. Pré-Executivo

O projeto executivo sofreu várias revisões. As entregas principais foram realizadas em dezembro de 2015 e em abril e julho de 2016. A obra já havia iniciado diversos serviços, tais como demolições e fundação. Algumas questões relacionadas à fundação sob o edifício preservado (Bloco G), tais como complicações e altos custos de execução, levou o cliente a optar pela exclusão de parte da área de subsolos prevista inicialmente.

Essa situação gerou diversas mudanças em todos os projetos, reduzindo as áreas de estacionamento. Os projetos de sistemas prediais foram revistos quanto às áreas técnicas e o projeto e a fundação reduziram suas áreas. O projeto legal sofreu muitas alterações, com necessidade de nova revisão, e os dados de áreas já não eram mais extraídos do modelo.

O modelo de arquitetura foi dividido mais uma vez, gerando um arquivo exclusivo para esse estacionamento. Uma nova equipe interna responsável pelos estudos e alterações dessa parte do projeto foi criada. O projeto evoluiu em termos de representação gráfica, gerando uma longa documentação apoiada e facilitada pela modelagem. O detalhamento começou a ser extraído do modelo e finalizado com linhas 2D.

Foi relatado que esse processo, apesar de ser capaz de aumentar a produtividade e gerar maior documentação, também causava dificuldades nas revisões, pois as linhas inseridas precisavam ser refeitas. O processo dinâmico do projeto exigia a constante revisão dos detalhes e se faziam questionamentos sobre a necessidade de produzir grande quantidade de peças gráficas nessa etapa. Os esforços em direção às

revisões dos detalhamentos pareciam não compensar os benefícios adquiridos.

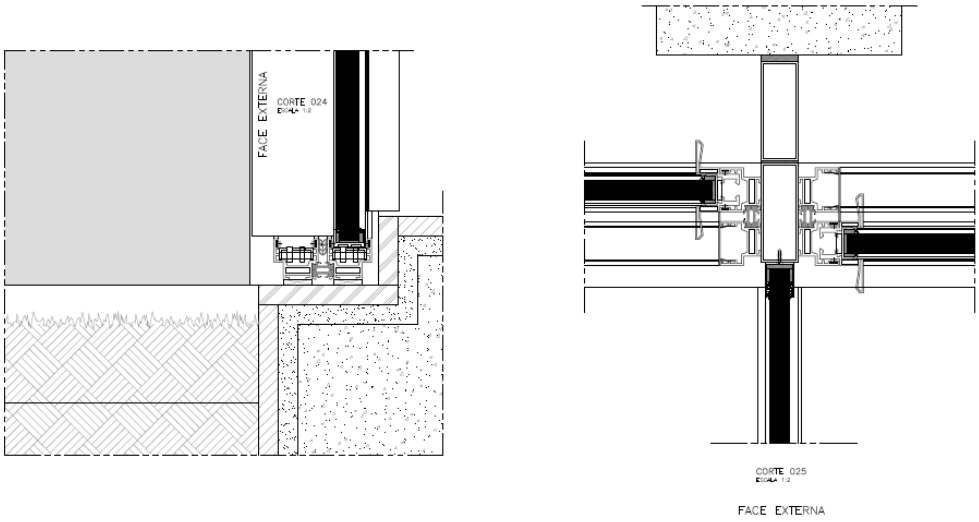

Figura 28 - Detalhamentos. Fonte: Empresa “A”

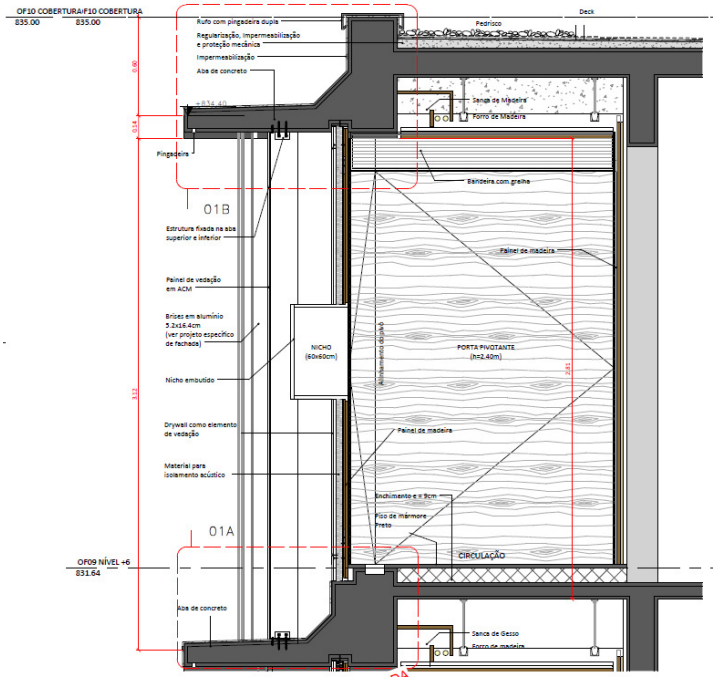

Figura 29 - Detalhamentos. Fonte: Empresa “A”

O *software* utilizado se mostrou capaz de atender a necessidade de detalhes de interiores. No início do processo, ainda se duvidava dessa capacidade e cogitou-se a produção de tais peças gráficas em *AutoCAD*. Com a extração de toda documentação do modelo, o projeto como um todo tornou-se mais integrado.

O modelo foi utilizado para mesclar documentação 2D com detalhes em 3D, auxiliando a visualização das soluções de projeto tanto em sua concepção quanto em sua interpretação pós-entrega de projeto. Com esse nível de detalhes, qualquer alteração exigida impactava em toda a organização.

Apesar da facilidade de inserção de componentes, algumas partes do modelo ainda aguardavam maiores definições. Optou-se, ainda nessa etapa, por manter as paredes e pisos internos sem revestimentos. A metodologia de modelagem adotada previa a construção das paredes de forma separada – parte bruta e acabada – em camadas separadas, com o objetivo de facilitar a extração de quantitativos. Identificou-se que essa maneira de trabalhar dificultava as edições e que os componentes inseridos nas paredes, tais como portas e janelas, precisavam de parâmetros especiais para que se obtivessem vãos automáticos. O conhecimento da maioria da equipe relacionado à edição e à criação de componentes e parâmetros era básico ou inexistente. Apenas alguns membros possuíam conhecimentos intermediários.

A extração de tabelas de quantitativos foi utilizada raramente e parcialmente até esta etapa de projeto.

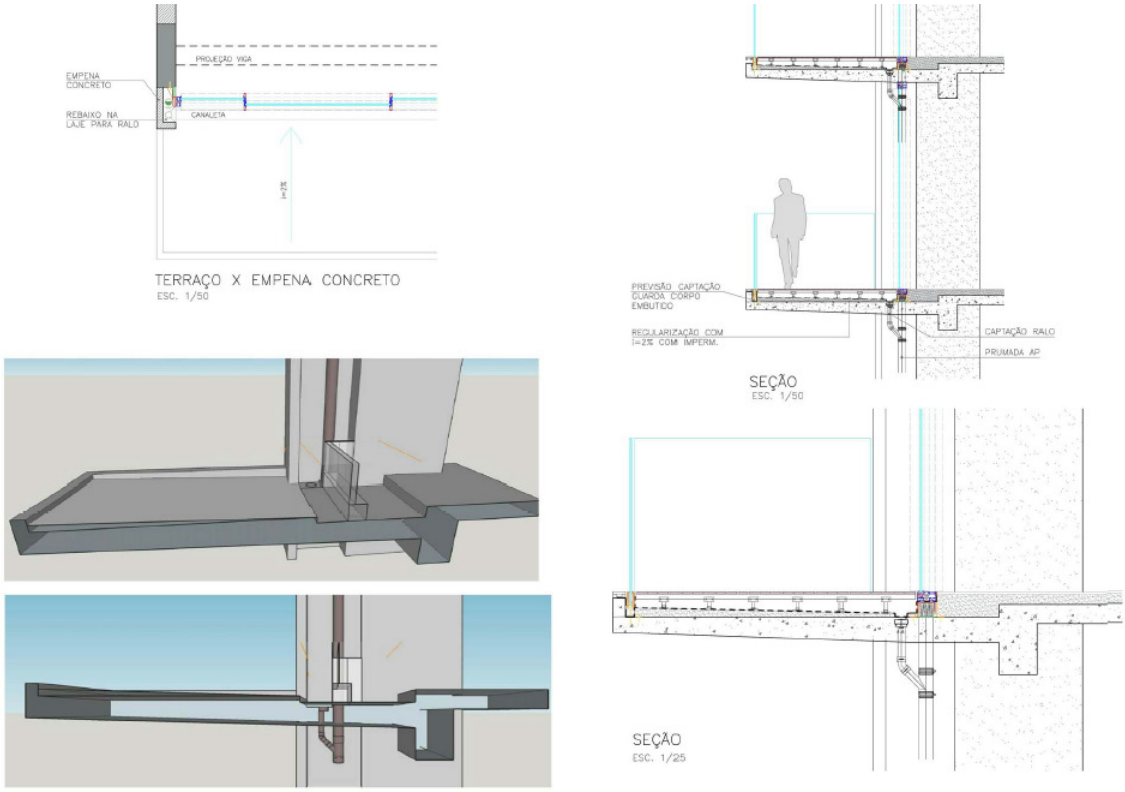

Figura 30 - Documentação 2D com Detalhes 3D. Fonte: Empresa “A”

O modelo continuou sendo utilizado para a criação de esquemas representativos de soluções de arquitetura com grandes benefícios em sua visualização. O uso de cortes 3D em dois edifícios também foi amplamente utilizado, principalmente em áreas críticas e de difícil compreensão, como as rampas de acesso às garagens.

A facilidade de extração de imagens que representasse definições de projeto proporcionava a criação de diversas imagens que caracterizavam as soluções adotadas.

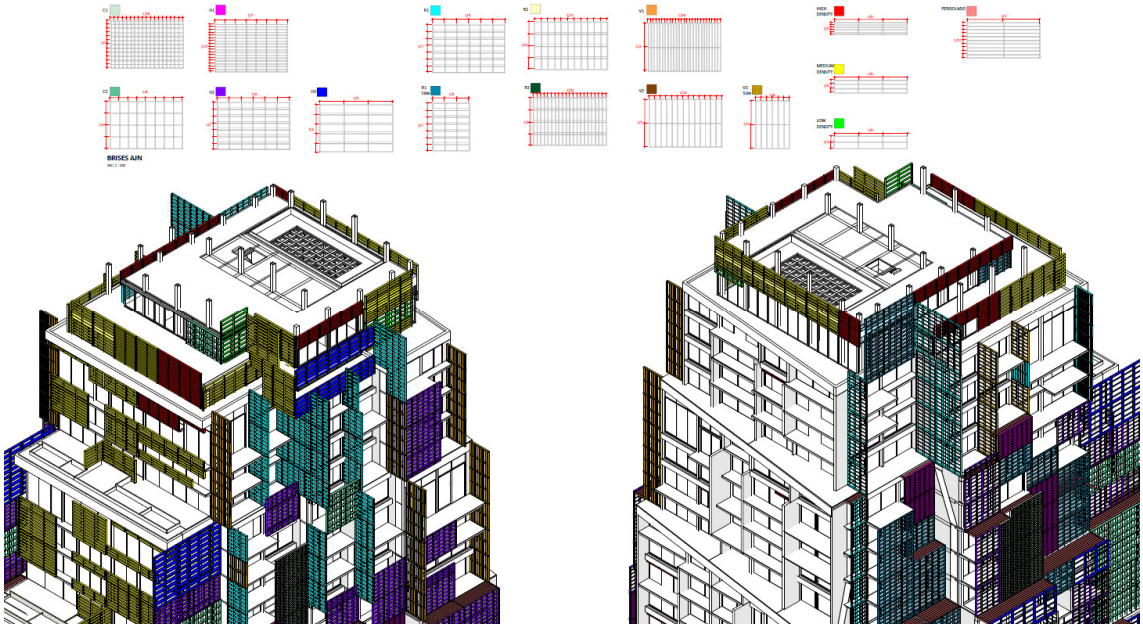

Figura 31 - Bloco H – Esquemas de Brises. Fonte: Empresa “A”

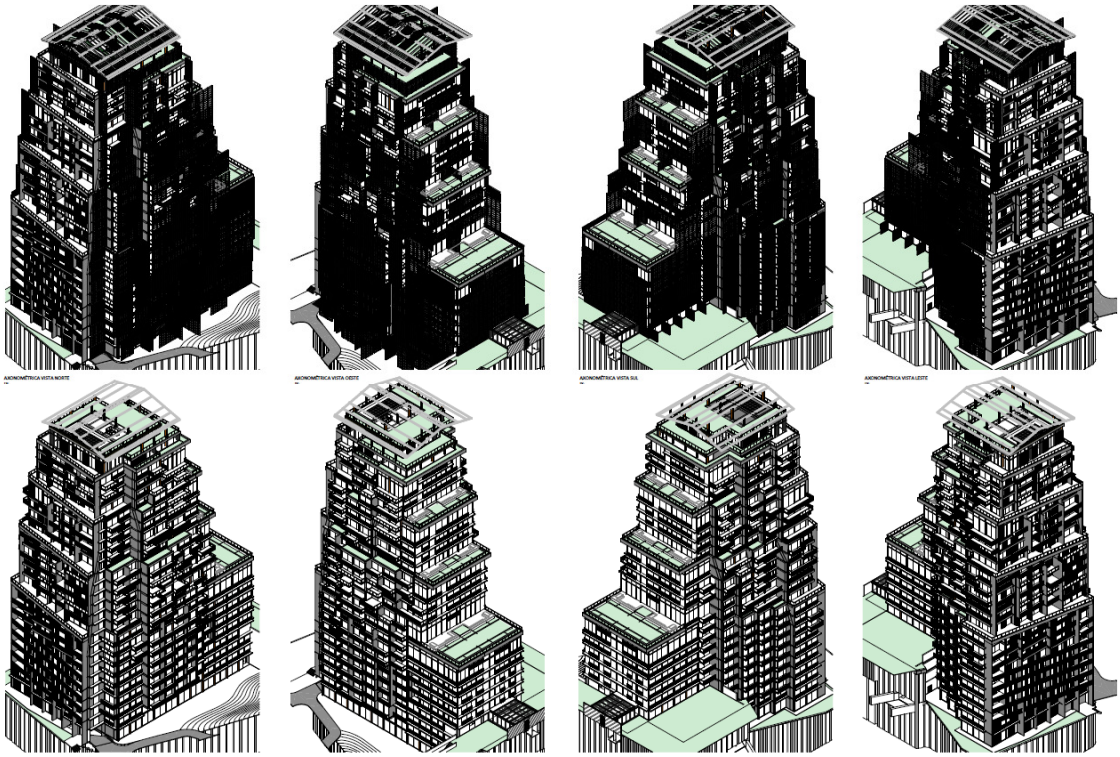

Figura 32 - Fachadas em 3D, com e sem brises. Fonte: Empresa “A”

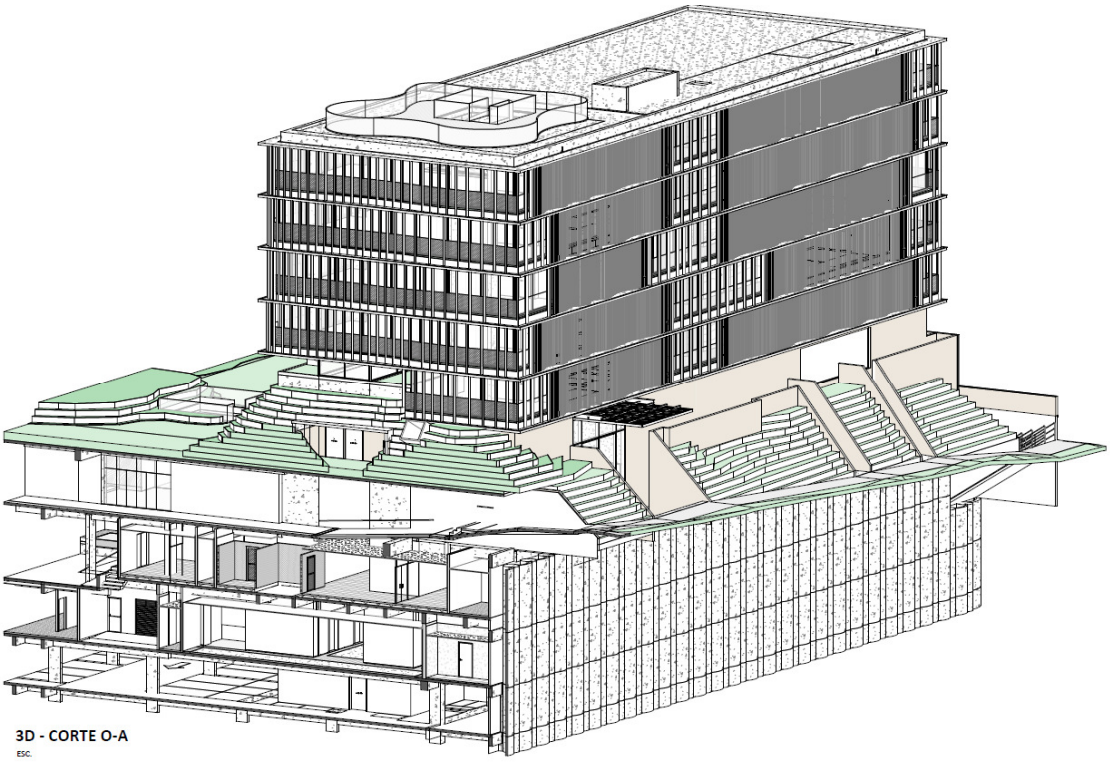

Figura 33 - Bloco I – Corte 3D. Fonte: Empresa “A”

A documentação para as plantas também avançou e foi detalhada, e a equipe já demonstrava confiança em sua capacidade de representação gráfica das soluções. Os três blocos tinham a representação em planta com detalhamento semelhante nessa etapa de projeto.

O projeto de estrutura continuava sendo modelado em cada bloco pela Empresa “A”, mas inserido dentro do próprio modelo de arquitetura. Essa metodologia de trabalho não permitia que o modelo fosse visualizado ou enviado a terceiros com grande facilidade. O desenvolvimento do trabalho permanecia sem regras claras de modelagem e cada equipe permanecia desenvolvendo seu trabalho em núcleos separados.

Durante essa etapa, uma análise crítica do modelo foi realizada pelo cliente quanto ao uso do modelo para extração de quantidades e, posteriormente, quanto à utilização destes dados para o orçamento. Esse processo será descrito abaixo, no item “Demais Agentes”, mas essa análise trouxe bastante impacto para a equipe de arquitetura. Surgiram muitas dúvidas e questionamentos a respeito da metodologia adotada para a construção do modelo e da possível necessidade de remodelagem para o atendimento das demandas do cliente e seus impactos no cronograma interno de trabalho. As entregas principais do pré-executivo aconteceram nos meses de dezembro de 2015 e abril e julho de 2016. Prevê-se, na sequência, o início da etapa de projeto executivo de arquitetura. Os demais projetos permanecem ainda sem definições, alguns em fase de estudos preliminares, enquanto o projeto de arquitetura avança em todos os pavimentos.

3.2.6.1.1. Usos do modelo e nível de detalhamento

Os usos do modelo foram apresentados pelo cliente em reuniões iniciais de projeto. Pretendiam-se os usos de checagem de interferências entre projetos, de extração de quantitativos dos projetos de arquitetura e de sistemas prediais, e averiguar a possibilidade de utilização do modelo para a orçamentação e durante a fase de

construção. O cliente não possuía nenhuma política ou manual BIM estabelecido para garantir a maneira como o trabalho deveria ser desenvolvido, nem profissionais internos capacitados para utilização do modelo.

Ao longo do desenvolvimento do projeto, novas demandas surgiram do cliente. Uma delas foi que, com as revisões constantes do projeto, novas áreas foram criadas enquanto outras foram excluídas ou modificadas em suas dimensões. Essas alterações exigiram reaprovações do projeto nos órgãos legais e, para tanto, a necessidade de recálculo de áreas. A Empresa “A” optou por utilizar o modelo para a extração desses dados, o que os obrigou a reestruturar e a reorganizar o modelo para que este atendesse ao objetivo não planejado desde o início.

A Empresa “A” optou pelo uso do modelo para documentação do projeto e, por isso, o nível de detalhes aumentou conforme a evolução de suas fases de projeto.
De modo geral, o modelo contemplava até a fase do projeto pré-executivo, maior detalhamento em componentes externos, tais como brises, peles de vidro e esquadrias, que caracterizam a estética das edificações.
A checagem de interferência era conduzida em dois formatos: o tradicional, com sobreposição de projetos 2D elaborados pela mesma empresa responsável pela coordenação geral e tridimensional e em formato 3D. A compatibilização 3D foi conduzida por uma empresa externa aos projetistas, que tinha como escopo modelar todos os projetos de sistemas prediais. A partir da modelagem simultânea ao desenvolvimento dos projetos, o modelo de arquitetura e estrutura era incluído em *software* específico para visualização de modelos, o *Tekla BIM Sight*. Os modelos reunidos eram avaliados em reuniões de compatibilização com a equipe de projetistas. O foco principal desse trabalho era a qualidade técnica e o planejamento dos sistemas com regras de ocupação dos espaços, levando-se em conta critérios de manutenção e operação dos sistemas.

3.2.7. Colaboração

a. Equipes de Projeto

A interação com o projeto de estruturas por meio de modelos iniciou-se com um projeto enviado pelo arquiteto de concepção do Bloco H. Esse modelo, produzido no

software Rhinoceros, era uma representação do que o arquiteto pretendia em termos de concepção. Um único profissional da Empresa “A” tinha conhecimento do *software* e, nas etapas iniciais dos projetos, fez uso do modelo para a visualização da concepção e análise crítica. Algumas imagens foram criadas para facilitar a comunicação entre a arquitetura e o projetista de estrutura, mas não se cogitou a exportação do modelo e do seu uso “*linkado*” ao Revit.

Na sequência, o projetista de estrutura também disponibilizou um arquivo .ifc, extraído do *software* TQS, de apenas uma das torres do projeto – Bloco H (Figura 34). A complexidade do projeto de estruturas exigia visualizações em três dimensões para que as decisões da equipe fossem facilitadas. O modelo estava desatualizado quanto às últimas decisões de projeto, mas foi inserido no modelo de arquitetura e auxiliou a análise do projeto.

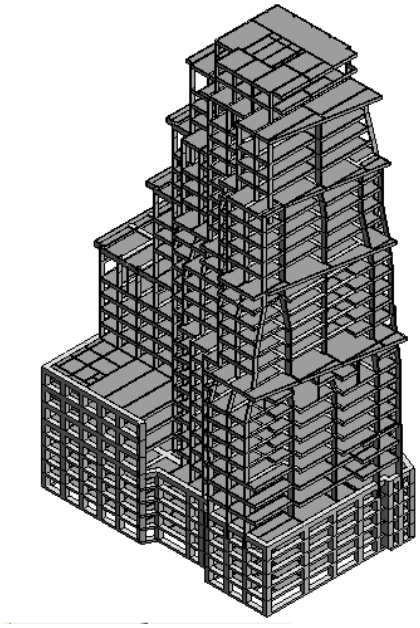

Figura 34 - Projeto de Estrutura Preliminar. Fonte: Empresa “A”

Essa interação foi importante para que a equipe conhecesse os conceitos básicos de interoperabilidade e de manipulação de arquivos .ifc junto ao *software* de modelagem. Muitas dúvidas surgiram e o conhecimento de possibilidades do *software* era muito diversificado. Nenhum membro da equipe possuía experiência anterior de interoperabilidade entre os *softwares*.

As interações entre as equipes de estrutura e arquitetura ainda aconteciam principalmente em reuniões presenciais e eram baseadas em croquis parciais elaborados tanto pelos projetistas de estruturas como pelos de arquitetura, e em impressões de desenhos parciais do modelo, com anotações e croquis.

O projeto sofria alterações constantes e exigia que a exportação do modelo estrutural fosse realizada com constância. Por questões relacionadas ao desenvolvimento do projeto e seu processo, suas idas e vindas e as alterações constantes, o projetista se recusava a formalizar o projeto em plantas/cortes ou na entrega de um modelo até que as soluções fossem validadas pelo cliente e pela equipe, e permanecia resolvendo questões pontuais em croquis e desenhos parciais.

Essa recusa fez com que a Empresa “A” se responsabilizasse pela modelagem do projeto de estrutura, elaborado dentro do modelo de arquitetura, e esse processo temporário se tornou uma metodologia de trabalho permanente até o fechamento de dados desta pesquisa.

Os projetos de sistemas prediais (hidráulica, elétrica e ar condicionado) tinham sua modelagem realizada por uma terceira empresa, que trabalhava paralelamente ao seu desenvolvimento, ao mesmo tempo em que era responsável pela coordenação e compatibilização 3D.

O principal objetivo da modelagem de sistemas prediais era estudar a organização dos sistemas, identificar as incompatibilidades e estabelecer critérios que facilitassem a montagem e a manutenção na obra e na pós-entrega.

As incompatibilidades encontradas eram apresentadas e discutidas entre a equipe de projeto e os consultores por meio de um modelo 3D integrado. Elas eram registradas dentro do próprio *software* de análise, o *Tekla BIM Sight*, e um relatório formal (.doc) era entregue como complemento.

Os arquivos .ifc também eram entregues, mas não se identificou o uso pela equipe de arquitetura.

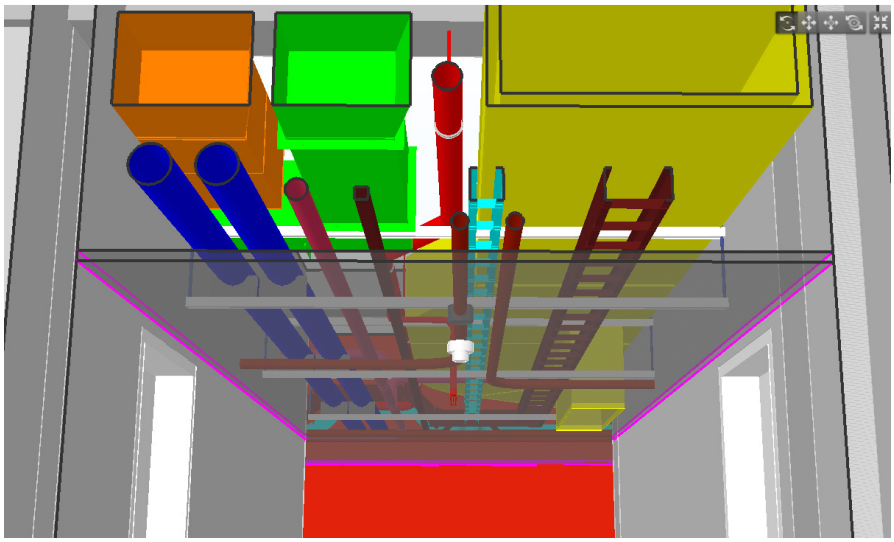

Figura 35 - Modelagem de Sistemas Prediais. Fonte: Inprediais

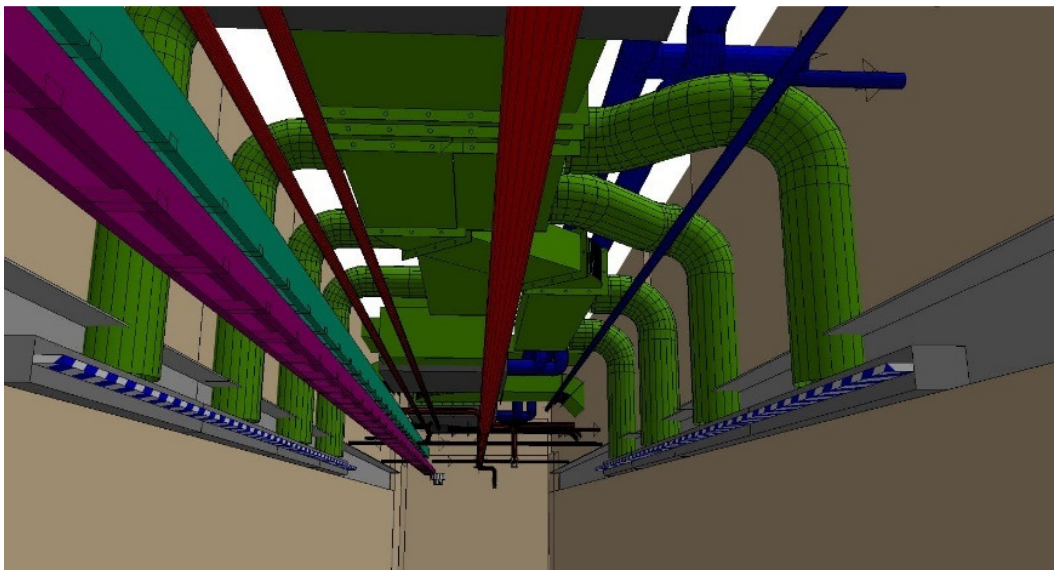

Figura 36 - Modelagem de Sistemas Prediais. Fonte: Inprediais

A complexidade do projeto exigia que as reuniões fossem feitas por bloco e iniciadas pelos pavimentos tipo de cada um. Até o momento, foram realizadas reuniões e compatibilizações 3D referentes aos pavimentos tipo dos Bloco G, H e I. Esse processo também se tornou um apoio aos projetistas de sistemas prediais, que podiam visualizar as soluções adotadas e a dimensão que as interferências causavam no projeto como um todo. As reuniões proporcionavam a busca por soluções conjuntas em tempo real, com facilidade de visualização e compreensão dos projetos. Em termos de processo, há necessidade de a empresa de modelagem de sistemas estar constantemente em contato com o cronograma de atividades. Muitas vezes,

houve necessidade de realizar modelagens rápidas para visualização e análise de pontos críticos. Algumas dificuldades puderam ser identificadas no processo, já que as informações necessitam ser intensamente coordenadas, desde os dados de entrada para a modelagem até os seus resultados em direção à melhoria dos projetos. A coordenação do projeto, nesse caso, deve participar integralmente da troca de informações e garantir que as incompatibilidades encontradas sejam solucionadas e que passem a integrar os projetos.

O modelo integrado era compartilhado com toda a equipe por meio do sistema colaborativo. É importante destacar que, em alguns momentos, a capacidade do sistema foi esgotada com a inserção desses arquivos, obrigando reformulação em sua organização. Após as reuniões, era tarefa dos projetistas buscar soluções para as questões apresentadas, muitas delas já encontradas em reunião e formalizadas em atas pela equipe de coordenação de projetos. A utilização do *software* de análise de modelos foi incentivada para toda a equipe por se tratar de uma ferramenta gratuita, mas não houve aderência de todos.

b. Demais agentes

O cliente, neste caso, representava o incorporador e o construtor, e foi o agente que promoveu o uso da modelagem no projeto partir de sua exigência.

Apesar de dados do modelo de arquitetura terem sido utilizado inicialmente como apoio à revisão do projeto legal, atividade está ligada ao departamento de incorporação, o processo não foi iniciado com organização e nem previsto desde o início; portanto, foi paralisado no anteprojeto. Também se utilizavam constantemente de imagens dos modelos para apresentações de diversas naturezas.

Seu maior uso, no entanto, foi como construtor e, nesse papel, previa que o modelo fosse utilizado para extração de quantitativos como apoio ao orçamento. Os dados seriam utilizados de maneira tradicional para a elaboração dos orçamentos realizada por profissionais internos da empresa. Acreditava-se que as informações obtidas poderiam ser confrontadas com estimativas, e que a obtenção de dados poderia ser, até certo ponto, confiável. Para tanto, um profissional representante do cliente, com

experiência anterior em BIM, foi designado para analisar o modelo de arquitetura quanto à possiblidade de extração de dados. Emitiu-se um relatório solicitando uma série de alterações relacionadas às metodologias utilizadas para a construção do modelo, as quais não estavam, em sua maioria, de acordo com o desejado. Os pontos destacados no relatório tinham como objetivo facilitar a organização dos dados extraídos, principalmente por se tratar de um empreendimento de grande porte, composto por três blocos. Tais demandas geraram discussões internas na empresa de arquitetura, que buscou realizar ajustes tanto quanto possível, dado o avanço do projeto e do modelo. Solicitou-se, por exemplo, que os componentes do projeto estrutural estivessem em arquivo separado dos de arquitetura; a separação de alguns panos de laje; a divisão do modelo por andares e não por blocos; a interrupção dos pilares por andar ao invés de blocos únicos que seguissem até a cobertura; e a padronização de nomenclatura de famílias, dividindo por centro de custo, elemento e características. Outras questões foram tratadas pessoalmente e notou-se a dificuldade de adaptação dos modelos em fase avançada de projeto. Até o momento de fechamento de dados desta pesquisa, esse processo permanecia paralisado.

No que se refere a interação dos modelos de sistemas prediais, um representante do cliente participou de algumas reuniões de compatibilização. A partir dessa experiência, algumas questões mais complexas foram apresentadas diretamente à equipe de engenharia em reuniões no canteiro de obras. A engenharia de obra demonstrou interesse no uso do modelo para visualização de pontos críticos de projeto e aderiu ao uso do *Tekla BIM Sight*.

3.3. Empresa “B”

3.3.1. Perfil da Empresa

EMPRESA B	
São Paulo, SP	localização
2 diretores + 15 funcionários	equipe
Pequena Empresa	porte
Revit	software de modelagem
Desde 2014	modelagem da informação

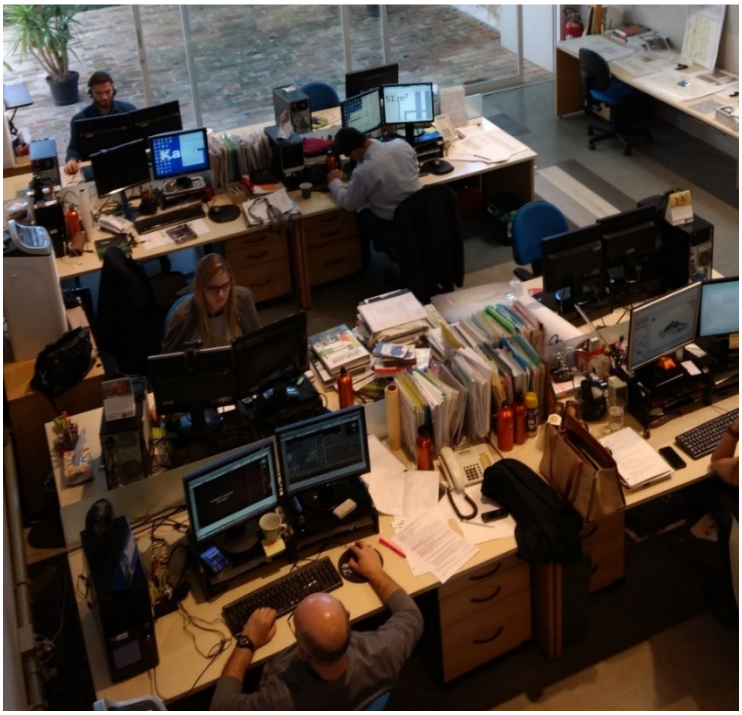

Figura 37 - Empresa B Fonte: Autora

Esta empresa é subsidiária de uma empresa americana fundada em 1875. Localizada em São Paulo desde 1998 sua principal área de atuação concentra-se em projetos hospitalares em todas as fases de projeto: concepção, estudo preliminar, projeto legal e executivo. É uma empresa internacional de projetos de arquitetura e especializada em construções de alta complexidade. Seus projetos têm foco em inovação tecnológica, com uso de materiais e técnicas construtivas diferenciadas e sustentabilidade.

São membros do Green Building Council dos EUA e do GBC Brasil e tem mais de 50% da equipe técnica certificada. Possuem doze projetos registrados ou certificados em LEED. Alguns profissionais da empresa têm conhecimentos específicos sobre a normatização necessária à aprovação de projetos hospitalares. O Lean Design também é uma pratica e filosofia da empresa. Possuíam uma arquiteta dedicada ao estudo de simulações energéticas e especialista em sustentabilidade. Ao longo do estudo de caso a profissional se desligou da empresa.

3.3.2. Gestão da Empresa

A empresa B tem dois arquitetos diretores e um departamento específico responsáveis pela área financeira e de recursos humanos. Este departamento é composto por três profissionais.

O marketing é conduzido por umas das arquitetas diretoras e a parte comercial pelo arquiteto diretor. A gerente de projetos tem como principais funções o contato com os clientes e com a empresa matriz durante o desenvolvimento dos projetos e gerenciamento das equipes de projetos e seus coordenadores. Entre a equipe de produção possuem dois coordenadores, um arquiteto BIM Manager, um arquiteto especializado em sustentabilidade e dois projetistas. Compõe o restante da equipe os demais arquitetos e estagiários.

Ao longo da pesquisa a estrutura organizacional da empresa foi alterada. Por questões pessoais os dois arquitetos diretores se desligaram da empresa em julho de 2016 e a gerente de projetos foi escolhida pela empresa matriz como nova diretora geral.

O processo de implantação deu-se enquanto a nova diretora ocupava o cargo de gerente e foi a principal responsável pela condução da mudança. A estrutura abaixo demonstra a organização da empresa quando se iniciou a mudança tecnológica.

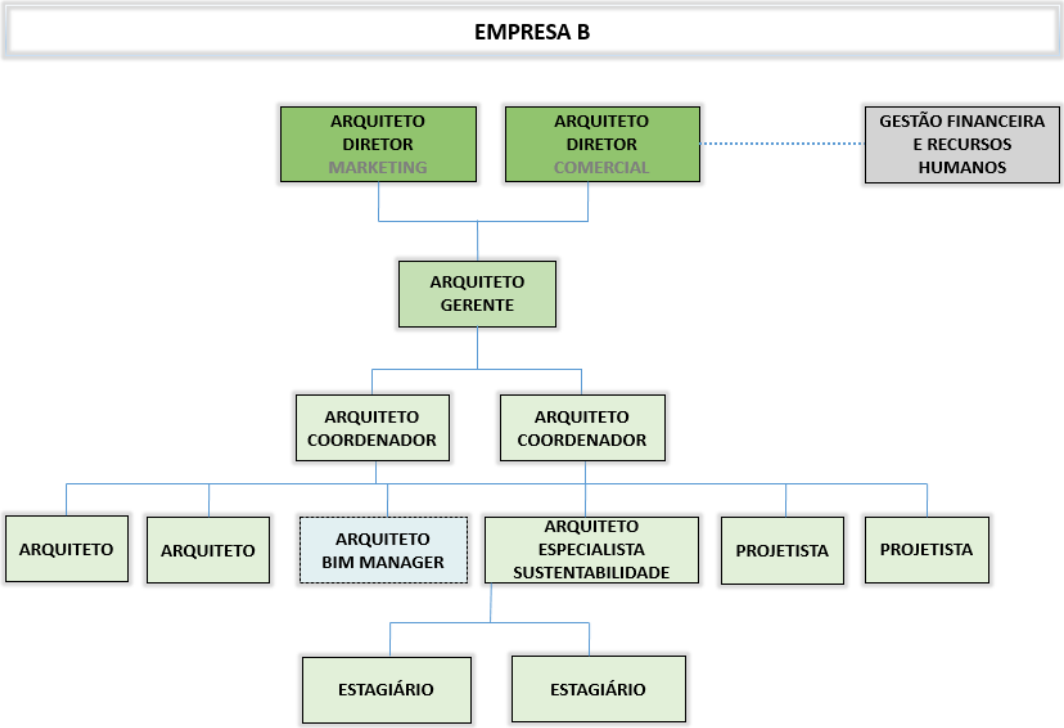

Figura 38 - Estrutura da Empresa B. Fonte: Autora

A modelagem da informação da construção foi implementada na empresa com o objetivo de aumento de produtividade e maior confiabilidade nas informações do projeto, mas principalmente como estratégia competitiva. O intuito principal da diretoria e da gerente era que a introdução da nova tecnologia resultasse em uma diferenciação frente aos seus concorrentes e perante seus clientes. Buscavam ser pioneiros na utilização da tecnologia dentro do seu ramo especifico de projetos.
A geração de novos negócios e a possibilidade de melhores remunerações por projeto eram metas da empresa.

Foi relatado que os projetos com exigência da modelagem tinham valores diferenciados e o retorno desse lucro seria investido na melhoria da tecnologia.
A empresa pretende que todos os seus projetos sejam produzidos com softwares de modelagem mesmo sem a exigência externa.
Uma parte do orçamento anual foi destinado a contratação da consultoria e a diretoria estava ciente que seria um processo longo de amadurecimento e se estava predisposta a se organizar em função da mudança. Dessa forma os custos para a comprar de licenças de software, consultoria e troca de alguns computadores foi previsto e planejado. Entretanto foi relatado pela diretoria que apesar do planejamento

a implantação teve um custo alto para empresa que impactou seu planejamento financeiro. Outros custos adicionais e não previstos foram acrescentados durante o processo e tiveram que ser absorvidos para que a implantação tivesse continuidade. Do ponto de vista de processos internos, a implantação foi encarada como mais um projeto dentro da empresa, como metas estabelecidas, reuniões mensais para discussão de resultados e dificuldades e para fomentar a troca de experiências entre a equipe.

No que diz respeito a capacitação, além dos treinamentos previstos pela consultoria, novos colaboradores foram contratados com experiência no software de modelagem. Ao mesmo tempo investiu-se no treinamento dos colaboradores mais antigos da empresa com a intenção de manter a equipe existente por tratar-se de pessoas com experiência na tipologia de projetos desenvolvidos, os quais exigiam conhecimentos técnicos específicos.

Os dois diretores se envolveram parcialmente no processo de implantação pois não tinham objetivo de se capacitarem no uso do novo software. Sua maior contribuição deu-se por meio da viabilidade financeira do processo, participação das decisões gerenciais iniciais tais como definição de responsabilidades e metas a serem atingidas e motivação constante da equipe. Ainda que um dos diretores estivesse diretamente envolvido na produção de viabilidades iniciais e concepções, a documentação ainda era produzida por ele com ferramentas tradicionais de projetos descritas no item “Desenvolvimento de Projetos”.

3.3.3. Implementação da Modelagem da Informação

Em 2012, a Empresa “B” sofreu uma tentativa de implementação frustrada. Nesse primeiro processo, todos os colaboradores receberam um treinamento ministrado por uma empresa de consultoria e revenda do *software*.

A ferramenta escolhida foi o *Autodesk Revit* em função de a empresa matriz já utilizá-la. A partir do treinamento, tentou-se iniciar um projeto piloto e, dessa experiência, foram relatadas uma série de dificuldades: (i) a ausência de biblioteca de

componentes; (ii) a falta de conhecimento para a personalização do *software* aos padrões de desenho e representação gráfica na empresa; (iii) a falta de conhecimento para trabalho colaborativo; e (iv) a dificuldade de disponibilizar um arquiteto que ficasse responsável apenas pela nova padronização de processos internos.

Com a impossibilidade de encontrar soluções imediatas para tais dificuldades, o processo de implantação não evoluiu e foi abandonado. No início de 2014, deu-se início a uma nova tentativa, desta vez com a condução do processo liderada por uma empresa de consultoria. Neste novo processo, a empresa se baseou em algumas ações principais:

- Novos treinamentos para todos os membros da empresa;
- Criação de biblioteca de componentes que se adequasse às necessidades do projeto;
- *Template* personalizado que se adequasse às representações gráficas de projeto;
- Implantação de uma metodologia projetual de construção da modelagem; e
- Elaboração de dois projetos piloto junto à equipe de produção.

Os treinamentos eram ministrados dentro da empresa, em horário comercial, e foram divididos em três módulos de 40 horas. Um intervalo de duas semanas entre cada módulo foi planejado e a fase de treinamento teve a duração aproximada de três meses. Identificou-se que os treinamentos foram essencialmente de conhecimento do *software*.

Não houve treinamentos conceituais a respeito da modelagem da informação da construção. A base conceitual se dava a partir da consultoria, da gerente de projeto que, paralelamente, buscava conhecimentos complementares, e de um arquiteto da equipe que era corresponsável pela implantação e possuía conhecimentos mais avançados de conceito e teoria.

No último mês dos treinamentos, a equipe de consultoria passou a produzir a biblioteca de componentes da empresa, junto a um arquivo de padronização de desenho; o *template*. Foram levantadas as necessidades das etapas de projeto e seus fluxos de trabalho. A padronização produzida foi utilizada e testada no primeiro projeto piloto da empresa, descrito abaixo em “Projeto 1”.

Na sequência, um segundo projeto piloto foi produzido parcialmente pela consultoria apenas em sua fase inicial e desenvolvido posteriormente pela equipe interna da empresa. Destaca-se a participação ativa da gerente de projetos em todos os treinamentos, na condução e na operacionalização dos projetos piloto e na motivação constante da equipe.

Em 2015, cinco projetos foram iniciados exclusivamente com o uso de ferramentas de modelagem. Dois deles, denominados abaixo como “Projeto 2” e “Projeto 3”, serão acompanhados como parte deste estudo de caso.

O processo de implantação teve a duração aproximada de um ano, mas a consultoria permaneceu na empresa até setembro de 2015, disponibilizando um profissional que desempenhava o papel de *BIM Manager* em tempo integral e alocado na empresa. O objetivo era continuar com a assessoria em todos os projetos em desenvolvimento para que a implantação permanecesse em constante evolução.

Ao longo desse ano, passaram a tratar a implantação da modelagem como um “projeto” dentro da empresa. Essa conscientização da gerência e da equipe tornou possível a criação de um cronograma de reuniões mensais para a discussão das dificuldades e dos resultados obtidos com a modelagem em cada projeto. Em decorrência das reuniões, foram identificadas novas necessidades para manutenção do processo de implantação e, em outubro de 2015, foi contratado um novo profissional com conhecimentos avançados de modelagem e formação em arquitetura para desempenhar a função de *BIM Manager* e evoluir o processo de implantação. Suas responsabilidades e funções serão discutidas em item específico.

Atualmente, a empresa possui aproximadamente dez projetos em andamento ou concluídos que utilizam *softwares* de modelagem. O uso do BIM foi incluído em projetos de reforma de hospitais e, apenas em casos bastante específicos, utiliza-se o *AutoCAD* para produção de desenhos.

Ao longo do estudo, notou-se uma evolução constante no uso da tecnologia – o tempo dispensado para a pesquisa e o desenvolvimento de novas soluções permaneceu constante, desde o início da implantação. Nesse período, a empresa adquiriu *plug-ins* específicos para desenvolvimento de projetos de interiores, a fim de aliar produtividade à entrega de novos produtos aos clientes. Também explorou o uso do *software* na concepção de projetos, utilizando-se de novas funcionalidades até então pouco exploradas.

Um dos novos projetos da empresa fez uso da funcionalidade de criação de massas genéricas e, posteriormente, sua conversão para componentes específicos do *software*. Com isso, almeja-se a obtenção de um processo mais integrado com o uso de uma única ferramenta.

Ainda com o objetivo de extrair um maior potencial da ferramenta, explorou-se o uso dos modelos concebidos nas etapas iniciais de projeto para a criação de esquemas de viabilidades, demonstrações gráficas de faseamento de obra e outros usos. Coube levantar ainda dentro do processo de evolução o uso de *softwares* de análise e compatibilização de modelos. O *software* utilizado foi o *Navisworks*. O aprendizado deu-se pelo recebimento de modelos de outras disciplinas de projeto. No item “Desenvolvimento de Projetos”, estes exemplos serão demonstrados por meio de imagens. Houve uma tentativa de uso do modelo para simulações energéticas, prática comum na empresa.

3.3.4. Benefícios e Dificuldades

A empresa apontou como um dos benefícios principais obtidos a maior produtividade na elaboração dos projetos e relatou casos em que a necessidade de novos estudos do projeto solicitados pelo cliente tornaram-se possíveis no prazo exigido em razão

da rapidez proporcionada pelo *software* na criação de cortes e elevações automáticas.

Outro ponto ressaltado foi a facilidade na extração de informações para os projetos legais. O uso conjunto de *plug-ins* nessa etapa de projeto proporcionou maior confiabilidade e rapidez na extração de dados. Com relação à extração de informações do modelo, a empresa destacou a maior possibilidade de extração de dados.

A visualização tridimensional do projeto já era prática comum da empresa, acostumada ao uso do *SkechtUp* e à manipulação de imagens renderizadas recebidas de terceiros. A diferença é que essa cultura tridimensional, antes empregada e aproveitada somente pelos arquitetos das fases de concepção, se disseminou por toda a equipe e proporcionou maior controle das soluções internas e maior discussão de detalhes do projeto.

A confiabilidade das informações também foi apontada como benefício, bem como a maior capacidade de extração de informações geométricas e não geométricas. Com isso, foi possível a melhoria dos produtos finais entregues, resultando no alcance de uma das metas da empresa: a diferenciação do seu projeto em relação aos seus concorrentes. Em decorrência disso, perceberam a possibilidade de ganhos em futuras concorrências.

Como dificuldade, relatou-se a resistência da equipe às mudanças nos processos de trabalho. A curva de aprendizagem inicial exigiu dos profissionais uma sobrecarga de trabalho para atender simultaneamente aos prazos de projetos e ao aprendizado dos *softwares*. Ainda que a empresa tenha se preparado com a elaboração de padrões de projeto e treinamentos constantes, foram encontradas dificuldades na prática diária de trabalho. Essas dificuldades estavam relacionadas às necessidades mais específicas de representação gráfica, que exigiam a edição da biblioteca de componentes criados pela consultoria.

A falta de prática no uso de ferramentas 3D também pode ser reconhecida como uma barreira inicial. Identificou-se que, em princípio, alguns membros da equipe não faziam uso das facilidades proporcionadas pelo *software*, tais como a facilidade de

visualização integrada de plantas, cortes e vistas 3D, gerando, por vezes, um aparente excesso de informações simultâneas. As reuniões quinzenais de discussão da implantação relataram diversas dúvidas na utilização do *template* criado. Esse documento pretendia simular ao máximo o processo de trabalho já conhecido pela equipe, mas notou-se que, apesar dos esforços dispensados nessa direção, o novo *software* não era capaz de reproduzir fielmente os mesmos processos, sendo necessário que, nessas reuniões, fossem oficializadas novas maneiras de trabalho ao mesmo tempo em que os padrões já estabelecidos eram criticados e aperfeiçoados com o uso.

Concluiu-se que, embora o tempo e o custo investidos para treinamento tenham sido longos, o retorno imediato do conhecimento aplicado aos casos reais de projeto acontece de forma lenta. Por esse motivo, tornou-se necessário mais um investimento: a contração de um *BIM Manager* temporário e, posteriormente, um definitivo.

Outros aspectos relatados durante as visitas estão relacionados às metodologias de trabalho propostas pela consultoria. Observou-se que, por falta de conhecimento no início do processo, a equipe não pode adotar uma postura crítica com relação à aderência dos processos implantados frente às suas necessidades de operacionalização. Alguns pontos foram relatados como sendo de grande relevância:

- A construção do modelo com o uso de paredes separadas, em princípio visto como um benefício para a extração de quantitativos, mostrou-se rapidamente um problema. As famílias criadas possuíam parâmetros específicos que possibilitavam aberturas em todas as camadas das paredes geradas simultaneamente. A necessidade de constantes mudanças no projeto se tornaram um grande problema, pois estas camadas, não vinculadas entre si, exigiam cansativas edições individuais. Em decorrência dessa maneira de construção do modelo, o tamanho do arquivo foi aumentado, o que proporcionou menor velocidade na operacionalização do trabalho.

- Esses mesmos parâmetros passaram a criar problemas quando foram retirados. O *BIM Manager* relatou que alguns objetos não possuíam

“hospedeiro” para atender a essa metodologia de trabalho. Dessa forma, quando editados, estes objetos se comportavam de maneira errada, desconfigurando suas posições iniciais.

- Não foram utilizados parâmetros compartilhados para todos os projetos, o que exigiu a criação e a recriação constante de parâmetros usados em todos os projetos.

- Algumas famílias de objetos encontravam-se em categorias erradas, dificultando, num primeiro momento, a extração de informações em tabelas. Posteriormente, identificou-se que as manipulações operacionais dessas famílias também traziam dificuldades na pratica diária do projeto.

A gerente de projeto classificou algumas dessas metodologias como improvisos ao uso nativo do *software* e à descaracterização de um dos princípios do processo BIM de parametrização. Para solução dos problemas apresentados, instituiu-se uma nova forma de trabalho: optou-se pelo uso de paredes por camadas, pelo uso nativo do *software* e pela extração de quantitativos por meio dos materiais aplicados. Prevê-se uma revisão geral da biblioteca de objetos e a criação de um arquivo único de parâmetros compartilhados.

Outras dificuldades apresentadas pela equipe foram relacionadas com a interoperabilidade entre os *softwares* para a produção de arquitetura. Seja por falta de conhecimento operacional ou por dificuldades impostas pela tecnologia, o processo de produção de projeto se tornou mais complexo com o uso do BIM. Um projeto iniciado no *AutoCAD* era repassado para o *SkechtUp* para obtenção de uma visualização 3D que pudesse ser apresentada ao cliente, ou ainda para que as empresas matriz e filial pudessem conceber o projeto de forma simultânea.

Na medida em que a conceituação era finalizada, apresentava-se a necessidade de exportação de desenhos 2D em formato .dwg do modelo do *SkechtUp* para que fosse inserido no *Revit* e novamente modelado, já na etapa de projeto básico/anteprojeto/projeto legal.

Esse processo trabalhoso era absorvido pela equipe, custando horas de trabalho dedicadas a um processo de reprodução repetitiva do mesmo projeto. Para resolver esta questão, iniciaram-se estudos mais aprofundados das ferramentas de concepção do *Revit*, para que uma parte do processo pudesse ser eliminada.

Os desafios apresentados obrigaram a equipe a dispor de mais horas de trabalho do que o habitual para ultrapassar a fase inicial de uso do *software*. Para sanar os problemas, a presença do *BIM Manager* em tempo integral, seja como consultor ou como colaborador interno, mostrou-se indispensável à manutenção e à evolução do processo. O papel da gerente de projetos também foi fundamental para a manutenção da motivação, uma vez que participava ativamente dos processos operacionais, buscando soluções e alternativas para os obstáculos encontrados.

3.3.5. Novos Cargos

Ao longo do processo de implantação, a Empresa “B” logo identificou no início a necessidade de um *BIM Manager*. Para ela, esse profissional deveria se dedicar à:

- Solucionar as dúvidas diárias da equipe;
- Manter-se constantemente atualizado frente às novas funcionalidades dos *softwares* de modelagem;
- Pesquisar *plug-ins*;
- Buscar maneiras cada vez mais otimizadas e automatizadas para a produção de projetos; e
- Manter os padrões estabelecidos, criar e registrar os novos conforme as demandas de projetos. Esses padrões estão relacionados com o *template* e com a manutenção da biblioteca de componentes da empresa.

Inicialmente, esse cargo foi atribuído a um dos arquitetos corresponsável pela implantação. Logo percebeu-se a impossibilidade do exercício simultâneo das funções de *BIM Manager* e de arquiteto.

Firmou-se um acordo com a equipe de consultoria, para que esta destacasse um de seus colaboradores para exercer a função em tempo integral. Em diversas ocasiões, foi necessário que o *BIM Manager* compusesse a equipe de um determinado projeto para que a finalização e a entrega pudessem ser concluídas.

Com a finalização do contrato temporário junto à empresa de consultoria, um novo *BIM Manager* foi contratado em regime efetivo. Esse profissional passou a avaliar os padrões já estabelecidos e a agregar conteúdo técnico, propondo alterações nos processos estabelecidos. Por meio de sua análise e discussões com a equipe de projeto, foram identificadas as dificuldades relatadas no item anterior. Com o surgimento de novas demandas de projeto, o *BIM Manager* identificou novas necessidades, entre elas a de criação de um Guia de Projeto e Modelagem específico da empresa, que norteará diversos padrões e processos de projeto. Identificou, por exemplo, a necessidade de definição do nível de detalhe por fase de projeto, da criação de parâmetros compartilhados, do estabelecimento de critérios de nomenclatura de modelos, do controle de revisões de modelo, etc.

A Empresa “B” pretende dar início à elaboração do guia, talvez contando com o auxílio de consultoria externa. No momento, o *BIM Manager* se divide por alguns períodos na operacionalização das atividades de projeto. Foi relatado que esta atividade o sobrecarregou nos últimos meses, fato este que prejudicou a evolução do guia.

3.3.6. Projeto de Arquitetura

A empresa passa por uma mudança estrutural atualmente. Antes dessa mudança um dos arquitetos sócios era o principal responsável pela concepção dos projetos, junto a empresa matriz, auxiliado por um ou dois arquitetos da equipe com maior experiência e vocação para esta atividade. O mesmo arquiteto era também

responsável por uma atividade especifica da empresa, nomeada “Plano Diretor”, atividade típica da tipologia de projetos hospitalares. Um dos arquitetos da empresa acompanhava a elaboração de tais atividades.
Cabia à gerente de projetos acompanhar todos os projetos em desenvolvimento quanto à definição de prazos, avaliação do status de produção e contato com clientes. A cada projeto, uma equipe é definida e outros profissionais são adicionados conforme a necessidade de produção

O projeto 1 foi o primeiro projeto elaborado pela empresa na plataforma BIM. Em um primeiro momento, foi totalmente executado pela consultoria e depois retomado pela equipe nas fases subsequentes. Encontra-se paralisado no momento com perspectiva de alterações de escopo.
O projeto 2 é um projeto de médio porte e o primeiro em que a empresa tem interface de demais agentes que fazem uso da plataforma BIM de forma mais completa. Os projetos de sistemas prediais utilizam softwares BIM e o cliente tem uma postura diferenciada dos demais: pretende utilizar o modelo para a fase de orçamento 5D. O projeto encontra-se em fase final de detalhamento enquanto o cliente inicia a concorrência para eleger uma construtora.

O projeto 3 é um projeto de grande porte e complexidade e representa a maneira como a empresa tem conduzido os demais projetos, com algumas melhorias acrescidas. Encontra-se paralisado a espera de definição das próximas etapas.

3.3.6.1. Projeto 1

3.3.6.1.1. CARACTERIZAÇÃO DO PROJETO

Figura 39 - Imagem Renderizadas Fonte: Empresa B

O projeto refere-se a um edifício hospitalar, com área construída de 90.000 m^2, composto de dois subsolos, pavimento térreo e dez pavimentos com características semelhantes. Uma parte da produção do modelo foi elaborada pela equipe de consultoria e acompanhada pela gerente de projetos, a fim de refinar as padronizações desenvolvidas nas etapas iniciais. O escopo de trabalho era Estudo Conceitual, Estudo Preliminar, Projeto Básico, Projeto Legal e Projeto Executivo Simplificado. O projeto foi desenvolvido de 2014 a 2016.

3.3.6.1.2. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

a. Estudo Conceitual e Preliminar

Nessa fase, os primeiros desenhos para estudo de viabilidade foram desenvolvidos em croquis à mão e, posteriormente, modelados no *software SketchUp* (Figura 55). A partir desse processo e com o início da consultoria, foram extraídas do *SkechtUp* as

plantas em .dwg de cada pavimento e inseridas no *Autodesk Revit* para início da modelagem da fase seguinte. A empresa não possuía conhecimentos sobre a possibilidade de interoperabilidade entre os dois *softwares*, e justificou a opção pelo *SketchUp* por ser esta uma ferramenta de uso e conhecimento comum com a empresa sede. As concepções são normalmente elaboradas num trabalho conjunto entre a sede e a filial, e desenvolvidas a partir do envio e do recebimento de arquivos. skp por e-mail.

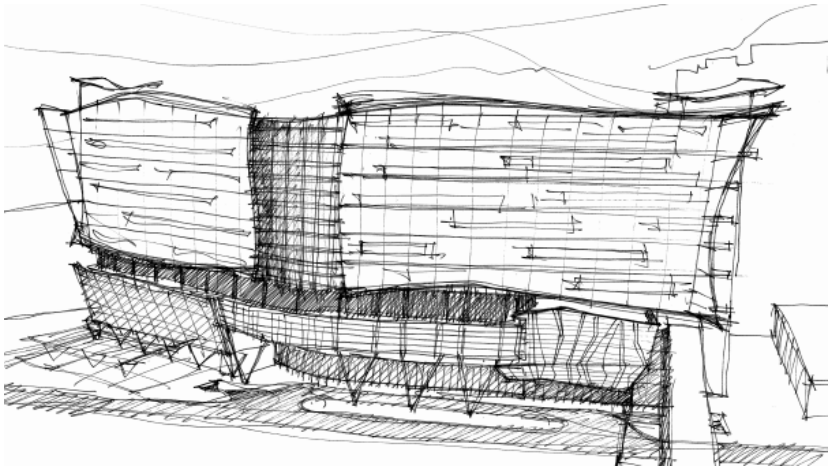

Figura 40 - Croquis. Fonte: Empresa “B”

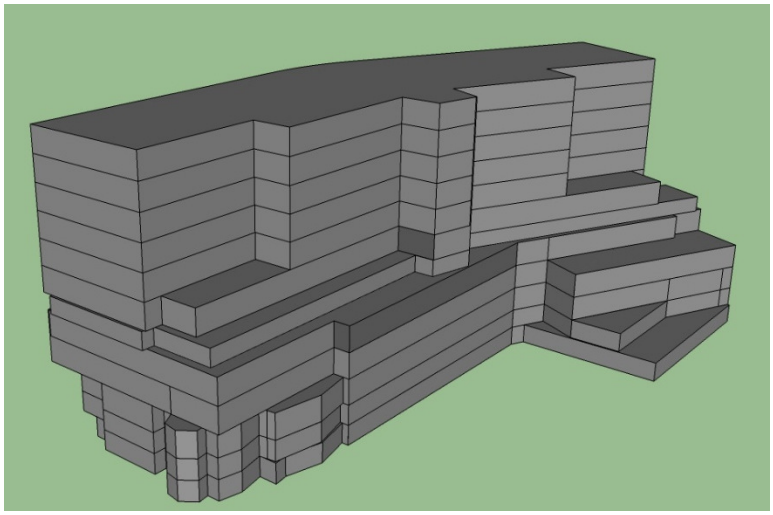

Figura 41 - Estudo de Viabilidade – SkechtUp. Fonte: Empresa “B”

b. Projeto Legal/Projeto Básico/Projeto Executivo Simplificado

O objetivo da modelagem para essas fases eram somente as extrações de documentação 2D que atendessem às demandas específicas de cada fase, e o único resultado esperado, em princípio, eram a criação e os testes dos padrões de

representação e bibliotecas. Inicialmente, a equipe de projeto da empresa auxiliou apenas com verificações a aprovações dos desenhos e, ao longo do desenvolvimento do modelo, alguns arquitetos passaram para as experiências práticas.

Com o desenvolvimento do modelo, observou-se a possibilidade da extração de áreas e de dados típicos apresentados na documentação do projeto legal de forma mais rápida e mais precisa do que a habitual.

Deu-se início aos testes e à identificação de necessidades para a extração dessas tipologias de dados e o processo pelo qual eles seriam manipulados. Sendo esta a primeira experiência, os dados foram extraidos do Revit e transferidos para o *Excel*. A organização dos dados no *software* de forma que atendesse às exigências do projeto legal não foi possível, devido à falta de conhecimento das funcionalidades do *software*; entretanto, a empresa visualizou a possibilidade de melhoria do processo para os projetos.

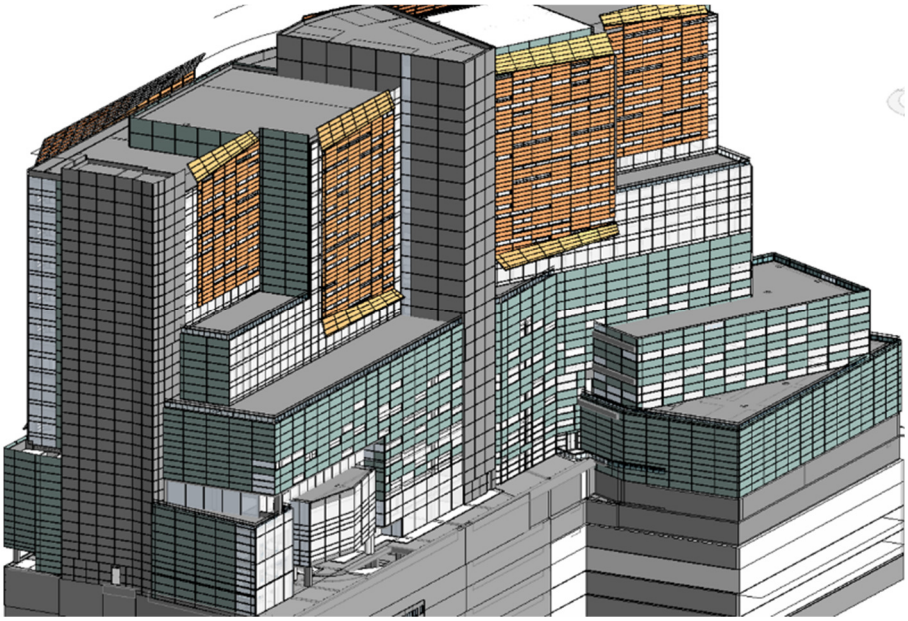

Figura 42 - Modelo do Projeto Legal/Projeto Básico. Fonte: Empresa “B

TABELA DE ÁREAS DE PREFEITURA DO BLOCO 02 - ESTUDO DE PONTENCIAL DE CRESCIMENTO 29/10/2014

ÁREA DO EXISTENTE REGULARIZADO	7.361,66
ÁREA DO TERRENO	12.882,85
ÁREA PROJEÇÃO TÉRREO EXISTENTE	1.421,94
ÁREA PROJEÇÃO TÉRREO - BLOCO 2	4.573,34

pav pref	pav PE	AREAS COMPUTAVEIS- PROJETO ATUAL	AREAS COMPUTAVEIS- CENÁRIO A (Mezanino + 1 Pav.)			AREAS COMPUTAVEIS- CENÁRIO B (Mezanino)			AREAS COMPUTAVEIS- CENÁRIO C (1 Pav.)			AREAS COMPUTAVEIS- CENÁRIO D (255+1Pav.+Piso Tec.)		
2º Subsolo	2º Subsolo											1.300,00	1.000,00	
1º Subsolo	1º Subsolo	674,95	674,95			674,95			674,95			674,95	674,95	
Térreo	1º Pavimento	4.573,54	4.573,54			4.573,54			4.573,54			4.573,54	4.573,54	
Mezanino	2º Pavimento	2.231,18	3.867,90			3.867,90			2.231,18			2.231,18	2.231,18	
1º Pavimento	3º Pavimento	3.682,46	3.682,46			3.682,46			3.682,46			3.682,46	3.682,46	
2º Pavimento	4º Pavimento	4.033,84	4.033,84			4.033,84			4.033,84			4.033,84	4.033,84	
3º Pavimento	5º Pavimento	3.624,22	3.624,22			3.624,22			3.624,22			3.624,22	3.624,22	
			3.624,22						3.624,22			3.624,22	3.624,22	
4º Pavimento	6º Pavimento	807,87	807,87			807,87			807,87			1.050,00	1.050,00	
5º Pavimento	7º Pavimento	3.115,14	3.115,14			3.115,14			3.115,14			3.115,14	3.115,14	
6º Pavimento	8º Pavimento	3.083,49	3.083,49			3.083,49			3.083,49			3.083,49	3.083,49	
7º Pavimento	9º Pavimento	2.822,01	2.822,01			2.822,01			2.822,01			2.822,01	2.822,01	
8º Pavimento	10º Pavimento	2.790,37	2.790,37			2.790,37			2.790,37			2.790,37	2.790,37	
9º Pavimento	11º Pavimento	2.822,01	2.822,01			2.822,01			2.822,01			2.822,01	2.822,01	
10º Pavimento	12º Pavimento	2.779,82	2.779,82			2.779,82			2.779,82			2.779,82	2.779,82	
Heliponto	Heliponto	323,05	323,05			323,05			323,05			323,05	323,05	
	Total	37.363,95	42.624,89			39.000,67			40.988,17			42.530,30	42.230,30	
				diferença C.A	% Para mudança de Processo PMSP		diferença C.A.	de Processo PMSP		diferença C.A.	% Para mudança de Processo PMSP		diferença C.A.	% Para mudança de Processo PMSP
	TOTAL A CONSTRUIR + EXISTENTE REG.	**44.725,61**	**49.986,55**	5.260,94	11%	**46.362,33**	1.636,72	4%	**48.349,83**	3.624,22	7%	**49.891,96**	5.166,35	10%
	COEF. APROV. (C.A.) - 4 (OUTORGA ONEROSA)	3,47	3,88		0,00	3,60			3,75			3,87		
	TAXA OCUP. (T.O.) 50%	46,54%	46,54%			46,54%			46,54%			46,54%		

Vagas necessárias	vagas exigidas	vagas reais - projeto atual	vagas exigidas		diferença	vagas exigidas		diferença	vagas exigidas		diferença	vagas exigidas		diferença
P 50%	448	506	500	499,87		464	463,62		483	483,50		499	498,92	
M 45%	403	405	451	449,88		418	417,26		436	435,15		450	449,03	
G - 5%	45	47	50	49,99		47	46,36		48	48,35		50	49,89	
PNE	27	32	30	28,99		29	27,82		29	29,01		30	29,94	
TOTAL DE VAGAS	**922**	**990**	**1031**	1029,73	-40	**958**	953,06	31,94	**957**	996,01	-7,01	**1029**	1027,77	-38,77
MOTO	180	195	201	199,35	-6	185	185,45	9,55	194	193,40	1,00	201	199,57	-4,57
TOTAL VAGAS + MOTOS	**1102**	**1185**	**1232**	1229,67		**1144**	1140,51		**1191**	1189,41		**1229**	1227,34	
			AUMETAR + 1 SUBSOLO			NÃO AUMETAR + 1 SUBSOLO			NÃO AUMETAR + 1 SUBSOLO			AUMETAR + 1 SUBSOLO		

Figura 44 - Tabela de áreas – Projeto Legal. Fonte: Empresa “B

O projeto executivo desenvolvido foi simplificado apenas para o atendimento do escopo contratado. Foram entregues plantas, cortes e fachadas sem maiores detalhamentos.

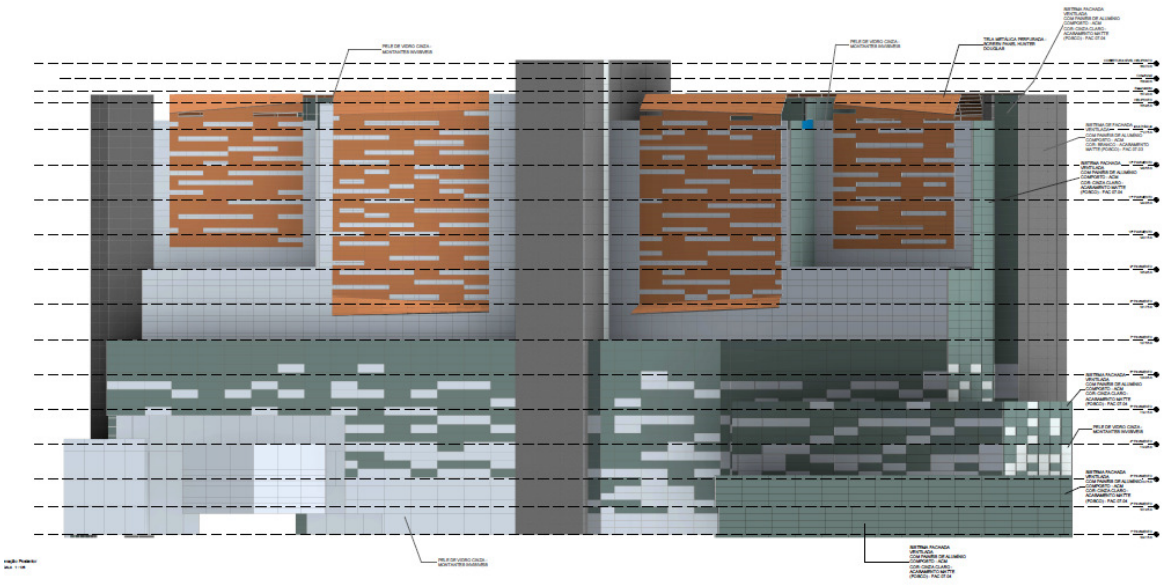

Figura 45 - Fachadas do Projeto Executivo. Fonte: Empresa “B”

O projeto permanece estagnado e a empresa aguarda sua continuidade para definições mais detalhadas. Pretende-se usar o modelo já criado, mas com intenções de adequá-lo às novas metodologias de modelagem estabelecidas pela empresa. A

empresa destaca que esse retrabalho deverá ser compensado pela velocidade com que poderão fazer alterações e ajustes de projeto.

3.3.6.1.3. USOS DO MODELO E NÍVEL DE DETALHAMENTO

O uso pretendido do modelo era somente o de extração de documentação 2D. O nível de detalhamento foi variado – enquanto internamente não houve necessidade de detalhamento de componentes, apenas o necessário para representação gráfica, a parte externa exigiu maior nível de detalhes para que se pudesse representar a solução adotada. O projeto previa um conjunto de brises escalonados que caracterizavam fortemente a estética da fachada (Figura 64).

Tornou-se fundamental a criação e a parametrização desses componentes para que se pudesse absorver as mudanças projetuais que aconteceriam ao longo do desenvolvimento das fases. Em decorrência da inserção de tantos elementos, o arquivo teve seu tamanho aumentado e obrigou a divisão do modelo em cinco partes. A própria fachada tornou-se um arquivo separado, *"linkado"* às demais partes dos modelos. A divisão do modelo foi planejada pela equipe de consultoria que, nas etapas iniciais do projeto, permanecia focada especialmente na questão da produção rápida do modelo, considerando, em menor escala, sua utilização para análise de soluções de projeto. O planejamento da divisão do modelo mostrou-se essencial para garantir a produtividade e o trabalho colaborativo dentro da equipe.

3.3.6.1.4. COLABORAÇÃO

a. Equipes de Projeto

O projetista de estrutura entregou seu projeto em formato .ifc, dividido em duas partes. O objetivo da Empresa "B" era compatibilizar os projetos de arquitetura e de estrutura dentro do Revit e usar o modelo recebido para compor a representação gráfica de plantas e cortes.

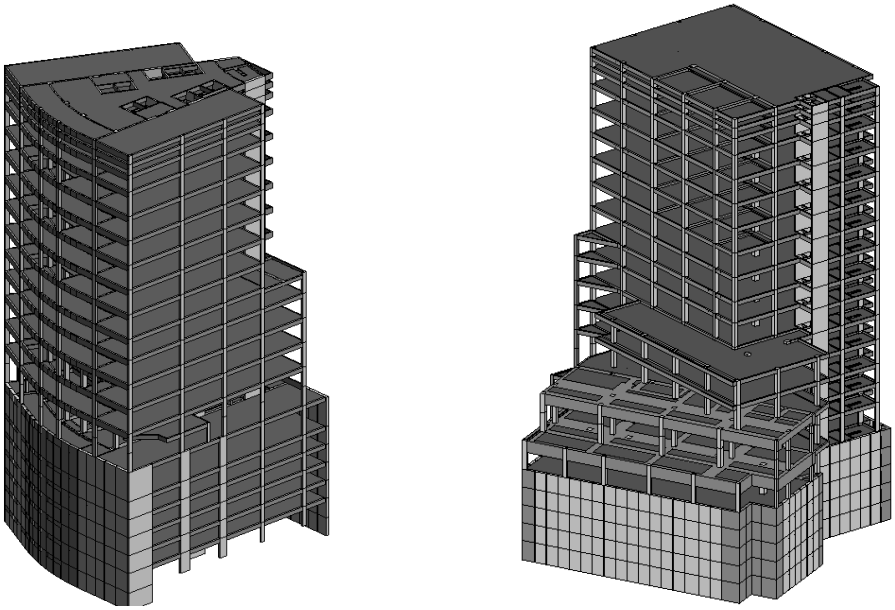

Figura 46 - Modelo do Projeto de Estrutura. Fonte: Empresa “B”

Apesar dos relatos de algumas dificuldades iniciais, foi possível utilizar a estrutura inserida dentro do modelo de arquitetura por meio de um *plug-in* do Revit. Ao receber a estrutura modelada, houve um gasto muito menor de tempo do que se a empresa estivesse responsável por esta modelagem. A compatibilização e a troca de informações foram feitas ainda de maneira tradicional, com a troca de desenhos 2D.

b. Demais Agentes

Não houve colaboração com outros agentes. A troca de informações e a entrega dos projetos ao cliente deu-se por meio de processos tradicionais com desenhos em .dwg e .pdf, e tabelas .xls.

3.3.6.2. Projeto 2

3.3.6.2.1. CARACTERIZAÇÃO

Figura 47 - Imagem Renderizada Fonte: Empresa B

O projeto refere-se a uma clínica localizada em Blumenau, no estado de Santa Catarina. Tem área construída de 20.821,99 m^2 e é composta por térreo e quatro pavimentos.

O escopo de trabalho da empresa previa a Concepção, a Viabilidade, o Estudo Preliminar, o Projeto Básico e o Projeto Executivo.

3.3.6.2.2. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

a. Concepção, Viabilidade e Estudo preliminar

Essas etapas tiveram início com uma série de croquis para definições de partido de projeto (Figuras 67 e 68). Em seguida, desenvolveu-se o primeiro modelo 3D com a utilização da ferramenta *SkechtUp* pelo mesmo motivo adotado no Projeto Piloto – conhecimento de *software* compartilhado pela empresa sede e filial. O objetivo dessa etapa é viabilizar e conceber o projeto. A concepção estética ocorre por meio dos croquis e modelo 3D, enquanto a viabilidade técnica acontece em processo separado

e simultâneo.

O levantamento de dados e a análise de restrições físicas e legais avaliadas foram realizados por meio de planilhas padronizadas produzidas pela empresa para esta finalidade específica. Para estudos de massa, utilizou-se o software Power Point.

A característica peculiar de desenvolvimento dessa etapa de projeto se revelou como sendo uma limitação de conhecimento do diretor da empresa, responsável principal pelo desenvolvimento da atividade de quantificação do potencial construtivo de terreno e análise de viabilidade. A apresentação desses resultados para o cliente é feita quase que exclusivamente por ele e pela gerente geral. Por questões de confidencialidade de informação, esse material não foi disponibilizado para análise.

O processo de definição de partido arquitetônico é exaustivo e demanda diversos ciclos de redesenho, característico dos processos criativos de concepção e das constantes trocas com o cliente. A criação acontece muitas vezes de forma simultânea, alternadamente com croquis e modelos do *SketchUp*. Essa etapa é consolidada após a aprovação pelo cliente do partido estético adotado, bem como do programa de projeto.

Na sequência, uma empresa externa é contratada para o desenvolvimento de uma maquete 3D que produzirá imagens renderizadas de alta qualidade, tendo como base os croquis e os modelos de *SkechtUp* (Figuras 69). A produção dessas imagens tem a única finalidade de confirmar e concretizar o conceito estético adotado e produzir imagens de divulgação do projeto.

Nessa fase ainda são extraídas plantas .dwg do modelo *SkechtUp* e uma documentação básica constando de plantas, cortes e elevações. Os documentos são entregues ao cliente e à empresa que produzira a maquete eletrônica. No processo tradicional da empresa, anterior à implantação, a documentação daria início ao estudo preliminar e ao projeto legal, com a melhoria dos desenhos .dwg extraídos do *SkechtUp*.

A equipe envolvida relatou que, com o processo tradicional, obtinham péssima

qualidade dos desenhos extraídos, o que os obrigava a redesenhar praticamente todo o projeto no *AutoCAD* e completar a documentação com a produção de corte e fachadas. O projeto legal foi extraído do modelo *SkecktUp* conforme o processo descrito acima, mas, nesse caso, foi enviado a outra empresa que deu continuidade paralela à produção dos projetos com as caracteríticas necessárias à aprovação.

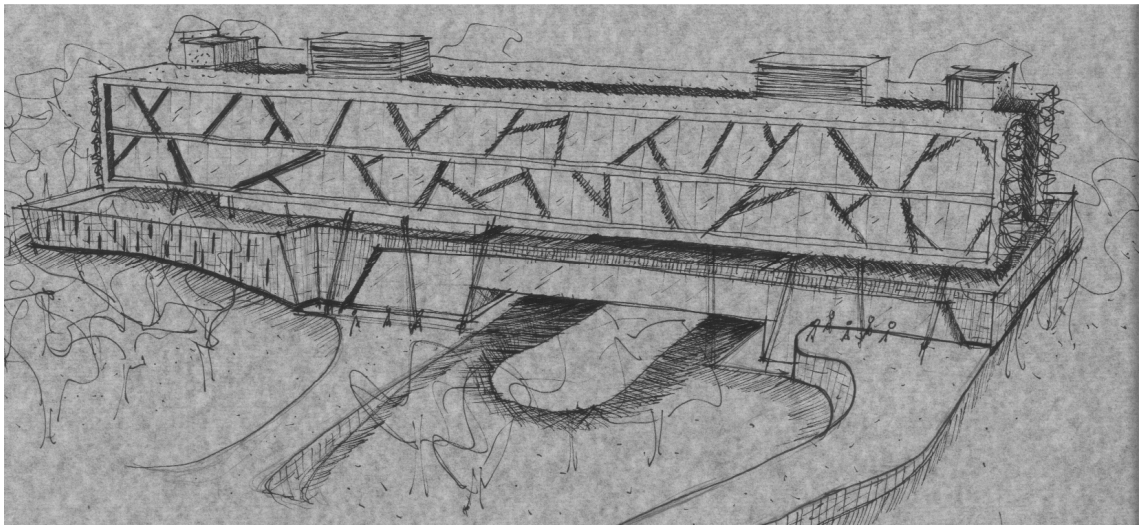

Figura 48 - Croquis de Estudo Preliminar. Fonte: Empresa “B”

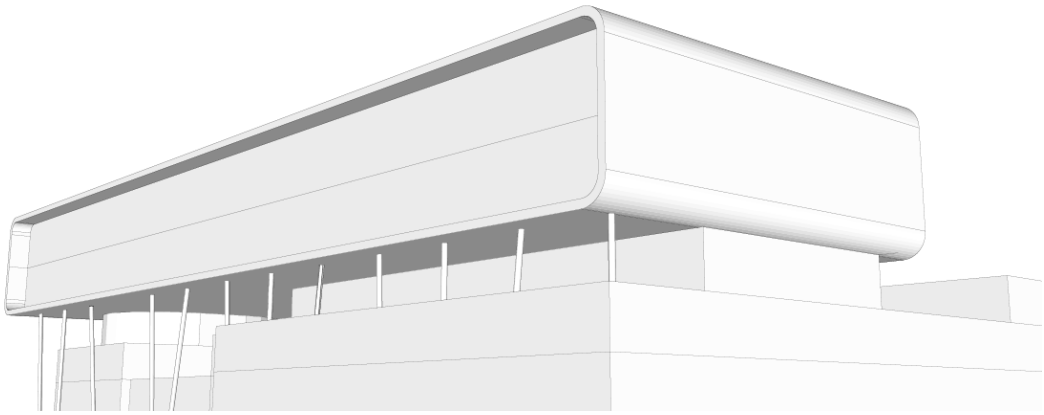

Figura 49 - Modelo de SkechtUp. Fonte: Empresa “B”

Figura 50 - Maquete Eletrônica. Fonte: Empresa “B”

No novo processo de trabalho, as plantas .dwg do estudo preliminar foram inseridas no Revit e iniciou-se, mais uma vez, o mesmo processo de redesenho, mas agora por meio da modelagem no *software*.

A consolidação dessa etapa permitiu que a representação gráfica estivesse coerente com os padrões da empresa e que as bibliotecas de componentes estivessem, em princípio, finalizadas para o uso. A equipe da empresa permaneceu modelando o projeto sob supervisão da consultoria. O resultado dessa etapa de projeto é demonstrada na Figura 51.

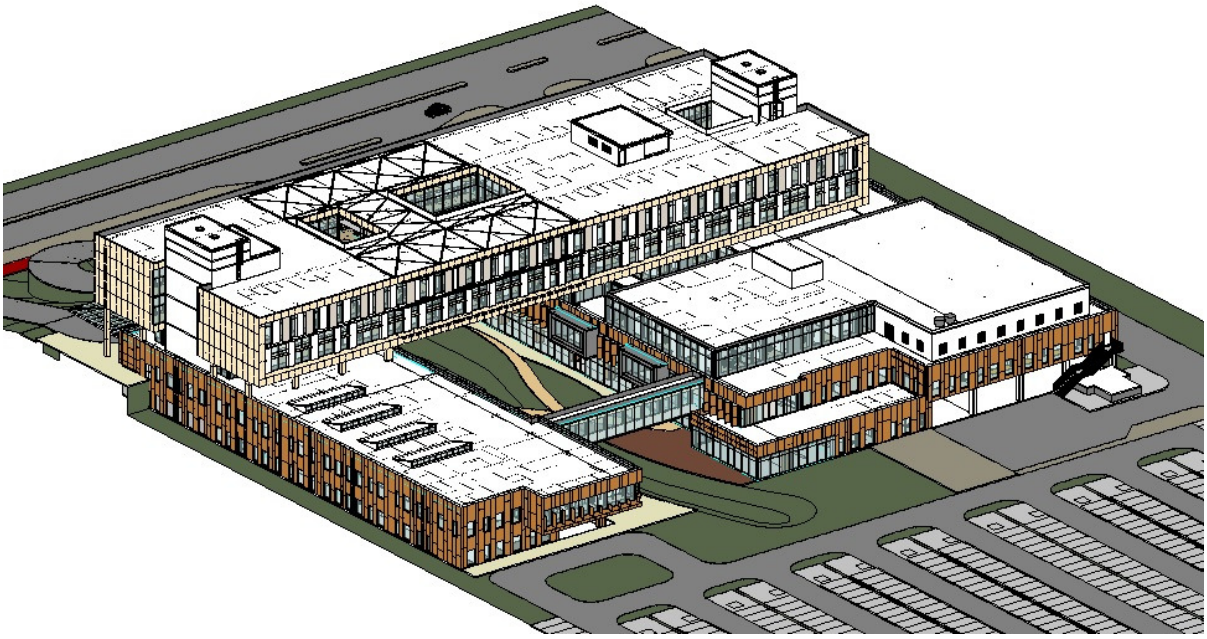

Figura 51 - Anteprojeto. Fonte: Empresa “B”

b. Projeto Básico e Projeto Executivo

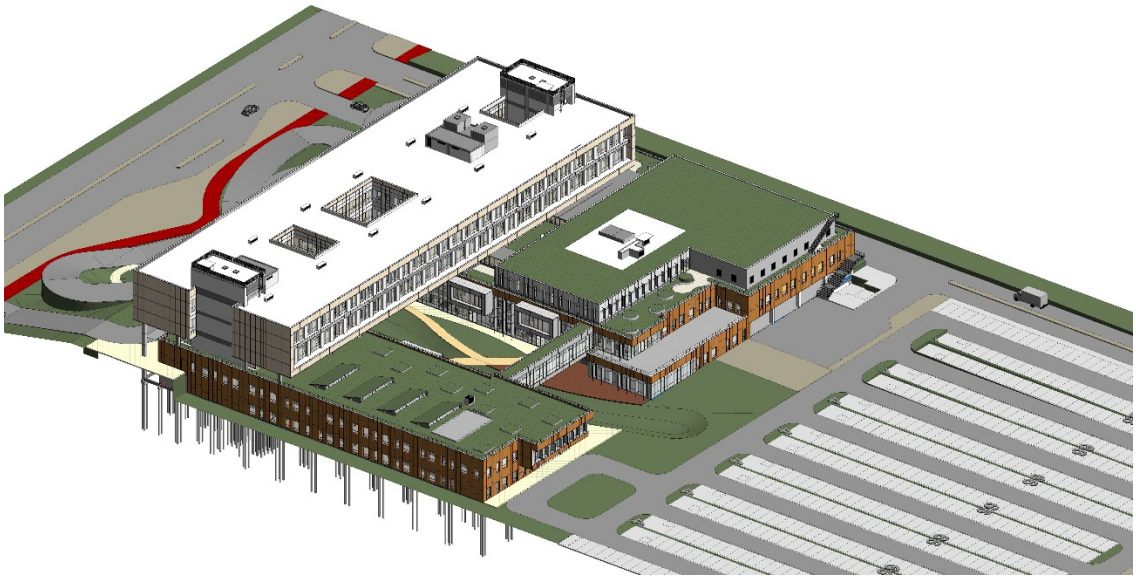

Figura 52 - Perspectiva do Projeto Executivo. Fonte: Empresa “B”

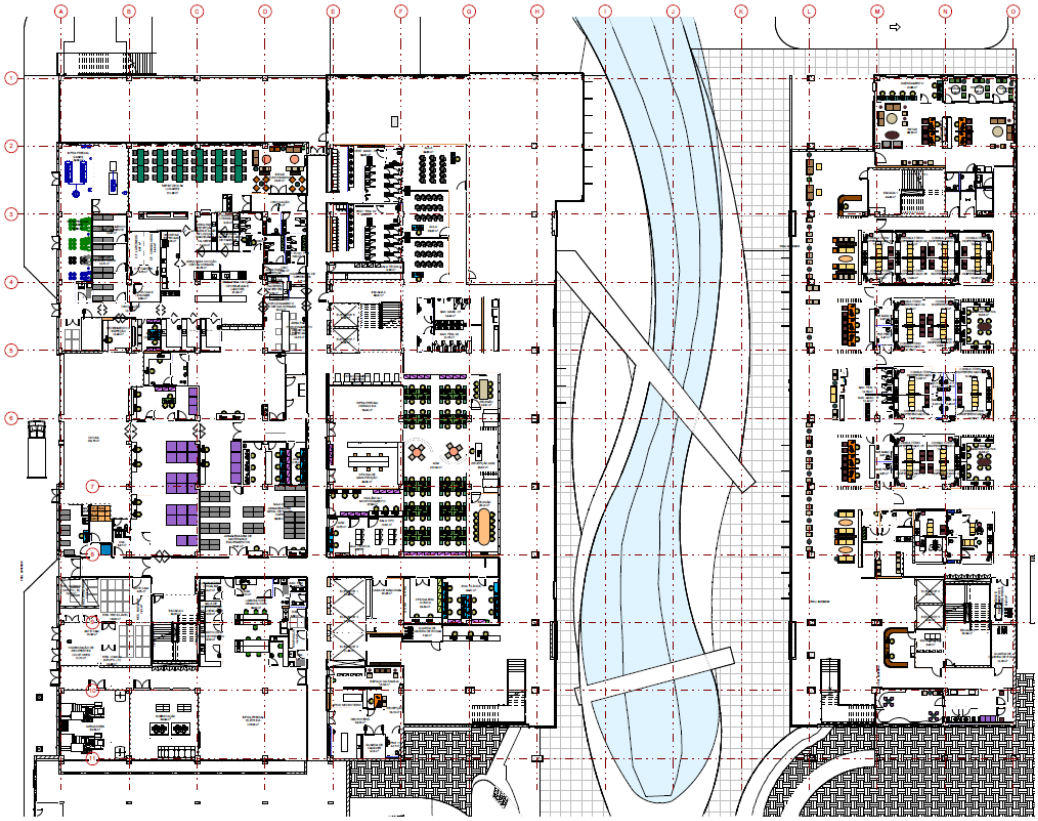

Figura 53 - Planta do Pavimento Térreo – Projeto Executivo. Fonte: Empresa “B”

O projeto básico e o executivo foram produzidos, em sua maior parte, sob a supervisão e com o auxílio operacional do novo *BIM Manager*. Observou-se que esse projeto possibilitou a análise, a crítica e a evolução dos processos e metodologias estabelecidos pela consultoria.

As etapas aqui descritas necessitavam de maior detalhamento, como é característico da etapa e da evolução das informações e definições de projeto. As compatibilizações com as demais disciplinas foram iniciadas aqui precedendo mais ajustes e alterações de projeto. A relação entre os projetos será descrita em item separado.

A equipe destacou que os detalhes ampliados de projeto (Figura 75), antes inseridos como imagens provenientes do banco de detalhes produzidas no *AutoCAD*, agora foram transformadas em linhas nativas do *Revit*. Essa mudança, ainda que trabalhosa, foi identificada como uma melhoria em seus processos BIM, pois a reprodução de tais detalhes em outros projetos seria facilitada. A equipe também notou a diminuição dos tamanhos dos arquivos como resultado dessa alteração.

O detalhamento de esquadrias passou a ser produzido por meio das próprias famílias de projeto. Os projetos anteriores se utilizavam da mesma metodologia descrita para os detalhes ampliados. A equipe relata que obteve como resultado um processo de trabalho mais integrado.

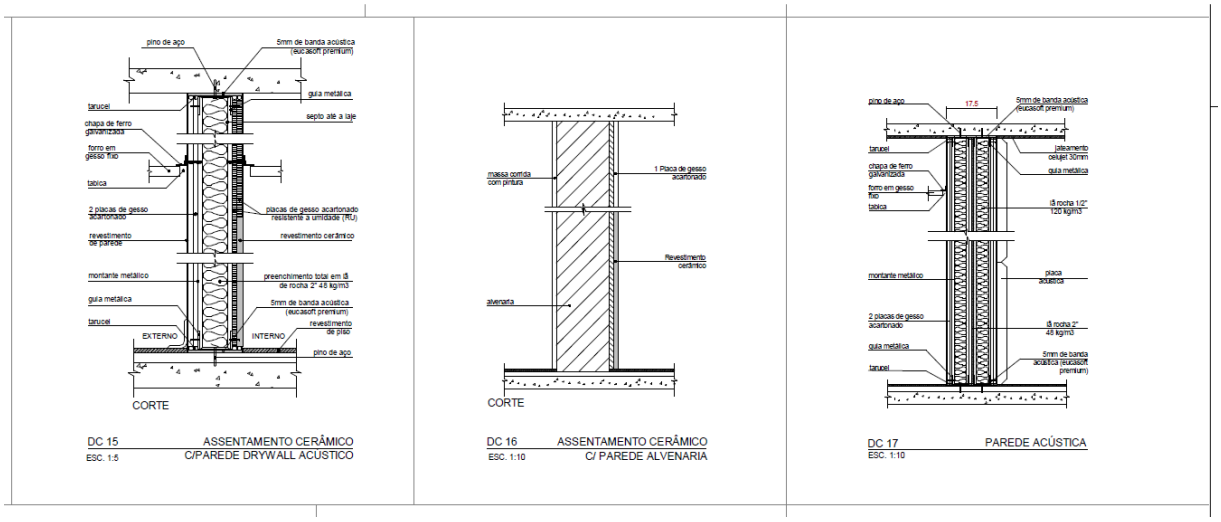

Figura 54 - Detalhes do Projeto Executivo. Fonte: Empresa “B”

Outro ponto destacado como resultante da implantação e como uma evolução dos processos internos foi a capacidade de extrair mais informações quantitativas e lista de componentes que antes não faziam parte do padrão de projeto executivo.

A capacidade de fornecimento, organização e desmembramento das informações foi ampliada. Acrescentou-se a metragem quadrada de diversos componentes antes não quantificados. A equipe atribuiu os novos resultados à facilidade que o *software* proporciona nessas etapas de projeto e destacou que a melhoria foi resultado de um grande trabalho na edição, no refinamento de informações e na criação de parâmetros nos componentes da biblioteca da empresa.

É importante destacar que a modelagem desse projeto já seguiu novas metodologias de trabalho propostas pelo *BIM Manager*. Entre elas, a modelagem das paredes foi elaborada de acordo com a proposta nativa do *software*, utilizando-se de camadas compostas ao invés da separação de alvenarias e acabamentos, como sugerido pela consultoria.

3.3.6.2.3. USOS DO MODELO E NÍVEL DE DETALHAMENTO

Nesse projeto, apesar de não previsto desde o princípio, o uso do modelo avançou para a fase pós-projeto executivo, iniciando uma integração projeto-obra. Relatou-se que, em sua fase executiva, o projeto continha boa parte das informações geométricas e não geométricas necessárias à extração de quantitativos e orçamentos, mas que necessitaria de ajustes, refinamentos e acréscimos.

Acreditava-se que a avaliação de um especialista poderia contribuir para que o modelo produzido pudesse ter seu uso evoluído para as próximas etapas do ciclo de vida do empreendimento, e que essa análise poderia contribuir com informações que seriam aplicadas em projetos futuros. Outra utilização do modelo possibilitado pela modelagem de todos os projetos foi a compatibilização 3D. Utilizando-se de *softwares* específicos para essa finalidade, nesse caso, o *Navisworks*, reuniões de projeto foram conduzidas com o objetivo de visualizar as interferências e solucioná-las de forma integrada.

3.3.6.2.4. COLABORAÇÃO

a. Equipes de Projeto

A interação do projeto de arquitetura com os demais projetos se deu por meio da troca de modelos geométricos. Ao longo do desenvolvimento dos projetos, a Empresa “B” recebeu os modelos do projeto de estrutura e dos projetos de sistemas prediais. A partir desse recebimento, realizou-se a compatiblização dos projetos em *software* específico, o *Navisworks*.

Foi a primeira vez que a empresa executou essa atividade em plataformas BIM e a capacitação técnica para essa tarefa ocorreu devido à experiência trazida pelo novo *BIM Manager*.

Figura 55 - Compatiblização no Navisworks. Fonte: Empresa “B”

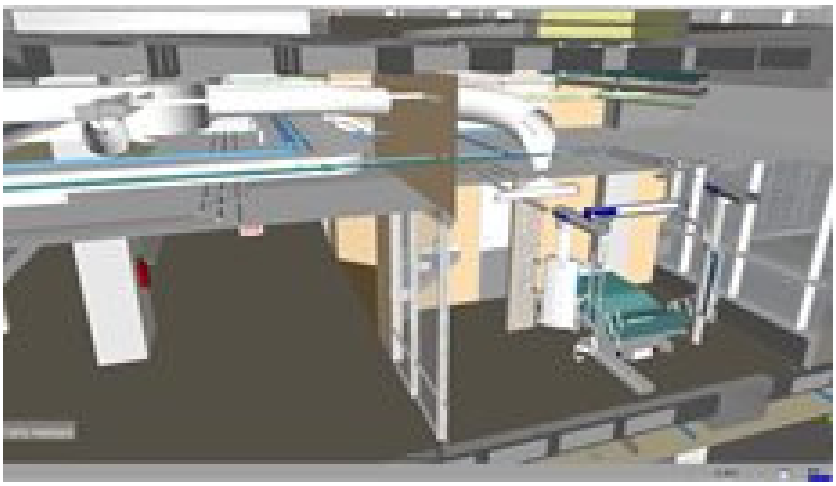

Figura 56 - Compatiblização no Navisworks. Fonte: Empresa “B”

Elaborou-se um relatório no *Excel* contendo imagens 3D, com itens de compatibilização relacionados a todos os projetos.

	Dirciplin	Folha / ando	ASSUNTO	FAS PROJ	Porquê/Solicitação	IMAGEM	RESPONSÁVE
121	HIDRAULICA	2º PAV	Lavatorio visitantes UTI	PB	Prever água quente no lavatório para visitantes da UTI		Luiz Olsen
122	HIDRAULICA	1º PAV	Posto enfermagem RPA do C.C. e Fase 2	PB	HID: Prever ponto de água quente e fria no lavatório do posto de enfermagem da RPA		Luiz Olsen

Figura 57 - Relatório de Imagens 3D. Fonte: Empresa “B”

A partir da elaboração do relatório, iniciaram-se reuniões entre o cliente e as empresas de projeto para análise dos pontos de incompatiblidade e a busca de soluções. Com uso das imagens e dos modelos, foi possível a visualização das incompatiblidades de forma conjunta e a atribuição de responsabilidade para as soluções. Como diferencial desse processo, a equipe de projetos de sistemas prediais também se utilizou dos modelos 3D para apresentar e discutir soluções integradas. Para tanto, gerou imagens constantes em relatórios, conforme demonstram as Figuras 58 e 59.

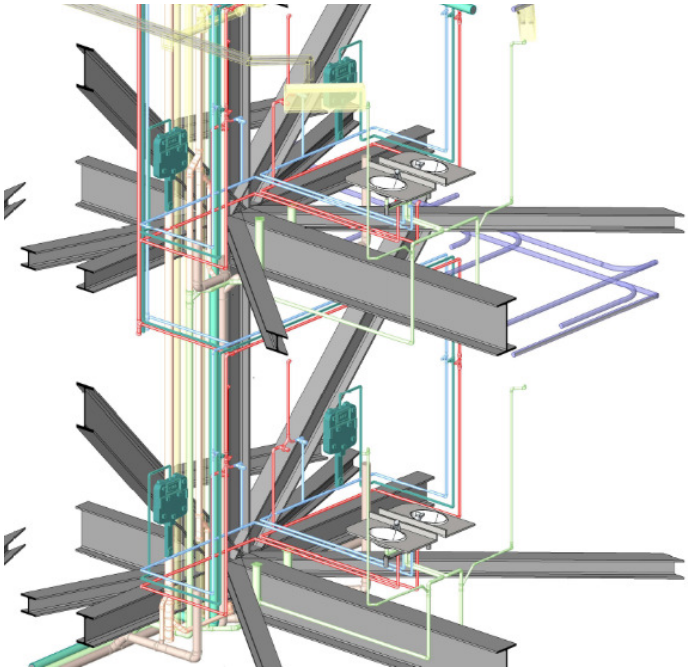

Figura 58 - Modelos de Sistemas Prediais. Fonte: Empresa “B”

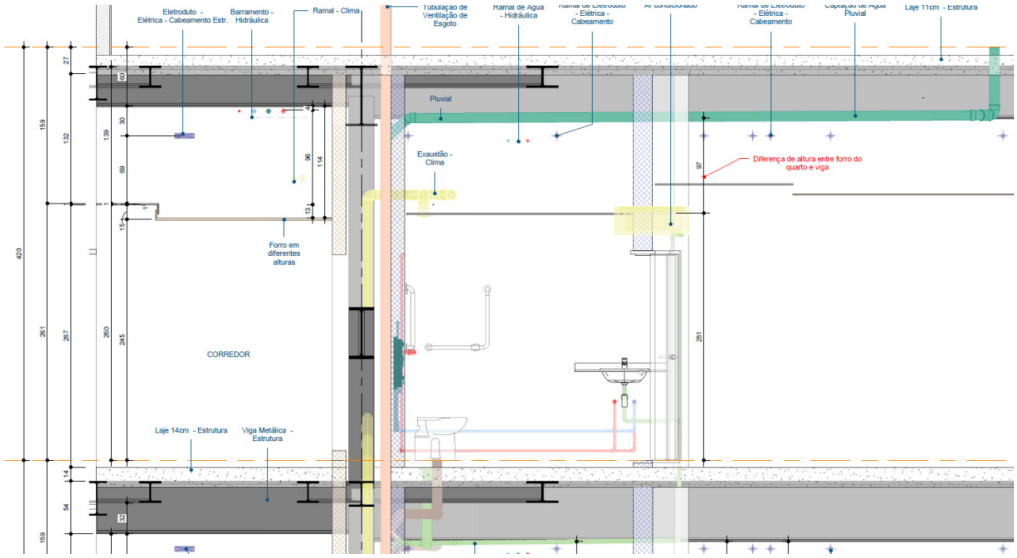

Figura 58 - Modelos de Sistemas Prediais. Fonte: Empresa “B”

b. Demais Agentes

Esse projeto foi o primeiro em que houve um início de integração do projeto com os outros agentes do processo. O cliente promoveu concorrências para escolha da construtora e a Empresa “B” foi convidada a acompanhar e contribuir com o processo. Optou-se pelas construtoras que fizessem uso da modelagem da informação e, por esse motivo, para complementar seu processo, o cliente buscou contratar uma empresa de consultoria que desse suporte ao processo de orçamentação por meio do modelo de arquitetura.

Com isso, a Empresa “B” forneceu seu modelo para duas empresas consultoras, a fim de que obtivessem a avaliação do modelo. Esse processo gerou uma série de questionamentos sobre os dados contidos no modelo e a possibilidade de sua extração para originar um orçamento. Uma das empresas afirmou que não poderia gerar um orçamento a partir do modelo, pois este não havia sido construído de forma que possibilitasse a extração de dados em conjunto com o *software* BIM de orçamentação que utilizava, e considerou que, para que pudesse dar sequência ao processo, precisaria remodelar todo o projeto se utilizando de outra metodologia. Assim, optou por não participar da concorrência. A outra empresa emitiu um orçamento a partir da análise do modelo.

Esse processo gerou na Empresa “B” uma discussão a respeito da extensão de sua responsabilidade como empresa de arquitetura e dos dados fornecidos para as próximas fases do ciclo de vida do empreendimento. A empresa concluiu que, desde que estabelecidos os usos iniciais da modelagem, poderia construir um modelo focado nos usos subsequentes, mas que não poderia se responsabilizar por nenhum processo de orçamentação. Por fim, afirmou ter consciência de que a capacitação de sua equipe técnica não poderia oferecer serviços desta natureza, mas, desde que fossem orientados pelo cliente ou por consultoria, poderiam produzir modelos que atendessem a essas demandas, refinando seus processos, incluindo e formatando dados. Em decorrência dessa discussão, a Empresa “B” continua desenvolvendo o projeto executivo enquanto aguarda novas definições de seu cliente no que diz respeito a esse assunto.

3.3.6.3. Projeto 3

3.3.6.3.1. CARACTERIZAÇÃO DO PROJETO

Figura 59 - Imagem Renderizada Fonte: Empresa “B”

O projeto é um edifício hospitalar localizado em São Paulo. Tem área construída de 141.430,00 m^2 e é composto por um embasamento comum e duas torres

denominadas A e B. O embasamento contém cinco subsolos, térreo e quatro pavimentos. A Torre A terá onze pavimentos tipo, e a Torre B, nove pavimentos tipo. O escopo de trabalho da empresa previa a Viabilidade e Concepção, o Projeto Legal e o Estudo Preliminar.

3.3.6.3.2. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

a. Viabilidade e Concepção

Essas etapas tiveram início com uma série de desenhos croquis para definições de partido de projeto (Figuras 84, 85 e 86), em conjunto com o desenvolvimento do primeiro modelo 3D. Como no Projeto 1, a ferramenta utilizada é o *SkechtUp* pelo mesmo motivo adotado no Projeto Piloto – conhecimento de *software* compartilhado pela empresa sede e filial. O objetivo da etapa é viabilizar e conceber o projeto. A concepção estética acontece por meio dos croquis e modelo 3D, enquanto a viabilidade técnica acontece em processo separado e simultâneo.

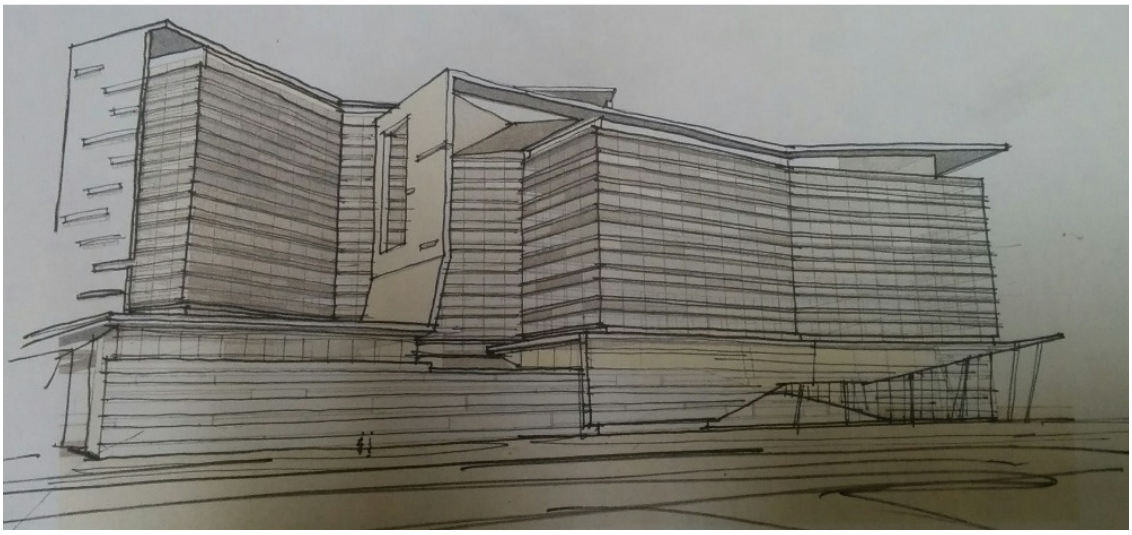

Figura 60 - Croqui. Fonte: Empresa “B”

Figura 61 - Maquete Eletrônica. Fonte: Empresa “B

a. Projeto Legal e Estudo Preliminar

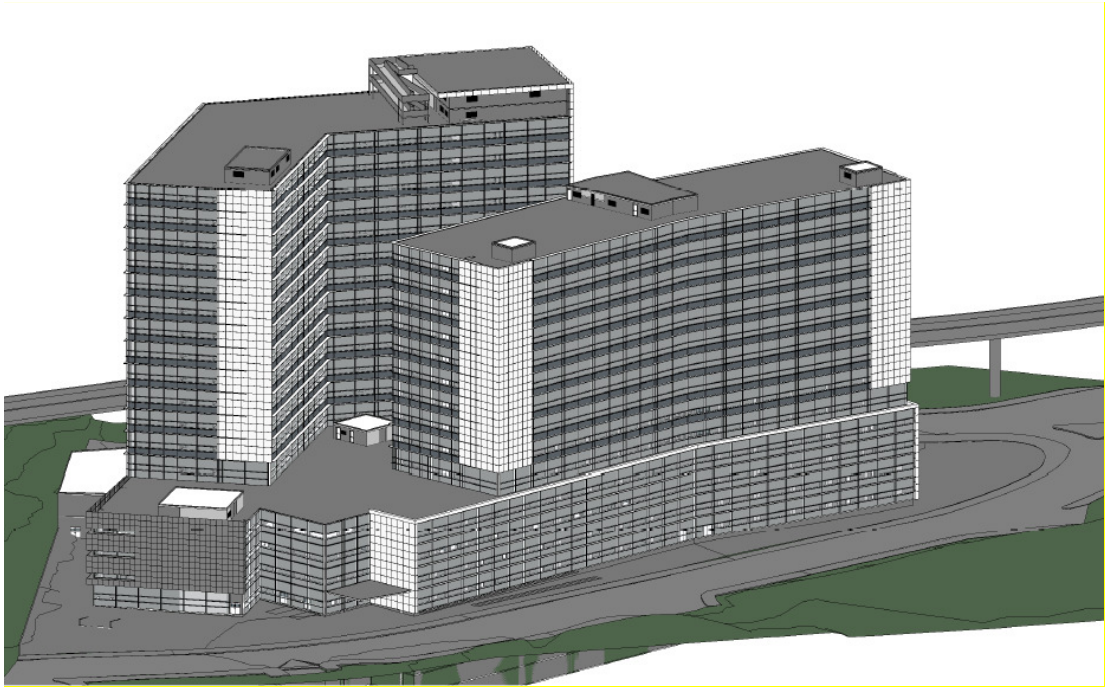

Figura 62 - Modelo do Estudo Preliminar. Fonte: Empresa “B”

A fase seguinte, o Projeto Legal, foi, pela primeira vez, produzida no *software* de modelagem com o uso de *plug ins* que facilitavam a extração e a organização dos dados de área retirados do modelo.

Uma série de tabelas vinculadas ao modelo foram criadas e possibilitaram a maior

confiabilidade dos dados e a automatização do processo. A gerente geral e a equipe relataram um grande benefício alcançado com a utilização da ferramenta neste momento. O cliente solicitou mudanças no projeto, com a inclusão de três novos pavimentos, sem acréscimo ao prazo de entrega final. Por meio da automatização implementada foi possível revisar a documentação do projeto, já quase finalizada. Os cortes e fachadas puderam ser quase que automaticamente revisados, enquanto as tabelas de dados também tiveram sua revisão facilitada. Como resultado, a projeto foi entregue dentro do prazo estipulado.

Com relação às tabelas criadas, notou-se uma evolução quando comparadas ao Projeto 1, já que, nesse caso, foi possível formatá-las dentro do próprio *software* sem que houvesse necessidade de exportá-las para o *Excel*. Com isso, identificou-se maior produtividade e confiabiliadade nos dados que relacionam o modelo às áreas de projeto.

TABELA DE ÁREAS				
PAVIMENTO	ÁREA COMPUTÁVEL	ÁREA NÃO COMPUTÁVEL	ÁREA TOTAL	ÁREA DE PROJEÇÃO
5º SUBSOLO		9,616.65	9,616.65	
4º SUBSOLO		9,276.51	9,276.51	
3º SUBSOLO		9,276.51	9,276.51	
2º SUBSOLO		9,276.51	9,276.51	
1º SUBSOLO		9,276.51	9,276.51	
TÉRREO	9,276.68		9,276.68	9,276.68
1º PAVIMENTO	9,063.18		9,063.18	
2º PAVIMENTO	9,276.68		9,276.68	
3º PAVIMENTO	4,829.54	3,972.98	8,802.52	
4º PAVIMENTO	4,927.43		4,927.43	
5º PAVIMENTO - TORRE A	2,487.33		2,487.33	
6º PAVIMENTO - TORRE A	2,487.33		2,487.33	
7º PAVIMENTO - TORRE A	2,487.33		2,487.33	
8º PAVIMENTO - TORRE A	2,487.33		2,487.33	
9º PAVIMENTO - TORRE A	2,487.33		2,487.33	
10º PAVIMENTO - TORRE A	2,487.33		2,487.33	
11º PAVIMENTO - TORRE A	2,487.33		2,487.33	
12º PAVIMENTO - TORRE A	2,487.33		2,487.33	
13º PAVIMENTO - TORRE A	2,487.33		2,487.33	
14º PAVIMENTO - TORRE A	2,487.33		2,487.33	
15º PAVIMENTO - TORRE A	2,487.33		2,487.33	
16º PAVIMENTO - TORRE A	2,487.33		2,487.33	
COBERTURA (CASA DE MÁQ. / BARRILETE) - TORRE A		620.50	620.50	
CAIXA DÁGUA - TORRE A		528.24	528.24	
5º PAVIMENTO - TORRE B	2,440.10		2,440.10	
6º PAVIMENTO - TORRE B	2,440.10		2,440.10	
7º PAVIMENTO - TORRE B	2,440.10		2,440.10	
8º PAVIMENTO - TORRE B	2,440.10		2,440.10	
9º PAVIMENTO - TORRE B	2,440.10		2,440.10	
10º PAVIMENTO - TORRE B	2,440.10		2,440.10	
11º PAVIMENTO - TORRE B	2,440.10		2,440.10	
12º PAVIMENTO - TORRE B	2,440.10		2,440.10	
13º PAVIMENTO - TORRE B	2,440.10		2,440.10	
COBERTURA (CASA DE MÁQ. / BARRILETE) - TORRE B		324.71	324.71	
CAIXA DÁGUA - TORRE B		78.82	78.82	
TOTAL	**89,182.37**	**52,247.94**	**141,430.31**	**9,276.68**

Figura 63 - Tabelas extraídas do modelo de Projeto Legal. Fonte: Empresa “B”

As duas etapas de projeto – legal e estudo preliminar – apesar de terem entregáveis (plantas, cortes, fachadas) bastante diferentes no que diz respeito à sua documentação, foram extraídos do mesmo modelo. Enquanto o projeto legal objetiva a aprovação do projeto pelos órgãos competentes e, para tanto, faz uso de tabelas de áreas como seu produto principal, o estudo preliminar antecede o projeto básico de arquitetura e tem como objetivo fornecer as bases de projeto para a produção dos

executivos dos demais projetistas (no caso do processo de projeto desta empresa). Com isso, exige definições construtivas mais específicas que o projeto legal.

Figura 64 - Planta do Estudo Preliminar. Fonte: Empresa “B”

Em outros projetos da empresa, essas etapas aconteciam separadamente, obrigando a revisão ou atualização de duas bases de desenho diferentes. Com essa nova forma de trabalho, o processo tornou-se mais integrado. Relatou-se que alguns detalhes relacionados ao projeto básico devem ser ocultados do projeto legal, mas encontrou-se maneiras de executar essa tarefa.

Até o fim da coleta de dados para esta pesquisa, o projeto permanecia em análise de órgãos competentes para aprovação e, dessa forma, o processo de projeto encontra-se paralisado.

3.3.6.3.3. USOS DO MODELO E NÍVEL DE DETALHAMENTO

O uso do modelo foi específico para extração de documentação 2D, mas acrescido de parâmetros exclusivos para a extração de dados de áreas. A quantidade de dados

não geométricos, nesse caso, é maior que os dados geométricos. Já na fase do Projeto Básico, a quantidade de geometria é maior, mas ainda não atingiu seu nível máximo. Da mesma forma que no Projeto 1, o maior detalhamento ocorreu com mais ênfase na parte externa por se tratar de componentes específicos que caracterizam esteticamente o projeto e, na maior parte das vezes, são únicos.

Observou-se nesse projeto o uso do modelo produzido no estudo preliminar para criação de esquemas que representassem o faseamento da obra, bem como o estudo de estruturação de esquemas verticais. Nesse caso, a utilização do modelo mostrou-se interessante por facilitar a visualização do cliente e a criação de possiblidade. Em termos de produtividade, mencionou-se que o uso de um único *software* que possa produzir esse tipo de estudo simplificado auxilia na integração e no rastreamento das informações. Tais esquemas eram antes produzidos em dois *softwares* diferentes para que as imagens fossem geradas.

Também houve relatos de que foram iniciados alguns estudos de massa, como testes, que proporcionaram seu uso efetivo no projeto seguinte, e que permaneciam estudando possibilidades de uso do modelo em etapas preliminares e de viabilidade, já com avanços observados.

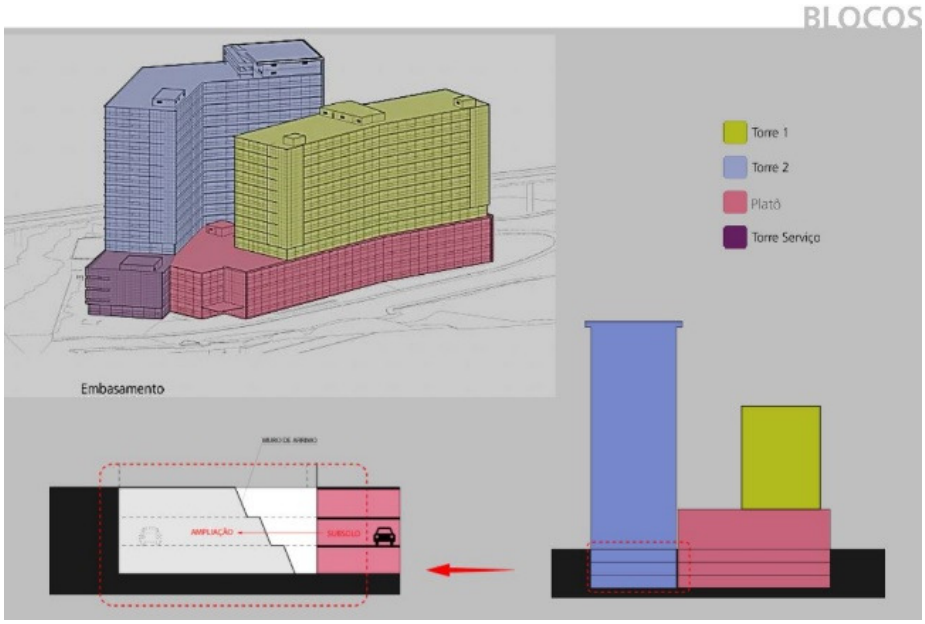

Figura 65 - Esquemas Fonte: Empresa “B”

3.3.6.3.4. COLABORAÇÃO

a. Equipes de Projeto

Não houve colaboração com outros agentes. O modelo de estrutura foi elaborado pela Empresa “B” inserido no modelo de arquitetura.

b. Demais Agentes

Não houve colaboração com outros agentes. A troca de informações e a entrega dos projetos ao cliente deu-se por meio de processos tradicionais com desenhos em .dwg e .pdf, e tabelas .xls.

3.4. Empresa “C”

3.4.1. Perfil da Empresa

EMPRESA C	
Porto Alegre, RS	localização
3 sócios + 17 funcionários	equipe
Pequena Empresa	porte
Archicad	software de modelagem
Desde 2011	modelagem da informação

Figura 66 - Empresa C: Fonte:Autora

Empresa brasileira com sede em Porto Alegre, atua desde 2004 no mercado imobiliário e tem como principais clientes construtoras e incorporadoras. Trabalha quase que excluisvamente com projetos de edifícios residências e comerciais de médio e grande porte para o mercado imobiliário.

Em seu portfólio, possui vários edifícios institucionais, tais como universidades e escolas, além de empresas de projetos de interiores condominiais e paisagismo, em menor escala. Seus diretores a consideram aberta à criatividade dos arquitetos envolvidos e buscam manter essa característica, garantindo o máximo possível de participação dos colaboradores no processo de criação. Eles reconhecem ainda que,

por estas características, acabam atraindo profissionais que gostam de trabalhar no lançamento de ideias e partidos arquitetônicos. O escopo do escritório vai do lançamento do partido até o desenvolvimento do projeto executivo (a fim de preparar a documentação para a construção) e a compatibilização com os demais projetos. É importante destacar que a empresa é atuante na AsBEA-RS.

3.4.2. Gestão da Empresa

A empresa é composta por três arquitetos sócios, doze arquitetos associados e cinco estagiários. Os três socios se revezam nas tarefas de gestão da empresa, cada um com uma responsabilidade definida.

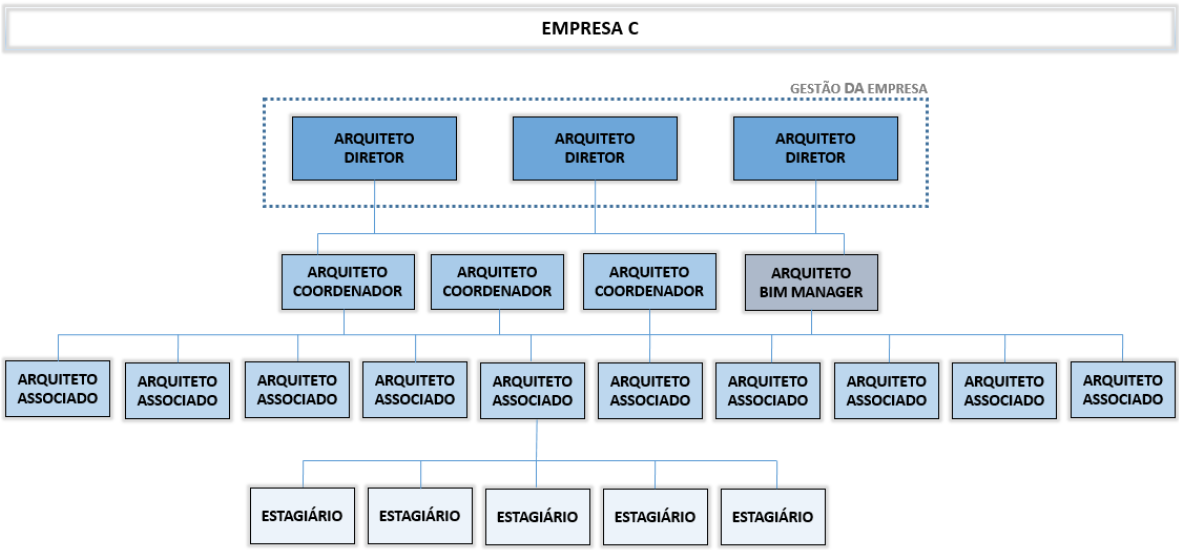

Figura 67 - Estrutura da Empresa C Fonte: Autora

A empresa adotou a modelagem com o objetivo principal de automatizar as rotinas de projeto para que pudesse ter mais tempo para solucioná-lo. Tinha pretensões de ser reconhecida por projetos que levassem informações mais resolvidas, detalhadas e compatibilizadas para seus clientes.

Outro objetivo foi de posicionamento estratégico perante o mercado. A motivação para o uso de uma tecnologia inovadora foi resultado dos objetivos traçados na elaboração do planejamento estratégico: ser um dos maiores (em termos de faturamento) e melhores (em termos de qualidade estética e técnica de projeto) escritórios de arquitetura, buscando a redução de erros e o pronto atendimento às necessidades

das construtoras (seu público-alvo).

A empresa destacou a elaboração de um planejamento financeiro com o objetivo de conduzir a mudança de forma lenta. Dessa forma, *hardwares* e *softwares* não precisaram ser trocados simultaneamente, já que nem todos os projetos alteraram sua forma de produção para o BIM. De forma gradativa, foram aperfeiçoando os métodos de trabalho e adotando a modelagem nos projetos, acreditando que tal estratégia não sobrecarregou a área finaceira e viabilizou a implantação. O impacto na estrutura interna de trabalho também foi lenta e, portanto, não foi necessário, num primeiro momento, que novas contratações fossem efetuadas. A equipe recebeu um treinamento inicial e básico e, a partir do projeto piloto, o uso da tecnologia se disseminou.

3.4.3. Implementação da Modelagem da Informação

A modelagem da informação da construção foi implementada na empresa em 2011. Os objetivos iniciais previstos foram: maior confiabilidade, qualidade e produtividade na produção dos projetos, e automatização das tarefas de projeto permitidas pelo *software*. Tinham por objetivo ganhar tempo para desenvolver os projetos ao mesmo tempo em que analisassem e propusessem novas soluções ou antecipassem problemas.
Um dos sócios identificou uma perda considerável de tempo e produtividade com uso de processos manuais de desenho auxiliado por computador (*AutoCAD*), principalmente em ampliações de partes do projeto e detalhamentos de esquadrias.

Existia uma consciência de que os benefícios do uso do novos *softwares* seriam atingidos de forma gradual e, para isso, definiu-se como primeira etapa a reprodução da mesma qualidade gráfica dos projetos produzidos em CAD no *software* de modelagem em um projeto.

A pesquisa sobre tecnologias foi liderada e conduzida por um dos arquitetos sócios, que participou de treinamentos em uma associação nacional de classe. Junto a essa associação, criou-se um grupo de trabalho focado na modelagem da informação. A

entidade ficou responsável por trazer arquitetos que já trabalhassem com BIM para palestrar e esclarecer as dúvidas dos profissionais do estado. Assim, por meio de pesquisas, cursos, *workshops* e da análise dos *softwares* ofertados no mercado (*ArchiCAD, Revit* e *Micro Station*), foi possível conhecer um pouco mais sobre o tema. Como complemento, o arquiteto participou de um treinamento básico de alguns *softwares* de BIM para arquitetura e, dentro de suas considerarações, resolveu que o mais adequado às necessidades da empresa seria o *ArchiCAD*. Para a implementação, não houve exigência de clientes e a empresa se propôs a participar de um treinamento coletivo do *software* realizado em conjunto com outras empresas de Porto Alegre, em 2011.

O início da implantação deu-se por meio da passagem de um projeto em andamento para a nova plataforma para que se pudesse criar novos padrões de trabalho realizados exclusivamente por um dos sócios fundadores. O objetivo foi testar o *software* em um caso real e apresentar os resultados para os demais sócios. Optou-se por reproduzir um projeto de pouca complexidade, um edifício residencial de uma torre, sem subsolos e com pouca variação de plantas. A tipologia do edifício também já era bem conhecida pela empresa.

Após esse período, todos os colaboradores passaram pelo treinamento do *software*. A partir desse ponto, iniciou-se a criação de novos processos e padrões de projeto nos oito meses seguintes. A empresa pretendia que todos os seus projetos passassem a ser produzidos pelo *software* de modelagem.

Um dos sócios não aderiu a mudança rapidamente e foi uma das últimas pessoas a trabalhar no *ArchiCAD*, demonstrando grande resistência às mudanças.

O sócio que conduziu a mudança descreveu que a curva de aprendizagem da equipe não foi longa. Sua justificativa para esse fato foi a de que o *software* utilizado é de fácil aprendizagem e pouco burocrático quando comparado aos demais, permitindo, ainda que não totalmente configurado, a possibilidade de produção de um projeto de menor porte. Outro ponto destacado foi a facilidade na criação da biblioteca de componentes, quando comparado ao *Revit*. Segundo ele, a produção da biblioteca de componentes da empresa foi elaborada internamente e é regularmente aperfeiçoada e evoluída a

cada projeto realizado. A utilização da parametrização foi mencionada como uma tarefa simples e intuitiva. A empresa também faz uso do trabalho colaborativo com as funcionalidades próprias do *software*.
A condução de cursos conceituais sobre o tema não foi relatada, mas pode-se perceber que a cultura da empresa está bem estabelecida dentro dos limites propostos na implementação. O investimento financeiro ficou por conta da aquisição de licenças de *software*. Após o período de implantação e conforme o uso contínuo do *software*, os equipamentos foram sendo trocados lentamente para que a ferramenta pudesse ser utilizada em seu maior potencial.

O sócio mencionou que essa implantação gradual, em pequenas partes, possibilitando a inserção da cultura na empresa ao mesmo tempo em que os aportes financeiros não foram altos em um primeiro momento. Todo o investimento foi feito de forma gradual e não impactou a gestão da empresa.

O escritório desenvolveu, até o momento, 57 projetos em *ArchiCAD*. A maioria deles, em todas as etapas, alguns concursos foram até o Estudo Preliminar e outros projetos que estão em andamento, em diferentes etapas. Muitos profissioanais da empresa não chegaram a ter contato com os processos anteriores de projetos elaborados no *AutoCAD*. Percebe-se, portanto, que a implantação, dentro do objetivos propostos, encontra-se consolidada.

3.4.4. Benefícios e Dificuldades

O principal benefício destacado foi o aumento da produtividade de projetos com maior qualidade. A modelagem trouxe maior capacitação à equipe para encontrar soluções de projeto e detectar incompatibilidades antes que o projeto chegasse à obra. A capacidade de visualização do projeto melhorou, assim como a quantidade de documentos que esclareçam as soluções de projeto adotadas. Percebeu-se também a possibilidade de realizar melhorias para fazer quantitativos de áreas, assim como de objetos, e novas formas de desenvolver projetos mais complexos.

O arquiteto responsável pela implantação entende ser um benefício considerável do *ArchiCAD* manter o projeto atualizado até a conclusão da obra, pois nos projetos feitos

em *AutoCAD* observava-se que, quando uma solicitação de alteração era feita, o ajuste ocorria apenas nas plantas necessárias, não existindo a manutenção do projeto em paralelo à construção.
A confiabilidade das informações também foi apontada como benefício, bem como a maior capacidade de extração de informações geométricas. Isso tornou possível a melhoria dos produtos finais entregues, resultando no alcance de uma das metas da empresa: a diferenciação do seu projeto em relação aos seus concorrentes. Percebeu-se a satisfação dos clientes, fidelizando-os aos serviços prestados pela empresa. Contar com uma equipe melhor qualificada, detentora de maiores conhecimentos de projeto, elevou a qualidade técnica da empresa.

O escritório mencionou algumas dificuldades relacionadas ao uso do programa nos encontros de paredes e materiais e nas configurações de pavimentos. Também tiveram dificuldade com os arquivos de grandes projetos, que ficavam muito pesados. Assim, percebeu-se a necessidade de fazer a divisão do modelo em partes, a fim de tentar resolver o problema.

A empresa demonstra muito interesse em evoluir. Acredita que chegaram ao limite do que o programa pode oferecer em termos de tecnologia para a produção do projeto de arquitetura, e vê como uma dificuldade o fato de o setor da construção civil, em nivel regional, não ter avançado em direção à modelagem. Dessa forma, não encontra situações em que desafios sejam propostos para a integração dos seus modelos com a de outros projetistas. Recentemente, apresentou-se na AsBEA-RS fazendo questionamentos sobre o fluxo de trabalho entre projetos e o uso do .ifc., conforme as figuras abaixo. A empresa destacou que a evolução do BIM depende do uso da tecnologia por um maior número de empresas dentro do setor de projetos.

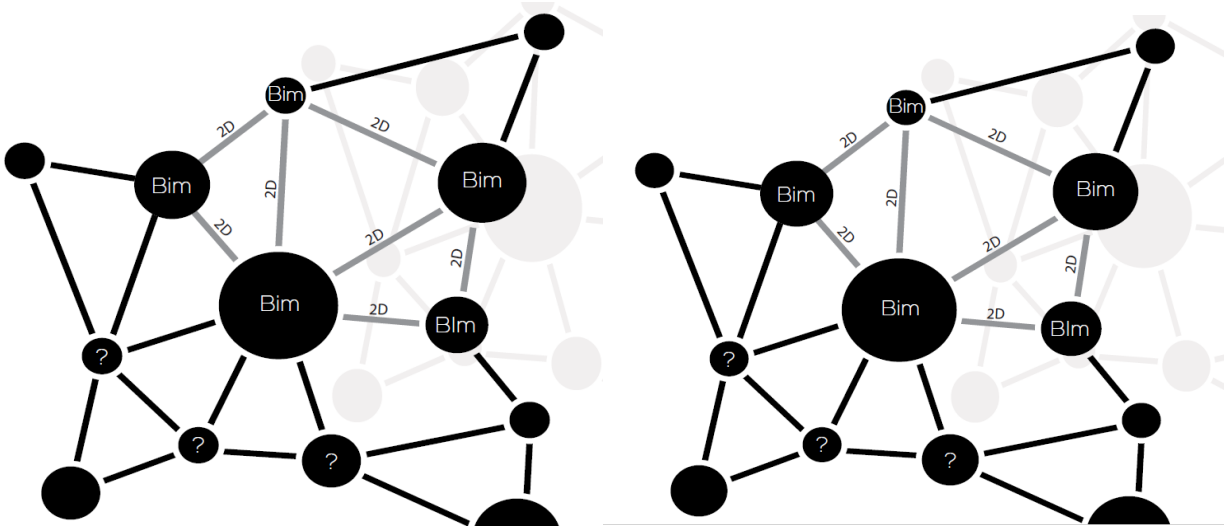

Figura 68 - Fluxo de Trabalho. Fonte: Empresa “C”

Os clientes também não demandam a utilização da modelagem e não fazem uso dos modelos; portanto, a empresa não encontra desafios que a faça evoluir nas possiblidades de interoperabildiade ou extração de dados do modelo.

3.4.5. Novas Funções

Desde o início, o arquiteto sócio, como principal motivador da implantação da modelagem da informação na empresa, assumiu o papel de *BIM Manager* até 2015. Em 2016, um dos arquitetos colaboradores assumiu essa função. Atualmente, o *BIM Manager* é responsável pelas mudanças de *template* e pelos critérios e padrões para o escritório, mas afirma que, com sua aprovação, até os estagiários podem criar novos *layers*.

O *BIM Manager* estabelece os padrões iniciais; no entanto, o gerente do projeto pode adequar esse padrão às características de um projeto específico. Este profissional lista as principais características do *manager*, em sua opinião: facilidade com *softwares* e tecnologias, raciocínio lógico rápido, facilidade de aprendizado e objetividade.

A seleção de novos profissionais e estagiários prioriza características como a

facilidade de aprendizado e o interesse em tecnologias, principalmente em relação ao domínio do *software*. Dessa forma, a falta de conhecimento de *ArchiCAD* ou BIM não é limitadora. Isso se justifica pelo fato de que a Empresa “C” oferece um treinamento básico para os novos integrantes.

Observou-se que os estagiários jovens têm maior facilidade no aprendizado do suporte e acabam transferindo esse conhecimento para o desenvolvimento dos seus projetos acadêmicos.

A divisão de tarefas na Empresa “C” está diretamente relacionada com a capacidade de cada membro da equipe, mas, conforme o *BIM Manager*, o *ArchiCAD* revela quem é o “arquiteto de verdade”, pois exige conhecimentos técnicos. O *BIM Manager* constatou que a representação do modelo de informações, ou mesmo do modelo unicamente geométrico, requer uma aproximação técnica maior da construção. A partir da implantação do *software*, muitos desistiram do aprendizado e foram substituídos na equipe.

3.4.6. Desenvolvimento de Projetos

De um modo geral, os projetos têm um gerente. Esse profissional acompanha o projeto do início ao fim e pode ser um dos três sócios diretores ou um sócio arquiteto, dependendo do projeto. Para o lançamento do partido inicial, a postura do escritório é a de garantir a participação de todos, sendo recorrente a atividade de *brainstorm* entre a equipe. Nesse caso, a empresa possui um amplo portfólio de projetos elaborados com o *software* BIM.

O Projeto 1 foi o primeiro projeto da empresa a utilizar o *ArchiCAD*. É um projeto de pequeno porte que já foi concluido em todas as suas fases: projeto e obra. O Projeto 2 é o primeiro caso em que a empresa faz interface com os demais projetos dentro da plataforma BIM e utiliza um segundo *software* para compatibilização. O Projeto 3 é um projeto de grande porte e complexidade por ser de múltiplo uso. Representa o modo habitual como a empresa utiliza a tecnologia aplicada ao projeto. Atualmente,

encontra-se em fase de construção.

3.4.6.1. Projeto 1

3.4.6.1.1. CARACTERIZAÇÃO DO PROJETO

O projeto refere-se a um edifício residencial localizado em Porto Alegre. Possui quinze andares, 6.057,72 m^2 de área construída e apartamentos de 51 e 53 m^2 de área privativa. As vagas de garagem estão situadas no pavimento térreo e o empreendimento, portanto, não possui subsolos. Sua infraestrutura e áreas comuns contam apenas com uma área de *Fitness* e um Espaço *Gourmet*.

3.4.6.1.2. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Figura 69 - Perspectiva Geral – Projeto Executivo. Fonte: Empresa “C”

O projeto foi conduzido pela empresa de forma tradicional, avançando nas etapas de estudo preliminar, anteprojeto, pré-executivo e executivo. Como é característica dos empreendimentos imobiliários, a concepção de projeto é mais voltada ao aproveitamento do potencial construtivo da área e não possibilita uma variação de composição criativa. Portanto, o início do projeto deu-se com a análise dos condicionantes legais e com a definição da planta do pavimento tipo.

O projeto não era complexo do ponto de vista de solução de projeto e foi iniciado de modo tradicional com o uso do *AutoCAD*. Este foi o primeiro projeto em que a empresa utilizou a modelagem da informação e, a partir dele, estabeleceu os padrões que seriam adotados e aperfeiçoados ao longo dos anos. O projeto funcionou como um teste para verificar a capacidade do *ArchiCAD* de simular o mesmo padrão gráfico da empresa.

O início da modelagem ocorreu na etapa de anteprojeto e seguiu até o executivo. Relatou-se que, apesar de ser a primeria experiência com o *ArchiCAD*, o processo foi concretizado de forma simples. O *software* permitiu a criação de biblioteca de componentes, até então inexistentes na empresa, com características suficientes para que pudessem ser representadas em 2D e 3D. O trabalho interno não foi realizado de forma colaborativa, pois foi elaborado apenas por um dos sócios diretores.

Em termos gráficos, o projeto executivo foi representado de acordo com os padrões da empresa e atendeu às expectativas, conforme demonstram a a Figura 71, parcial do pavimento tipo.

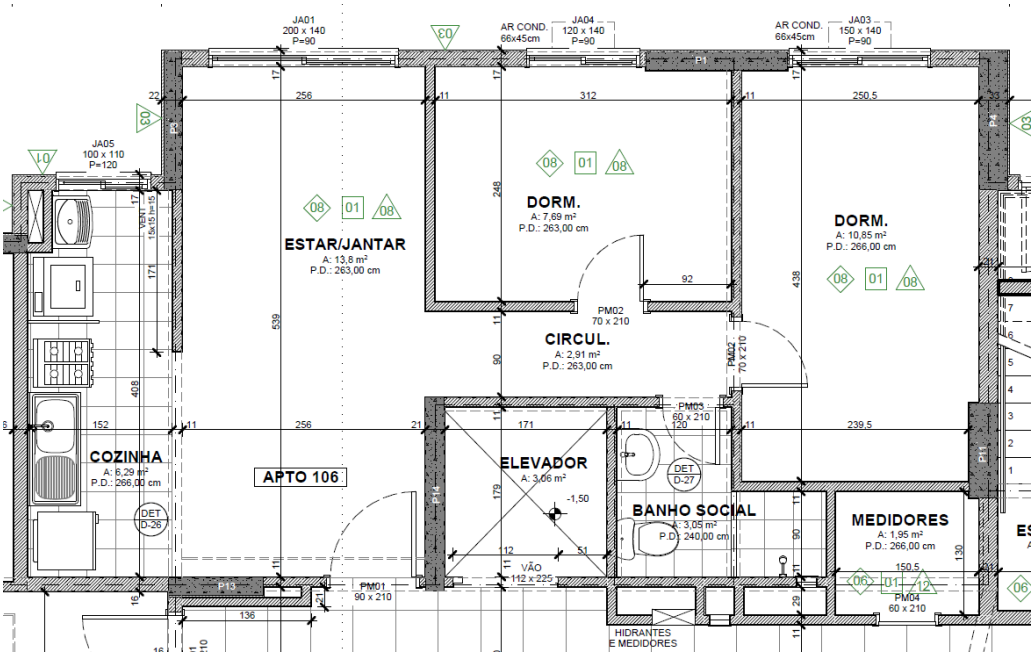

Figura 70 - Planta do Pavimento Tipo – Parcial. Fonte: Empresa “C”

Os cortes e fachadas também obtiveram os mesmos resultados em termos gráficos e puderam se beneficiar das vantagens de automatização do *software*.

Para esse projeto, a quantidade de documentação permaneceu a mesma dos demais.

O projeto de estrutura foi modelado junto da arquitetura com o objetivo específico de representar graficamente os pilares nas plantas e as vigas e lajes nos cortes.
Já puderam ser utilizadas formas mais automatizadas de identificação de esquadrias e áreas, e acabamentos dos ambientes.

Figura 71 - Fachada e Corte – Projeto Executivo. Fonte: Empresa “C”

Foram acrescentadas apenas algumas imagens 3D para melhor visualização de pontos críticos ou com diferenças, e perpectiva geral do empreeendimento, configurando uma melhoria, ainda que em pequena escala, dos produtos entregues.

Os desenhos entregues para o cliente em janeiro de 2013 foram todos extraídos da modelagem. Atualmente, a obra já encontra-se concluída.
Relatou-se que a escolha do projeto e do cliente também contribuiram para a conclusão bem sucedidade dessa primeira experiência. O cronograma de trabalho permitiu alguma flexiblidade de prazos para absorver horas de trabalho superiores às convencionais. O projeto possuía um programa simples e não exigia grande

quantidade de detalhamento por tratar-se de um edifício residencial de baixo/médio padrão.

3.4.6.1.3. USOS DO MODELO E NÍVEL DE DESENVOLVIMENTO

O uso do modelo foi exclusivo para a Empresa “C” e não houve extração de dados.

3.4.6.1.4. COLABORAÇÃO

Não houve colaboração com outros projetistas e nem com outros agentes. A troca de informações e a entrega dos projetos ao cliente deu-se por meio de processos tradicionais, com desenhos em .dwg e .pdf, e tabelas .xls.

3.1.1. Projeto 2

Figura 72 - Imagem Renderizada. Fonte: Empresa “C”

3.1.1.1. Caracterização do Projeto

O projeto é um edifício residencial de sete andares, localizado em Porto Alegre e elaborado pela empresa no período de 2014 a 2016. Possui área construída de 4.557,67 m^2 e contempla apartamentos de alto padrão com 230 m^2 por unidade.

3.1.1.2. Desenvolvimento do Projeto

a. Estudo Preliminar, Projeto Legal e Anteprojeto

Embora a concepção de projeto também seja mais voltada ao aproveitamento do potencial construtivo por se tratar de um empreendimento de caráter imobiliário, foram possíveis alguns estudos volumétricos nas etapas iniciais de projeto. Para a criação de tais esquemas, fez-se uso do *SketchUp.*

A empresa iniciou esse projeto a partir do estudo da planta do pavimento tipo no *software* de modelagem. A avaliação de alternativas de projeto é limitada pelos condicionantes legais. Os estudos são elaborados em formato 2D e o *software* colaborou com a obtenção das áreas dos pavimentos e a definição da quantidade de andares, até que se chegue no perímetro definitivo do andar.

Essa etapa foi desenvolvida para conferir o terreno, as áreas, as ocupações e unidades; o desenho foi impresso em A3 e redesenhado à mão sobre a impressão quantas vezes foram necessárias para a definição do esboço da planta e sua implantação no terreno.

A partir dessa definição, o arquivo bidimensional é importado para o *ArchiCAD* a fim de modelar o volume. Quando a massa inicial é definida, o desenvolvimento da proposta volta para o *ArchiCAD*.

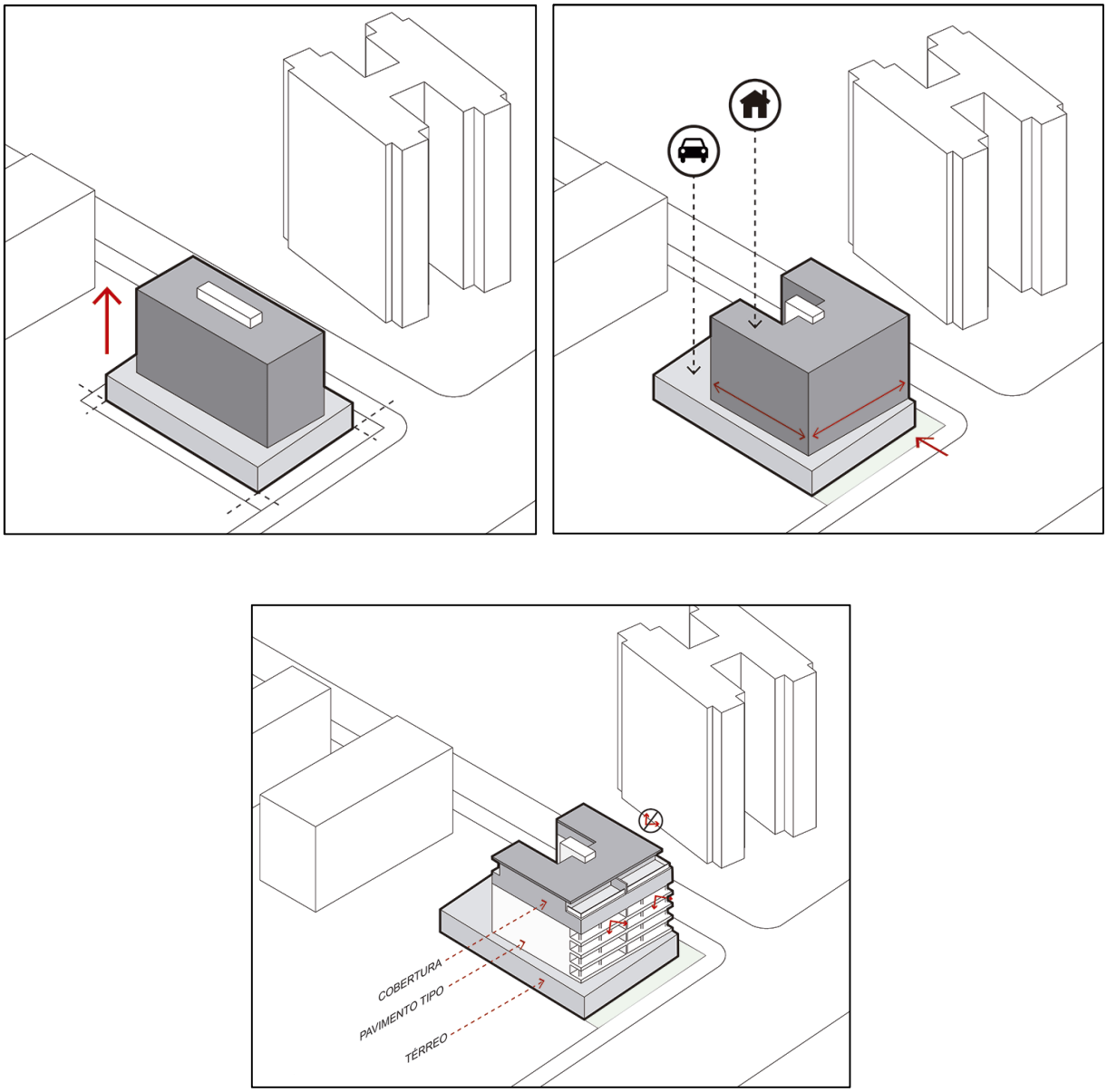

Figura 73 - Estudos de Volumetria. Fonte: Empresa “C”

Os desenhos criados inicialmente são os mesmos utilizados até o fim do projeto executivo. Não foi relatado o uso de croquis e a empresa mencionou que não faz uso de ferramentas específicas do *ArchiCAD* para a criação de massas e estudo de volumetria. Demonstrou não encontrar dificuldades em trabalhar com hipóteses de projeto utilizando ferramentas comuns de desenho, nativas do *software*, mesclado ao estudo de volumetria no *SkechtUp*.

A planta do pavimento tipo possui sua estrutura – pilares, vigas e lajes – modelada no mesmo arquivo. A representação gráfica dessa etapa é bastante simplificada, pois objetiva produzir bases de projeto para que os demais projetistas elaborem seus

estudos e formalizar a solução de arquitetura adotada.

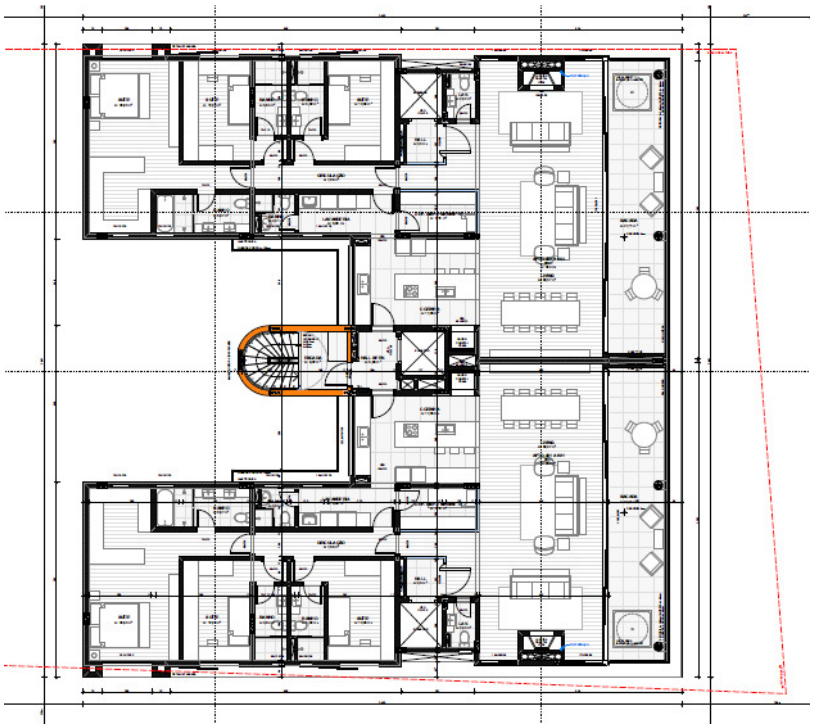

Figura 74 - Planta do Pavimento Tipo. Fonte: Empresa “C”

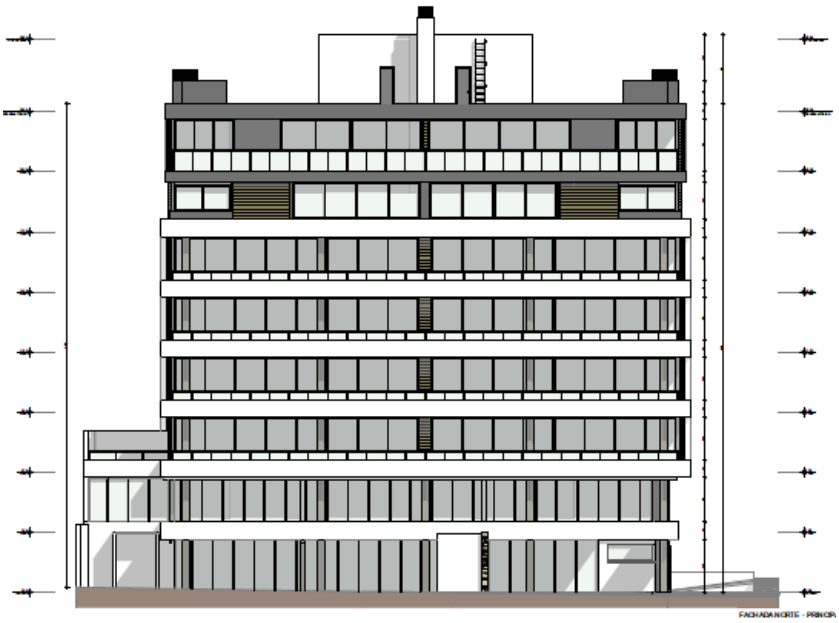

Figura 75 - Fachada. Fonte: Empresa “C”

O conjunto de desenhos dessa etapa não contém nenhum tipo de tabela de dados extraídos do modelo. As imagens renderizadas, utilizadas para a comercialização do empreendimento, são produzidas por empresas terceirizadas e cabe à Empresa “C”

corrigi-las.

Quanto ao projeto legal, a empresa comentou que as peças gráficas exigidas para a aprovação de projetos em Porto Alegre são bastante simplificadas. Neste caso, apenas duas folhas de desenhos e uma tabela foram suficientes (Figuras 111 e 112). O *ArchiCAD* é utilizado nessa etapa para extração dos quantitativos de áreas por meio das ferramentas de zonas e mapas. A empresa ressaltou ser este um processo fácil de se construir no *software* de modelagem.

É importante salientar que toda a documentação dessa etapa foi extraída a partir de um único modelo. Nas fases seguintes, o mesmo modelo segue sendo complementado com geometrias e alguns dados não geométricos.

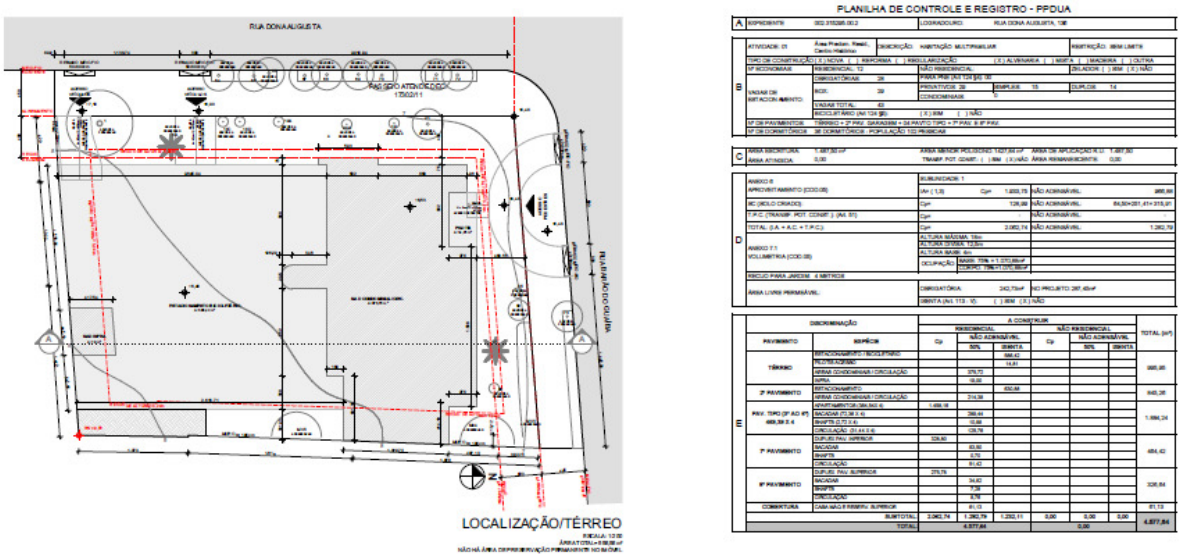

Figura 76 - Projeto Legal – Folha 1. Fonte: Empresa “C”

b. Projeto Executivo

Figura 77 - Perspectiva. Fonte: Empresa “C”

O projeto executivo evoluiu na medida em que as informações dos demais projetos eram imputadas, gerando as compatibilizações de projetos. Este projeto, especificamente, foi a primeira experiência da empresa na compatibilização de modelos, possibilitando a visualização 3D dos projetos de elétrica, hidráulica e ar condicionado. Ainda assim o processo de modelagem de arquitetura seguiu o mesmo padrão já estabelecido pela empresa, sem relatos de dificuldades.

O projeto contou com um extenso detalhamento em 3D, tanto em plantas quanto em cortes.

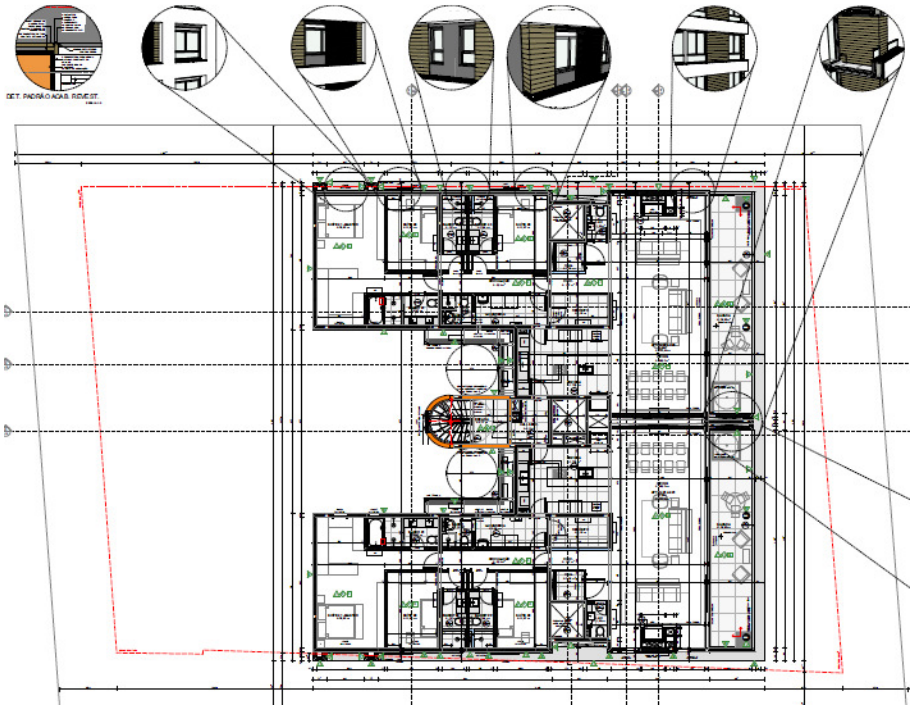

Figura 78 -0 Planta do Pavimento Tipo. Fonte: Empresa “C”

Os detalhes possuem conteúdo próprio dos projetos executivos de arquitetura, chegando ao detalhamento de soleiras, pingadeiras, impermeabilização e revestimentos. Pode-se perceber que todas as camadas representam os métodos construtivos a serem utilizados e o modelo encontra-se com nível de detalhamento pertinente à etapa, com ampla quantidade de dados geométricos.

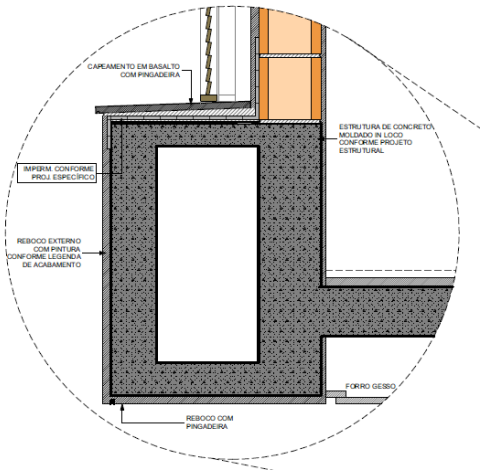

Figura 79 - Detalhamento. Fonte: Empresa “C”

O processo de agregar informações seguiu por todo o projeto executivo de forma colaborativa. Os desenhos bidimensionais e tridimensionais foram utilizados para compor as informações necessárias à construção, facilitando a visualização do projeto e minimizando erros de interpretação. Durante todo o processo de elaboração do projeto, a equipe trabalhou de forma colaborativa, acessando um único modelo.

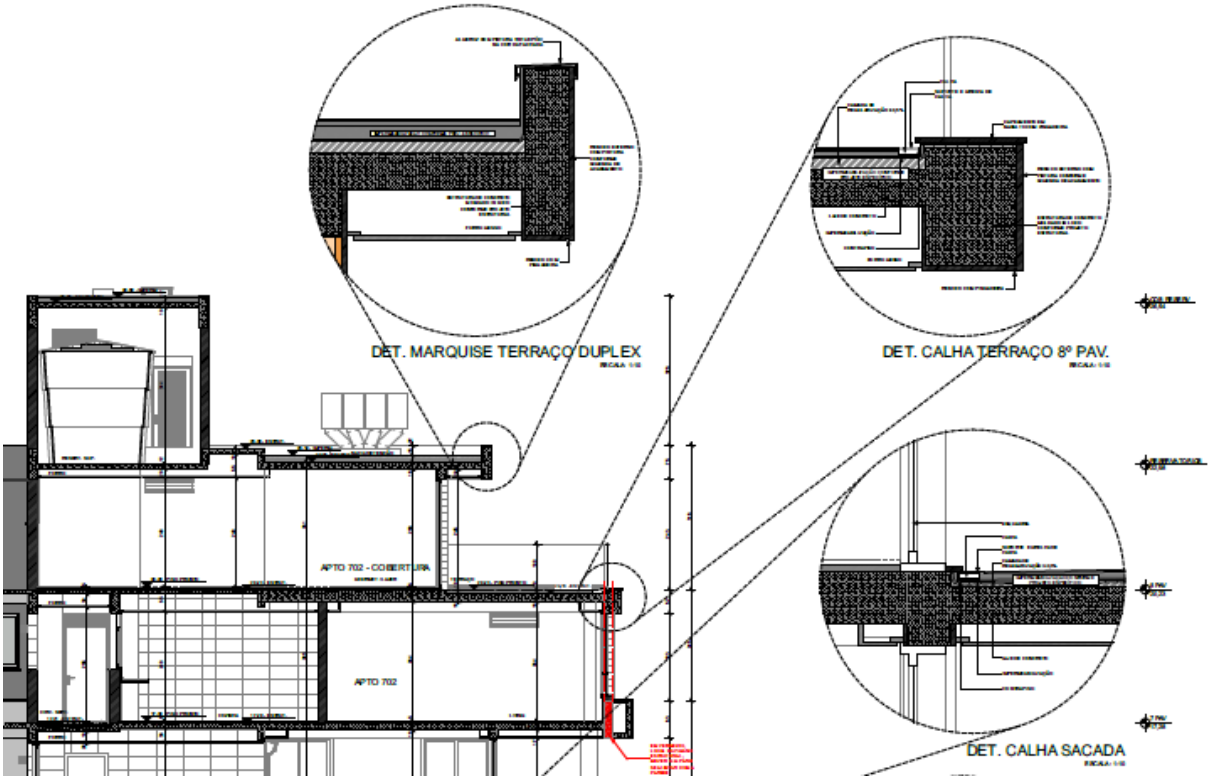

Figura 80 - Corte e Detalhamento. Fonte: Empresa “C”

Estas imagens de projeto refletem a última etapa entregue ao cliente e, aqui, a Empresa “C” encerrou sua participação no processo. Ao final desta pesquisa. as obras já haviam sido iniciadas.

3.1.1.3. Usos do Modelo e Nível de Detalhamento

O modelo foi utilizado essencialmente para a produção de documentação do projeto de arquitetura e seu nível de detalhe de componentes é definido também pelo seu uso, de acordo com a etapa máxima de projeto a que se destinava, projeto executivo

e detalhamento. Nota-se pela documentação que paredes e pisos possuem revestimento, e observou-se que tais componentes têm suas camadas interligadas.

O modelo foi utilizado para a checagem de interferências entre os projetos de arquitetura e de estrutura, produzindo relatórios com imagens e observações. Essas imagens são extraídas do modelo de *ArchiCAD* e do modelo individual do projeto de estrutura enviado pelo projetista.

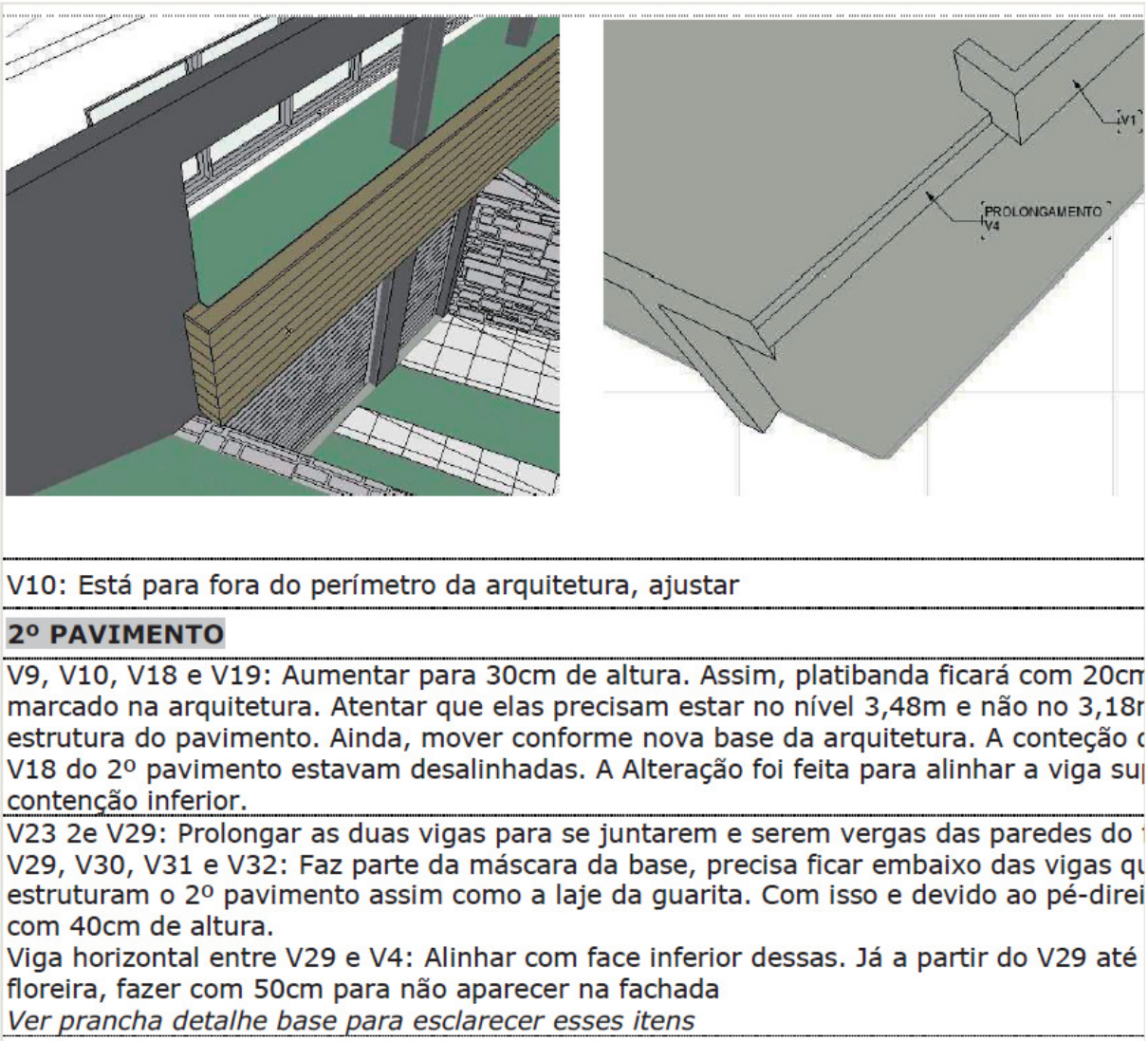

Figura 81 - Relatório de Checagem de Interferências. Fonte: Empresa “C”

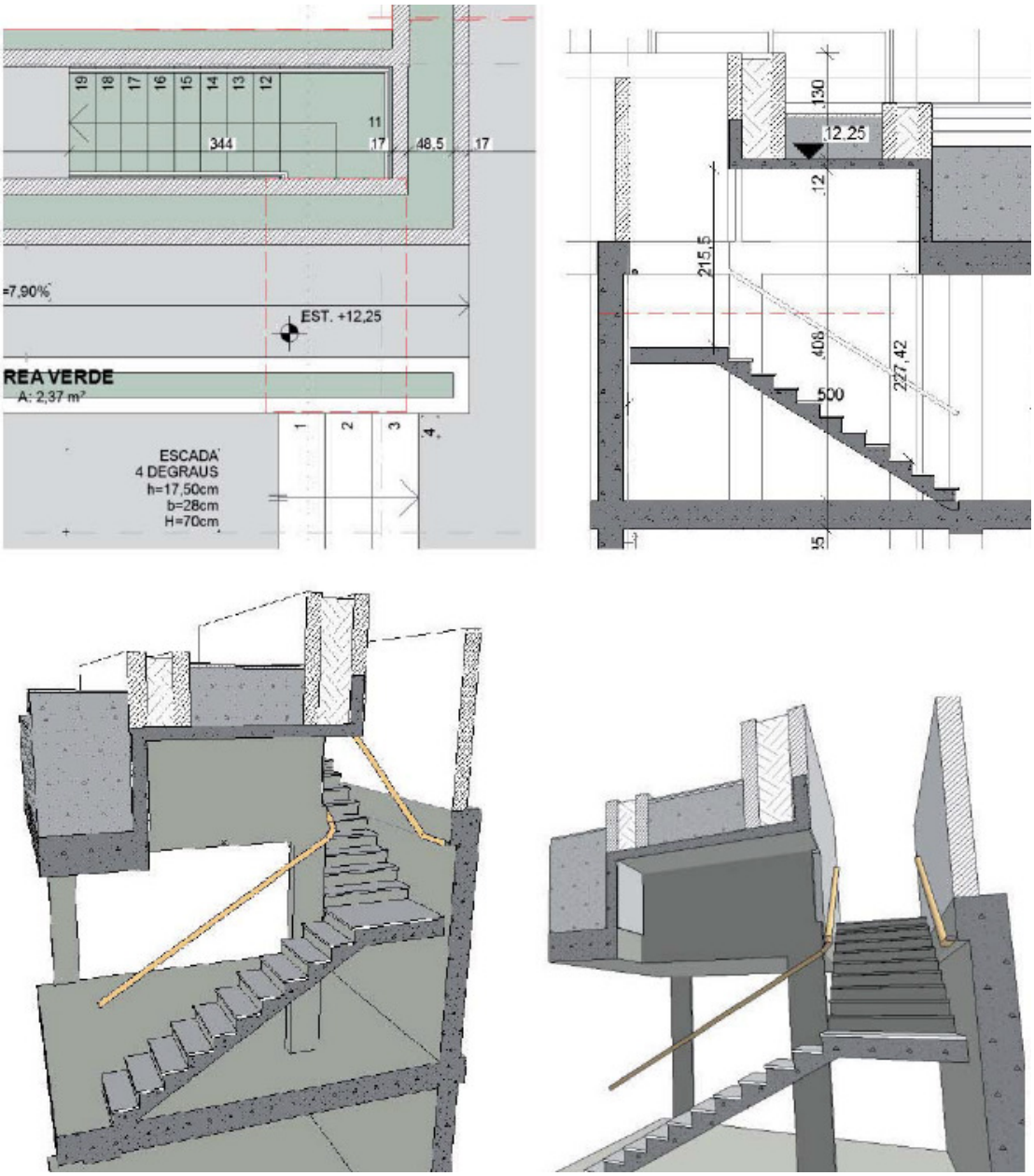

Figura 82 - Relatório de Checagem de Interferências. Fonte: Empresa “C”

3.1.1.4. Colaboração

a. Equipes de Projeto

A interface com o projeto de estrutura se deu de forma tradicional, com a troca de informações realizada por meio de desenhos .dwg. Coube à empresa a modelagem do projeto de estrutura, dentro do modelo de arquitetura. Essa prática é comum dentro do fluxo de seu trabalho, em todos os projetos. Foram relatadas tentativas

malsucedidas de interoperabilidade entre modelos de estrutura exportados no formato .ifc, com informações de que o processo não normatizava e que desorganizou as cotas de nível devido à falta de uma nomenclatura padrão de pavimentos.

Compreendeu-se a necessidade de coordenação da informação entre os projetos e que é indispensável a normatização da informação entre os diferentes projetistas, selecionando, por exemplo, um ponto comum de origem do projeto, a definição de cotas e nomenclatura dos pavimentos, etc. Apesar da utilização do modelo de estrutura para análise da solução projetual, é necessário fazer a edição de elementos que representem a solução pretendida quando integradas à arquitetura.

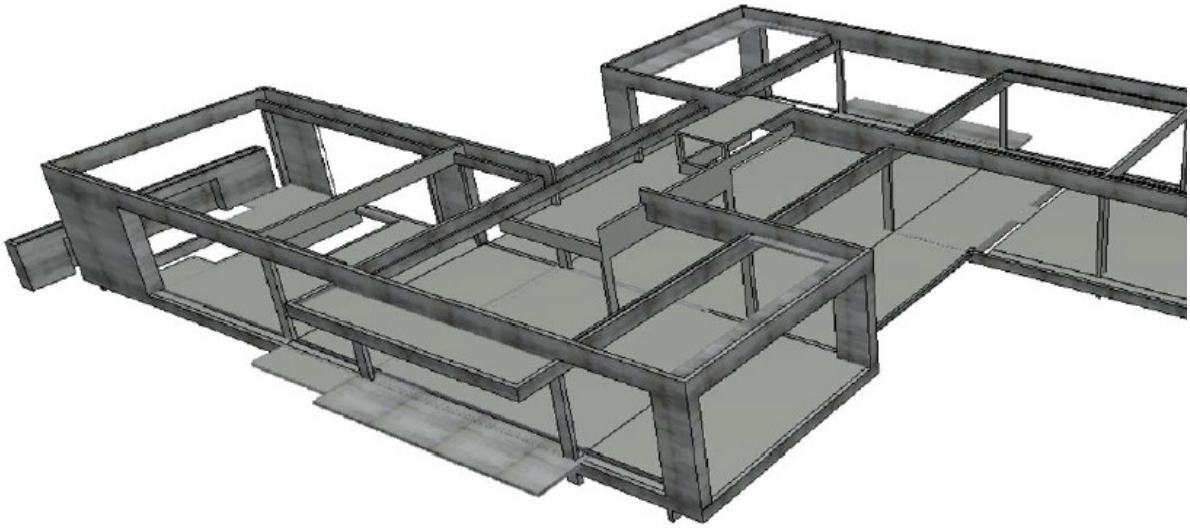

Figura 83 - Projeto de Estrutura. Fonte: Empresa "C"

A necessidade de edição seria para demonstrar ao projetista a forma pretendida para solucionar pontos especiais do projeto.

Conforme ilustrado na Figura 123, esse é um caso em que precisavam estudar uma solução alternativa àquela proposta pelos projetistas e obter uma visualização 3D da situação. O .ifc não permitiria a edição de objetos e, portanto, teriam que recorrer a outro processo de comunicação.

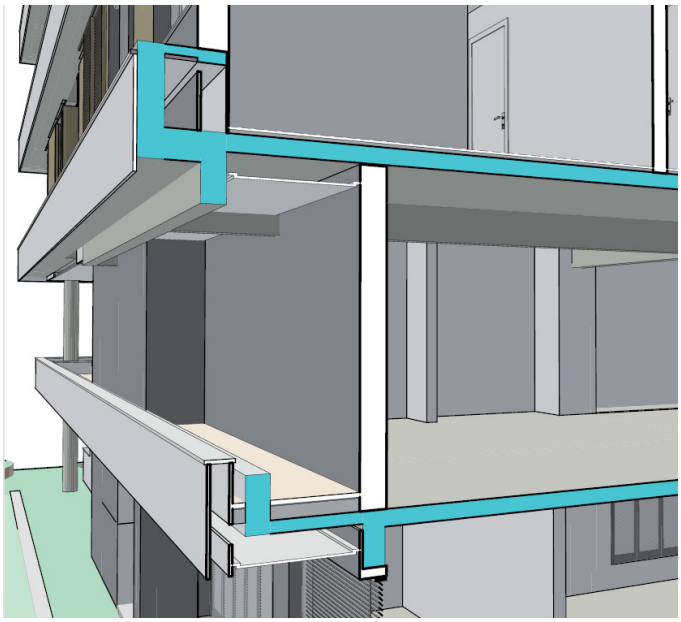

Figura 84 - Detalhes do Projeto de Estrutura. Fonte: Empresa “C”

A empresa, apesar de se questionar sobre o processo, ainda não conseguiu encontrar uma maneira adequada de resolver essa questão. Acredita na possibilidade de encontrar um modelo de exportação que, quando importado, permita a edição, com o obtivo de facilitar o fluxo de trabalho.

Esse projeto é o primeiro realizado pela empresa contando com a modelagem de projetos de sistemas prediais. Relatou-se, num primeiro momento, ainda que com dificuldade, que a empresa conseguiu inserir tais modelos junto ao projeto de arquitetura no *ArchiCAD*. Ainda assim, buscou-se outras formas de analisar os modelos integrados, tendo encontrado o *software* gratuito *Tekla BIM Sight*.

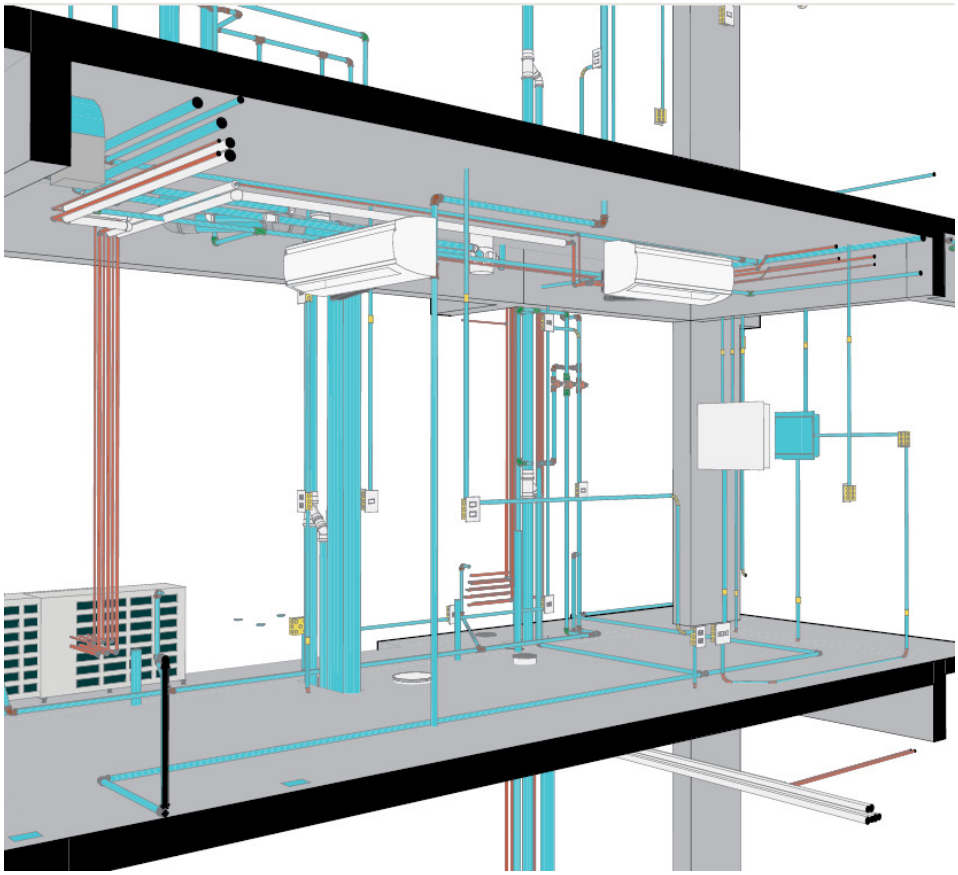

Figura 85 - Projetos de Sistemas Prediais Inseridos no ArchiCAD. Fonte: Empresa “C”

O *software* facilitou a visualização dos modelos integrados, tornando a tarefa mais ágil e colaborativa, já que era possível enviar imagens de incompatibilidades para os projetistas, relatando interferências, bem como fazer ajustes no projeto de arquitetura. Dessa maneira, também pode-se permanecer com o *software* de modelagem, utilizado exclusivamente para a produção de sua disciplina de projeto.

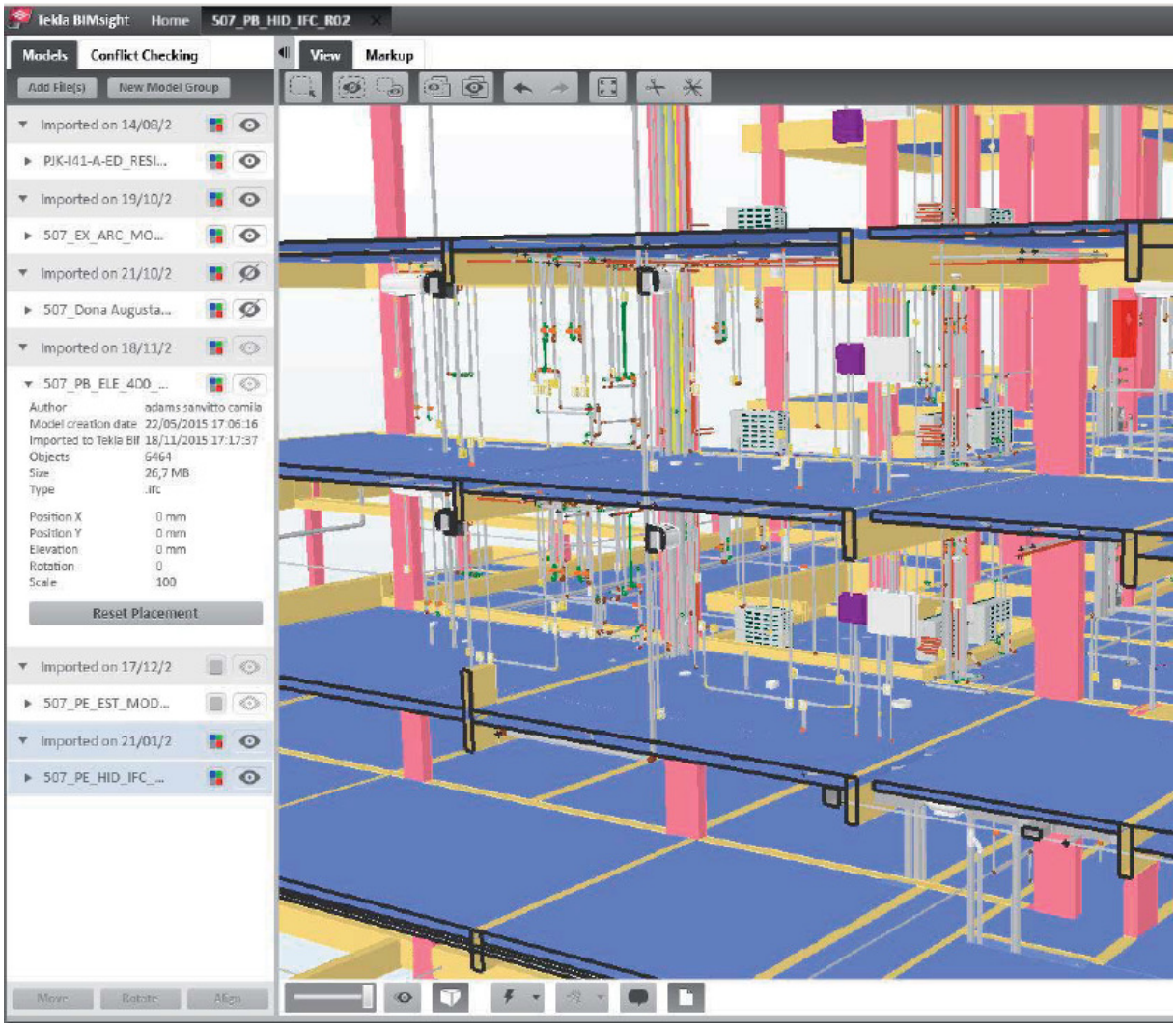

Figura 86 - Modelos Integrados no Tekla BIM Sight. Fonte: Empresa “C”

b. Demais Agentes

Não houve colaboração com outros agentes. A troca de informações e a entrega dos projetos ao cliente deu-se por meio de processos tradicionais, com desenhos em .dwg e .pdf.

3.1.1. Projeto 3

Figura 87 - Imagem Renderizada Empresa “C”

3.1.1.1. Caracterização

O projeto refere-se a um edifício multifuncional de dezesseis pavimentos, com área construída de 18.724,55 m^2, localizado em Porto Alegre. É dividido em três usos:

- Um bloco residencial de dez andares, com 134 apartamentos variados em estúdios de 47 m^2, apartamentos de dois dormitórios com 70 m^2 e algumas unidades diferenciadas, tais como duplex, *Studio Garden* e dois dormitórios *Garden*. Possui área comum contendo salão de festas, lavanderia e piscina.

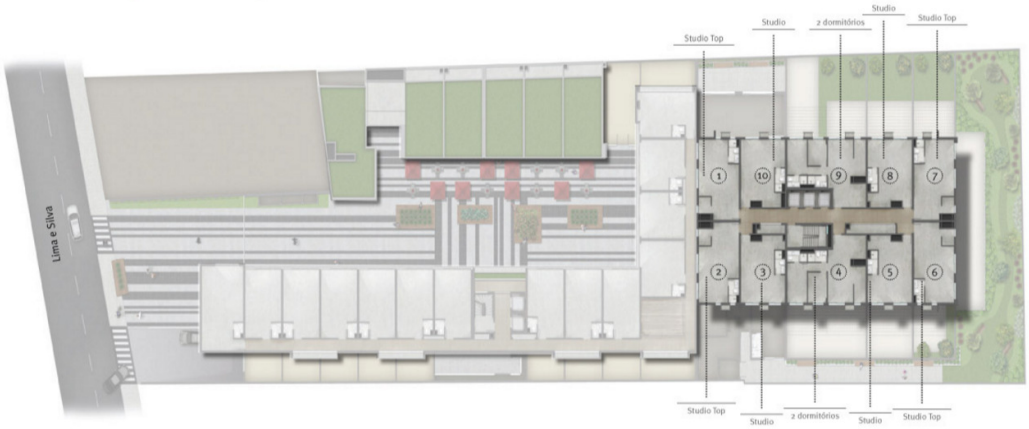

Figura 88 - Implantação

- Um bloco comercial de quatro andares, com 55 estúdios de 30 a 97 m^2, com sala de reunião para uso comum e uma área de *mall* com dezesseis lojas.

Figura 89 - Imagem Renderizada. Fonte: Empresa “C

3.1.2. Desenvolvimento do Projeto

a. Estudo Preliminar, Projeto Legal e Anteprojeto

A concepção desse projeto também objetivou o aproveitamento do potencial

construtivo por se tratar de um empreendimento de caráter imobiliário. Exigiu diferentes tipos de composições pelo fato de ser um empreendimento multifuncional e foram necessários alguns estudos volumétricos nas etapas iniciais de projeto. Para criá-los, fez-se uso do *software* de modelagem.

Figura 90 - Estudos. Fonte: Empresa “C”

Este projeto teve início a partir do estudo da planta do pavimento tipo no *software* de modelagem. A avaliação de alternativas de projeto foi limitada pelos condicionantes legais. Os estudos foram elaborados em formato 2D e o *software* colaborou com a obtenção das áreas dos pavimentos e com a definição da quantidade de andares, até que se chegasse no perímetro definitivo do andar.

Essa etapa foi desenvolvida para conferir o terreno, as áreas, as ocupações e unidades; o desenho foi impresso em A3 e redesenhado à mão sobre a impressão quantas vezes foram necessárias para a definição do esboço da planta e sua implantação no terreno.

Os desenhos iniciais tinham objetivos simples de demonstrar ao cliente as etapas iniciais de solução do projeto e, portanto, não possuem grande quantidade de informações, conforme demonstra a planta do pavimento tipo do bloco residencial (Figura 133).

O *software* colaborou com a obtenção das áreas dos pavimentos e com a definição

da quantidade de andares possíveis até que se chegasse no perímetro definitivo do andar, a fim de que pudesse ser replicado para os demais pavimentos. A partir desses desenhos, elaborou-se o projeto legal simplificado, conforme demonstrado no Projeto 2. Os mesmos desenhos criados inicialmente foram utilizados até o final do projeto executivo. A empresa considera esse formato de trabalho bastante produtivo, ao mesmo tempo em que reduz os erros de projeto.

Não foram relatados o uso de croquis de estudo e nem de outros *softwares*. A empresa mencionou que também não faz uso de ferramentas específicas do *software* para a criação de massas e estudo de volumetria, e não encontrou dificuldades para trabalhar com hipóteses de projeto utilizando suas ferramentas comuns.

O anteprojeto já continha cortes em perspectiva das áreas de difícil compreensão, apresentando uma documentação diferente daquela visualizada no Projeto 2 em razão de sua complexidade. Com isso, obteve-se clareza das soluções a serem adotadas e dos pontos que necessitariam de maior atenção para o desenvolvimento dos projetos de instalações.

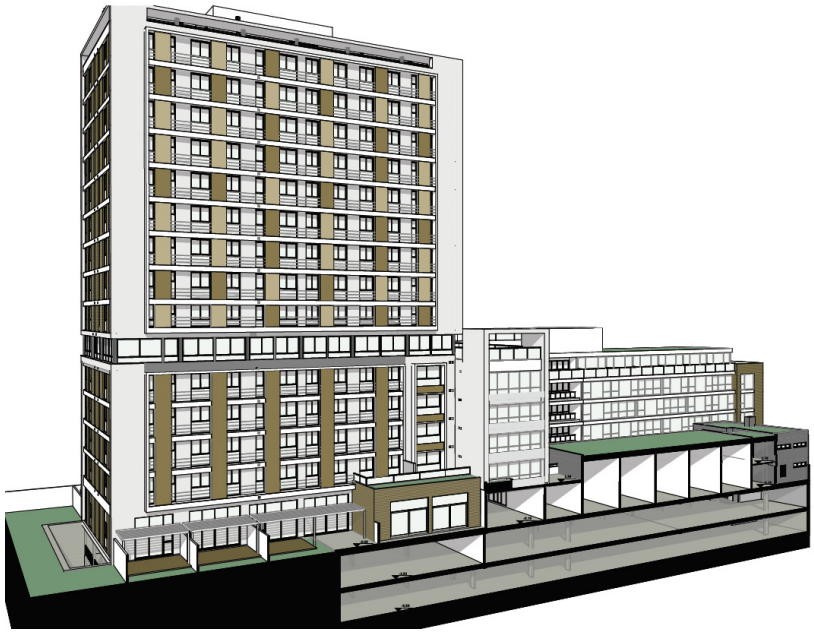

Figura 91 - Corte em Perspectiva. Fonte: Empresa “C”

Observou-se que esse projeto, como outros da empresa, exigiu um maior planejamento na subdivisão do modelo desde as etapas inicias. Essa subdivisão facilitou a colaboração entre a equipe de produção, ao mesmo tempo em que tornou os arquivos mais leves e, portanto, mais ágeis para o desempenho do projeto. O planejamento inicial teve em vista a evolução do modelo e o aumento de componentes conforme o projeto progredisse. Os arquivos foram aumentando de tamanho gradualmente e dificultando as tarefas diárias de produção.

As plantas do projeto já se encontram com detalhamento avançado e a estrutura está modelada dentro do modelo de arquitetura.

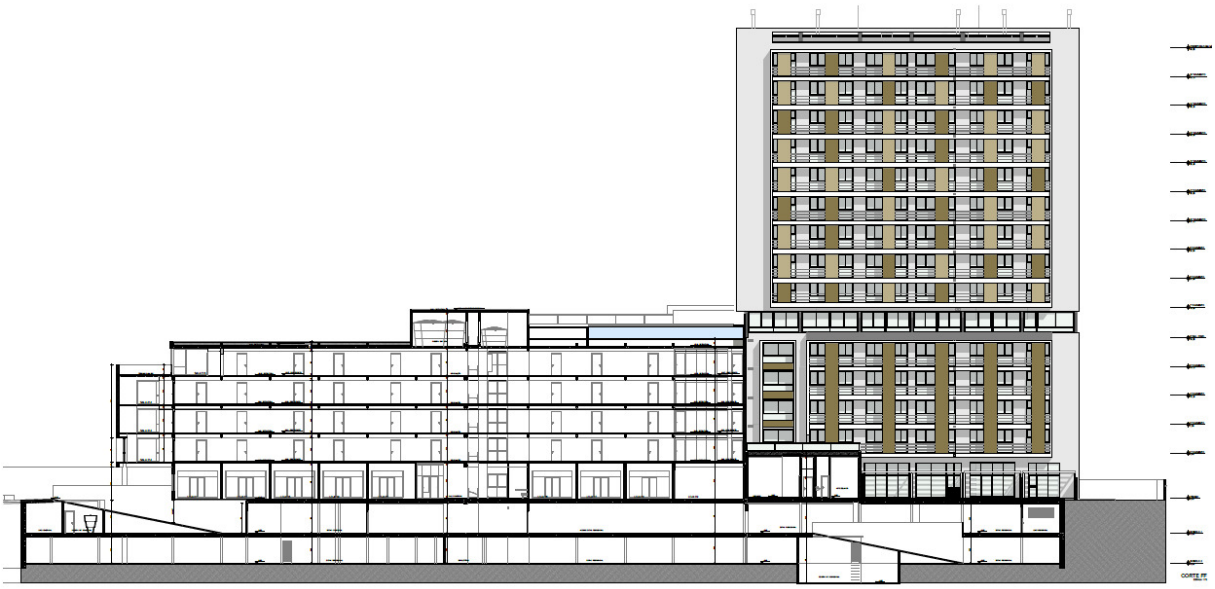

Figura 92 - Corte. Fonte: Empresa “C”

Algumas tabelas de dados relativas ao projeto legal constam no projeto, com informações extraídas dos modelos. Tais informações acompanham a documentação do projeto do início ao fim.

PLANILHA DE CONTROLE E REGISTRO - PPDUA

A	EXPEDIENTE	002.274689.00.1	LOGRADOURO:	RUA GEN. LIMA E SILVA, 560	
B	ATIVIDADE: 05	MISTA 02 - Centro Histórico	DESCRIÇÃO:	HABIT. MULTIFAMILIAR -ESCRITÓRIOS PROFISSIONAIS E GALERIA COMERCIAL (COMÉRCIO VAREJISTA)	RESTRIÇÃO: SEM LIMITE
	TIPO DE CONSTRUÇÃO	(X) NOVA ( ) REFORMA ( ) REGULARIZAÇÃO		(X) ALVENARIA ( ) MISTA ( ) MADEIRA ( ) OUTRA	
	Nº ECONOMIAS:	RESIDENCIAL: 134	NÃO RESIDENCIAL: 16 LOJAS - 55 SALAS		ZELADOR: (X) SIM ( ) NÃO
	VAGAS DE ESTACIONAMENTO:	OBRIGATÓRIAS: 205 *	PARA PNE (Art 124 §4): 02		
		BOX: 214	PRIVATIVOS: 142	SIMPLES: 117	DUPLOS: 25
			CONDOMINIAIS: 72		
		VAGAS TOTAL: 239			
		BICICLETÁRIO (Art 124 §5):	(X) SIM ( ) NÃO		
	Nº DE PAVIMENTOS:	2 SUBSOLOS + TÉRREO + 14 PAVIMENTOS			
	Nº DE DORMITÓRIOS	162			

* QUANTIDADE TOTAL DE ESTACIONAMENTOS CONFORME PARECER CPAIC 328/13

C	ÁREA ESCRITURA: 3.702,03	ÁREA MENOR POLIGONO: 3.575,53	ÁREA DE APLICAÇÃO R.U: 3.592,86	
	ÁREA ATINGIDA: 109,17	TRANSF. POT. CONST.: ( ) SIM (X) NÃO	ÁREA REMANESCENTE: 3.592,86	

D	ANEXO 6 APROVEITAMENTO (COD.19)	SUBUNIDADE: 18			
		IA= (2,4)	Cp= 8.622,86	NÃO ADENSÁVEL:	4.311,43
	SC (SOLO CRIADO):	Cp=	-	NÃO ADENSÁVEL:	-
	T.P.C. (TRANSF. POT. CONST.): (Art. 51)	Cp=	-	NÃO ADENSÁVEL:	-
	TOTAL: (I.A. + A.C. + T.P.C.):	Cp=	8.622,86	NÃO ADENSÁVEL:	4.311,43
	ANEXO 7.1 VOLUMETRIA (COD.09)	ALTURA MÁXIMA: 42m			
		ALTURA DIVISA: 12,5m			
		ALTURA BASE: 4m			
		OCUPAÇÃO:	BASE: 75% = 2.694,64m²		
			CORPO: 75%=2.694,64m²		
	RECUO PARA JARDIM: ISENTO				
	ÁREA LIVRE PERMEÁVEL:	OBRIGATÓRIA:	715,11m²	NO PROJETO:	Conforme parecer e prancha analisada pela Smam em 20/09/13
		ISENTA (Art. 113 - V):	( ) SIM (X) NÃO		

Figura 93 - Tabelas de Áreas. Fonte: Empresa “C”

b. Projeto Executivo

Com o uso da modelagem o projeto executivo, pode-se dispor de uma quantidade maior de documentação. Nesse caso, tem-se quatorze cortes na edificação.

Os detalhes em escalas ampliadas são extraídos do modelo e compõem a documentação de projeto nas mesmas pranchas dos cortes. Junto da documentação também se encontram diversas imagens 3D, que têm por objetivo demonstrar as áreas mais críticas do projeto em um formato mais compreensível.

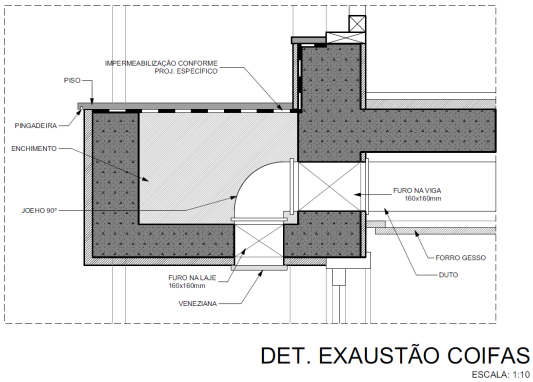

Figura 94 - Detalhes de Projeto. Fonte: Empresa “C”

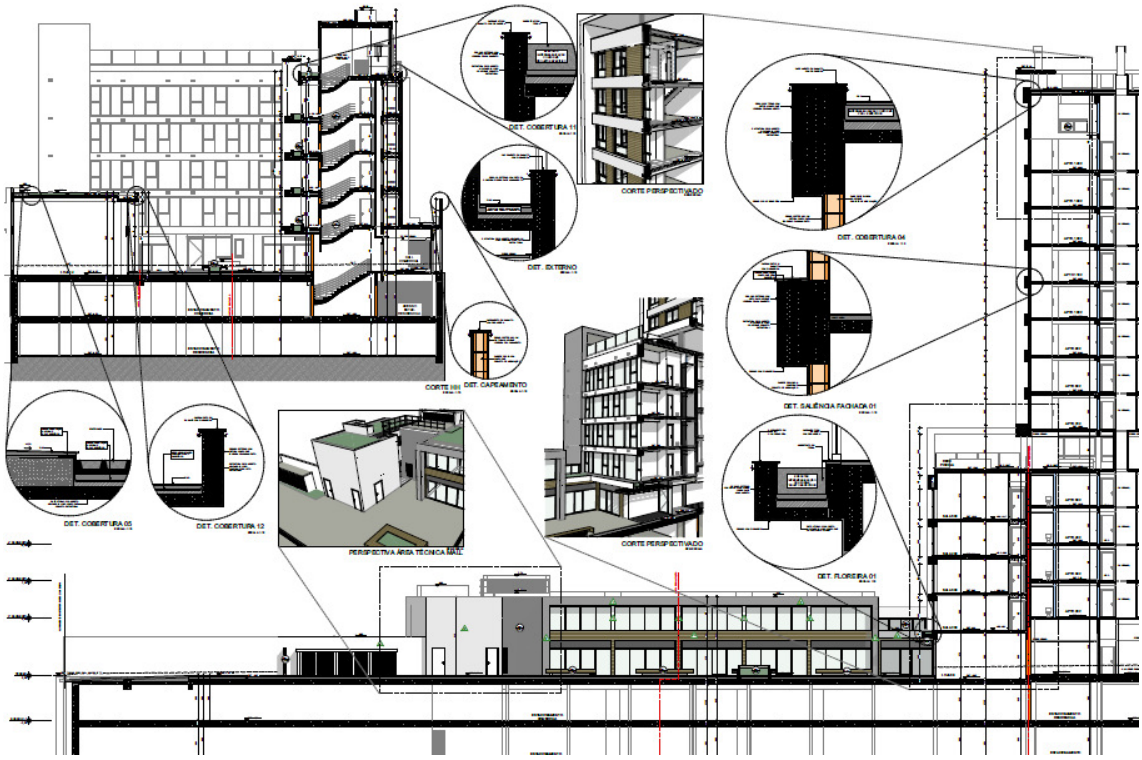

Figura 95 - Prancha de Cortes e Detalhes. Fonte: Empresa “C”

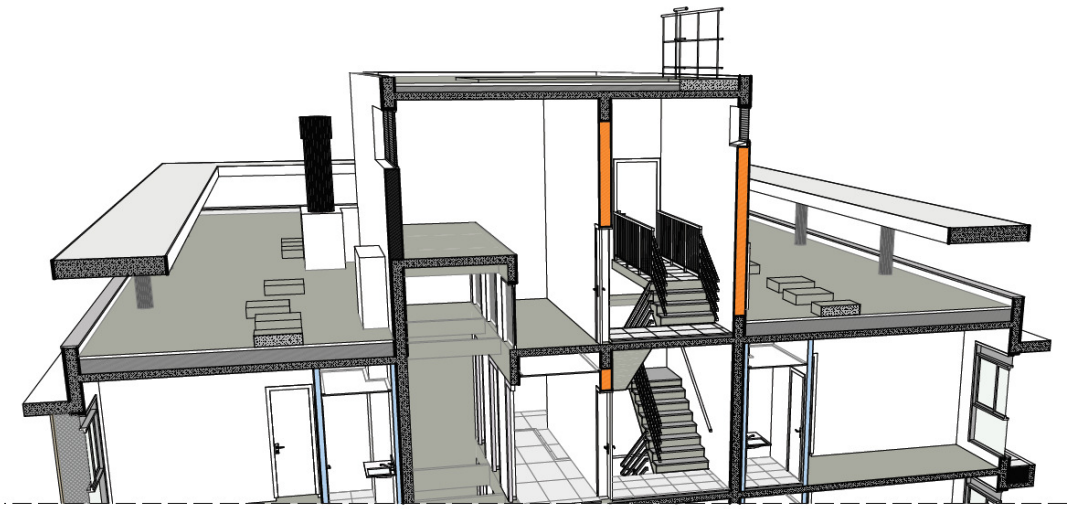

Figura 96 - Cortes e Perspectivas. Fonte: Empresa “C”

Figura 97 - Fachadas. Fonte: Empresa “C”

As plantas se encontram no seu nível máximo de detalhamento quanto à representação gráfica. Os desenhos bidimensionais e tridimensionais são utilizados para compor as informações necessárias à construção, facilitando a visualização do projeto e minimizando erros de interpretação.

3.1.2.1. Colaboração

Não houve colaboração com outros projetistas e nem com outros agentes. A troca de informações e a entrega dos projetos ao cliente deu-se por meio de processos tradicionais, com desenhos em .dwg e .pdf, e tabelas .xls.

A modelagem do projeto de estrutura foi elaborada pela Empresa “C” a partir dos desenhos .dwg entregues pelos projetistas. Observou-se que, mesmo assim, houve benefícios, pois consegue-se checar interferências importantes para o projeto de arquitetura antes que os problemas cheguem à obra. Também é possível verificar com maior facilidade a aderência do projeto de estrutura às intenções projetuais da

arquitetura. Alguns detalhes tridimensionais podem ser enviados aos projetistas para a visualização de interferências ou alterações solicitadas. Percebe-se, nesse caso, uma melhoria no processo de comunicação entre projetos.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo, pretende-se a análise individual e as considerações parciais de cada empresa por meio da confrontação dos dados encontrados com a bibliografia.

4.1. Empresa "A"

Com relação à gestão da empresa, a conversão do desafio em oportunidade e a antecipação da tendência tecnológica trouxe uma vantagem competitiva para a empresa, possibilitando sua contratação para um projeto de relevância. A empresa adquiriu vantagens competitivas no aspecto tecnológico (GRILO, 2002), ainda que com dificuldades.

A bibliografia (OLIVEIRA, 2011) também aponta que o planejamento estratégico de pequenas empresas deve ser ainda mais preciso, considerando os escassos recursos financeiros, humanos e tecnológicos. Nesse sentido, algumas dificuldades foram detectadas:

- Os custos apropriados ao investimento para troca de todos os computadores e a compra das licenças de *softwares* não foram planejados.

- A mudança estrutural, com alocação da equipe em um novo espaço não adaptado às necessidades de trabalho. Foi necessário novo mobiliário, novas instalações de infraestrutura e o direcionamento de um dos servidores para atender demandas especiais da equipe.

- Todas as mudanças aconteceram simultaneamente à produção do projeto, que já encontrava dificuldades, e causaram transtorno e replanejamentos diários para a equipe sobrecarregada com os prazos.

Notou-se claramente que, apesar da detecção de uma vantagem competitiva e da predisposição para assumir riscos, típica dos empreendedores, não houve

planejamento estratégico (PADILHA, 2013), demostrando a deficiência apontada por Oliveira (2011) com relação às sérias deficiências relacionadas à gestão administrativa por profissionais da área técnica.

Não se percebeu o alinhamento dos objetivos de negócio com as práticas correntes na empresa, a fim de avaliar os riscos envolvidos e delimitar uma abordagem sistemática para a implementação. A implantação foi encarada como uma decisão de negócio, já que a empresa se preparou para atender futuras demandas, mas muito mais como uma questão técnica de troca de plataforma de trabalho (TARDIFF; SMITH, 2009; JERNIGAN, 2008).

Devem-se a isso algumas das dificuldades encontradas, que impactaram diretamente na produção dos projetos, uma vez que a troca de *softwares* e *hardwares* ocorreu de forma lenta. Parte da equipe trabalhou por um tempo com computadores de desempenho inferior, enquanto a outra parte trabalhou com melhores *hardwares*. O espaço físico não comportava, por exemplo, o uso de dois monitores, prática comum a empresas de projeto, principalmente as que introduziram a modelagem. Ao mesmo tempo, observou-se a falta de recursos financeiros que viabilizassem tal investimento. Como este exemplo e outros dados apresentados na descrição do caso, nota-se que, de fato, conforme abordado por Eadie (2013) e Tse, Wong e Wong (2005), umas das dificuldades encontradas na implementação da modelagem são seus altos custos.

Percebeu-se que a questão do espaço físico, em dado momento, também se tornou um problema com o crescimento da equipe nas etapas mais avançadas do projeto. Mais uma vez, a falta de planejamento prévio causou dificuldades.

Com relação à implementação da modelagem, as etapas de diagnóstico e a elaboração de um plano de ação, como recomenda Arayaci (2011), não foram realizadas. Considerou-se apenas o aprendizado de um novo *software*, sem levar em conta o possível impacto nos fluxos de trabalho. De imediato, partiu-se para a etapa de ação, utilizando a modelagem diretamente em um projeto de grande porte.

A bibliografia também sugere (JENSEN; JOHANNESSON, 2013) a condução da transformação em pequenos passos. A falta dessa abordagem apresentou impactos desde as etapas iniciais do trabalho, tais como:

- A dificuldade de gestão da equipe, subdividida em 3D e CAD 2D, no início do trabalho. Como resultados, o retrabalho, as pressões por prazos e a duplicação de informações, conforme apontado por Arayaci, 2011. Não havia clareza sobre os papéis e responsabilidades criadas a partir da implementação da modelagem (GU; LONDON, 2010).

- Resistência dos membros da equipe em assumir a modelagem, em razão de inseguranças com relação aos novos processos e à tecnologia. Coube à consultoria a maior parte da modelagem e, por um período de aproximadamente dois meses, os arquitetos atuaram como “assistentes de projeto”.

- Inexistência de análise prévia dos processos criados pela introdução da modelagem e de padronizações de processos e protocolos.

De acordo com Jensen e Jóhannesson (2013), um dos passos fundamentais para a implantação citada por Hardin (2009), que é começar com um projeto de pequeno porte, não foi seguido. Deve-se a isso parte das dificuldades encontradas, principalmente aquelas relacionadas com a colaboração interna.

Um projeto de grande porte exigiu um planejamento de modelagem maior e que necessitava de maior tempo e análise, objetivando que decisões equivocadas não fossem tomadas nos estágios inicias de preparação do trabalho. Também exigiu que o trabalho fosse, de fato, colaborativo, com sincronizações simultâneas de atualização do projeto. A divisão do modelo em quatro arquivos e a sincronização de cada arquivo por três ou quatro profissionais criava uma estrutura complexa para uma equipe sem experiência. Nesse ponto, tanto os *hardwares* não estavam preparados quanto a experiência da equipe era inexistente. Com o tempo, a equipe aprendeu, por meio de tentativas e erros, a “melhor” maneira de conduzir o trabalho dentro desse formato colaborativo.

O trabalho colaborativo, com os membros da equipe acessando um único arquivo e sincronizando as atualizações, mudou totalmente a maneira de produzir o projeto. Era necessária uma troca diária de informações, consultas e acordos para o desenvolvimento do trabalho.

Apesar das dificuldades apresentadas, percebeu-se a maior facilidade e agilidade na implementação em pequenas empresas, conforme ressaltado por Eadie (2013), pois a equipe se mantinha constantemente motivada para resolver os problemas encontrados, dentro do seu âmbito de atuação, e demonstrava progressos rápidos no uso do *software*.

Diante desses fatos, pode-se destacar que não houve resistência à implantação do BIM. Todos os arquitetos demonstraram interesse no aprendizado da ferramenta e claramente apontavam seus benefícios quando comparada ao processo CAD 2D. Identifica-se, aqui, uma das motivações apontadas por Moum (2010), que é a vontade dos arquitetos em aplicar a tecnologia.

A implementação do ponto de visto macro aconteceu com uma abordagem *top down*, na medida em que a inovação ocorreu por exigência de uma autoridade externa, nesse caso, o cliente. No nível micro, a determinação da gerência da organização no uso da modelagem caracteriza-se também como *top down*. Entretanto, não houve envolvimento da gerência no processo de implantação. Os sócios pouco conheciam dos benefícios e dificuldades na implementação e utilização do BIM. Por esse motivo, não estavam a par dos problemas enfrentados nas atividades operacionais diárias e do impacto que o uso de um novo *software* poderia trazer para as atividades de projeto.

A gestão da equipe quanto aos aspectos de implantação da tecnologia teria sido mais eficiente se o gerente/coordenador do projeto tivesse conhecimento das facilidades e das dificuldades do *software*. Nesse aspecto, a ausência de liderança não proporcionava a atenção necessária ao desenvolvimento coerente do processo de implantação.

A falta de envolvimento e de conhecimento dos aspectos teóricos do BIM por parte da diretoria/coordenação negligenciava a existência de problemas e, portanto, não implicava em busca por soluções.

Denotou-se a ausência de uma figura que exercesse as funções de *BIM Manager*. De acordo com a literatura (BARISON; SANTOS, 2011), esse profissional dedicado à implantação e, principalmente, à manutenção dos processos BIM, é fundamental para garantir que as metas estabelecidas para a empresa ou para o projeto sejam atingidas, e para caracterizar a introdução de processo BIM.

Nesse caso, a falta do *BIM Manager* ocasionava o uso de padrões distintos nos modelos de cada equipe, a perda de tempo dos profissionais em busca de resolução de problemas específicos de tecnologia e a falta de controle da qualidade dos modelos com relação às metas e usos estabelecidos.

Ainda nessa linha de considerações relacionadas às novas funções, ao longo do desenvolvimento do trabalho, identificou-se a necessidade de novas contratações para garantir os prazos de entrega e a produtividade esperada. Durante a primeira fase, foram contratados cinco novos arquitetos e uma coordenadora. As contratações aconteciam ao mesmo tempo em que o trabalho era desenvolvido, e cada novo membro tinha pouco tempo para entender e se adaptar a um processo sem padrões. Como consequência, aconteciam erros e perdas de produção por falta de treinamento. A seleção de profissionais não reduziu a grande heterogeneidade de conhecimento sobre modelagem entre os membros da equipe: alguns tinham pouca experiência e necessitavam de ajuda constante dos colegas, prejudicando o desenvolvimento do trabalho. Moum (2010) aponta como motivação para a implementação a diferença de competências entre os usuários.

Quanto ao desenvolvimento de projeto, ficou claro que é necessário não somente o aprendizado de novos *softwares*, mas também um novo fluxo de trabalho, o treinamento da equipe e a atribuição de novas responsabilidades, a fim de garantir bons resultados (ARAYICY *et al.*, 2011).

Apesar do conhecimento de outros *softwares*, tais como o *SketchUp* e *Rhynoceros*, utilizados nos estágios iniciais do projeto, a equipe não possuía conceitos básicos de interoperabilidade, inviabilizando a troca de geometrias de projeto entre os *softwares*. Se tais modelos tivessem sido utilizados conjuntamente com o modelo de arquitetura, poderiam ter contribuído com as análises de projeto.

De certa forma, o modelo de *Sketchup* foi utilizado para viabilizar a composição do empreendimento. A geometria trazida da ferramenta compunha a visualização 3D e a documentação 2D dos Blocos A, B e C, possibilitando uma visão total do empreendimento. Tal visualização auxiliava toda a equipe na compreensão da estética conjunta das edificações e, portanto, também colaborava nas tomadas de decisão de projeto. Esse ponto é ressaltado por Eadie (2013) quanto aos benefícios da modelagem – visualização e utilização de modelos 3D trazem benefícios significativos ao longo do projeto.

A antecipação de informações por meio da modelagem não era esperada pela equipe. A etapa de anteprojeto exigia mais detalhamento e especificações do que quando produzida no CAD 2D. Surgiram dúvidas quanto à fase de projeto: se estavam reproduzindo o Anteprojeto ou se estavam antecipando o Pré-Executivo. A afirmação de Succar (2009) se confirma no que diz respeito à antecipação de etapas, ainda dentro da fase macro de projeto.

Nas etapas iniciais, a necessidade de criação de componentes que fossem fiéis à estética da edificação obrigava a equipe a gastar tempo na produção de objetos, levando em consideração a sua capacidade de parametrização e a categoria utilizada que resultasse em ajustes rápidos nas etapas posteriores.

Diversas dúvidas surgiram tanto com relação aos objetivos a serem atingidos quanto com relação à capacidade técnica da equipe para atingir tais resultados. Nota-se, então, que o investimento em treinamento deveria ter sido maior, tanto com relação aos aspectos técnicos quanto aos teóricos relacionados à modelagem da informação. Não havia muita consciência de que cada dado imputado no modelo poderia ser utilizado em etapas posteriores e por outros agentes.

Como aspecto positivo, a utilização da modelagem com uso de maquetes possibilitou a concepção da edificação com complexidade geométrica e a adequada comunicação entre a equipe sobre a complexidade da edificação (MOUM, 2010).

No aspecto relacionado à colaboração com outros agentes, a empresa não possuía conhecimentos sobre o processo colaborativo e integrado que seria exigido pelo BIM para que os esforços e o investimento no seu uso fossem justificados. Apesar de o cliente ter exigido a utilização da tecnologia e de ter demonstrado interesse no uso do modelo para extração de quantitativos, a Empresa “A” não fez maiores questionamentos sobre procedimentos ou padrões para atingir o objetivo proposto e, portanto, tratou o desenvolvimento do modelo como se necessitasse apenas extrair a documentação 2D. Evidenciou-se a falta de preparo e de conhecimento tanto do cliente quanto da Empresa “A”.

A bibliografia retrata que um dos maiores beneficiados são os proprietários e que estes devem liderar a eficaz utilização do conceito da modelagem (Fox; Hietanen, 2007). Entende-se que o cliente não fez uso eficaz do potencial do BIM em seu benefício na medida em que também não se qualificou para essa finalidade; portanto, não pode conduzir e integrar a equipe de profissionais. Não foi possível determinar claramente o que se esperava do uso da modelagem, pois, até o momento em que se encerrou a coleta de dados, a utilização dos modelos tinha utilização específica para a checagem de interferências.

Eadie (2013) destaca como dificuldades as lacunas de conhecimento por parte dos clientes sobre as potencialidades do conceito da modelagem.

De forma mais global, o processo encontra resistência da equipe de projetos, de acordo com a afirmação de Tse, Wong e Wong (2005) de que existe um obstáculo a ser enfrentado, que é a resistência dos projetistas a uma restrição dos processos. Os projetistas de estrutura se recusam a exportar e a fornecer seus modelos com constância, retrocedendo a maneira de se produzir soluções por croquis de forma pontual. A empresa não se mostrava interessada em evoluir suas competências internas em termos de tecnologia e processos para atender às novas demandas.

Eadie (2013) aponta como uma das dificuldades esperadas a resistência cultural, principalmente no nível operacional.
A equipe de sistemas prediais se tornou parcialmente dependente da modelagem feita pela empresa de consultoria, pois diversas incompatibilidades encontradas retratavam questões básicas de estudo do projeto, tais como altura do pé direito e de entreforro, análise de altura de vigas e incompatibilidade entre especialidades produzidas pela mesma empresa.

O proprietário não conduziu um processo de implantação do BIM no empreendimento baseado em sensibilização das equipes e definição de metas claras, e quando tentou fazer uso do modelo de arquitetura, encontrou uma modelagem demasiado avançada para que atingisse os objetivos propostos inicialmente. A conclusão do seu consultor interno é de que seria necessária a remodelagem do projeto de arquitetura para que se pudessem extrair as informações necessárias à quantificação e posterior orçamentação. Pode-se afirmar que o modelo estava elaborado de uma forma que não refletia as técnicas construtivas básicas utilizadas na construção da edificação. A partir do relatório do consultor pode-se deduzir que o modelo não continha informações suficientes e organizadas para que fossem extraídas e tivessem utilidade.

Não é possível concluir se o nível de maturidade do modelo era adequado à etapa em que se encontrava, pois seria necessária uma análise mais profunda dos arquivos de modelagem, além do estabelecimento prévio de metas sobre o assunto.

Do ponto de vista do projeto de arquitetura, pode-se notar que a divisão do modelo em partes, conforme exigência do mesmo consultor, não atendia às necessidades do projeto de arquitetura em termos de extração de documentação, principalmente pela dificuldade encontrada em sua organização. Esse fato deve-se especificamente por se tratar de uma edificação de grande porte, com mais de uma torre.

À medida que o projeto avançou para as fases subsequentes, observou-se uma maior integração das equipes de projeto por perceberem os benefícios que a visualização 3D trazia para a qualidade do projeto. O proprietário passou a utilizar os modelos integrados para a visualização dos projetos e para a previsão de pontos críticos da obra, mas todo esse processo se desenvolvia internamente na equipe de engenharia,

e não propriamente no canteiro de obras. Nota-se aqui a melhoria na comunicação entre as equipes sobre a complexidade da edificação (MOUM, 2010).
Segundo a classificação de Jernigan (2008), a Empresa “A” encontra-se no *Little BIM* em razão das influências e benefícios evidenciados, mas encontra-se também ligeiramente no *Big BIM*, na medida em que existe troca de modelos entre especialidades de projeto e o fornecimento de poucas informações para o proprietário e para a obra.

De acordo com os Estágios de Capacidade BIM (SUCCAR, 2009), a empresa encontra-se parcialmente no Estágio 2. Ainda que em pequena escala, existe colaboração no intercâmbio Projeto-Projeto e Projeto-Construção.

Para os Estágios de Maturidade BIM (SUCCAR, 2009), a empresa encontra-se no Estágio 1, com a ausência de estratégia e a escassez de processos e políticas. A adoção de fato está acontecendo por meio de esforços individuais e heroicos.

Para as etapas classificadas por Tobin (2008), a empresa está, de alguma forma, entre o BIM 2.0 e 3.0. Pode ser classificada no BIM 2.0 porque tentou associar modelos aos dados financeiros (5D), por enquanto ainda sem sucesso. É possível que, até a conclusão dos projetos, esse processo seja evoluído. Com relação ao BIM 3.0, houve colaboração por meio de arquivos .ifc, pois o projeto de estrutura forneceu, por um período, modelos nesse formato, e toda a modelagem de sistemas prediais foi fornecida em .ifc e integrada ao .ifc de arquitetura, produzido periodicamente pela Empresa “A” para a análise de interferências em *software* específico.

4.2 Empresa “B”

Com relação à gestão da empresa, a conversão do desafio em oportunidade e a antecipação da tendência tecnológica (GRILO, 2002) trouxeram vantagens competitivas para a Empresa “B”.

Um dos objetivos principais para a implantação foi obter diferenciação em relação aos seus concorrentes. Relatou-se que, de fato, conseguiram o destaque pretendido, gerando novos negócios e a manutenção e a satisfação de clientes antigos. Por meio

da modelagem, a empresa adquiriu competência para oferecer um novo produto, que é o projeto de *design* de interiores. Com a aquisição de um *plug-in* específico para facilitar seu desenvolvimento, a empresa produz, atualmente, um projeto dessa tipologia, aumentando suas possiblidades comerciais. Esse ponto é salientado por Eastman *et al.* (2008) sobre a capacidade de as empresas oferecerem novos serviços que sejam adicionados à estrutura de remuneração.

Não foi possível obter dados a respeito de melhores remunerações nos projetos por se tratarem de informações confidenciais.

A bibliografia (OLIVEIRA, 2011) também indica que o planejamento estratégico de pequenas empresas deve ser ainda mais preciso, considerando os escassos recursos financeiros, humanos e tecnológicos. Nesse sentido, a empresa demonstrou que tal planejamento é possível e pode viabilizar a implementação do BIM. Os custos apropriados ao investimento para troca de todos os computadores e a compra das licenças de *softwares* foram planejados no orçamento anual, e contaram com aquisição de *hardwares* e *softwares*, consultoria e treinamentos. A empresa percebeu, ao longo do tempo, que obtinha maior produtividade e melhoria no desempenho das atividades diárias quando trabalhava com dois monitores. A aquisição desses equipamentos, além de *plug-in*s para o *software*, foi feita aos poucos, viabilizada pelo planejamento.

A bibliografia (EADIE, 2013 e TSE, WONG e WONG, 2005) ressalta os altos custos, que são confirmados pela Empresa “B”. Ainda que tenha planejado o investimento, observou-se que o investimento completo para a adesão ao BIM teve um custo elevado para uma empresa de pequeno porte. A aquisição é avaliada como um investimento à espera de um retorno a longo prazo, em termos financeiros.

Percebeu-se a predisposição para assumir riscos aliada ao planejamento estratégico (PADILHA, 2013). A empresa diferencia-se do que foi apontado pela bibliografia (OLIVEIRA, 2011) com relação às deficiências de gestão administrativa dos profissionais da área técnica. Por um lado, pode-se supor que, sendo uma filial de uma empresa americana, a Empresa “B” tenha uma cultura diferente quanto à gestão,

ao mesmo tempo em que cumpre diferentes exigências quanto aos resultados e atingimento de metas.

A empresa matriz já faz uso da tecnologia BIM. Por outro lado, observou-se que a implantação não foi uma exigência da matriz e que a diretoria da Empresa “B” possui relativa autonomia para conduzi-la, ao mesmo tempo em que precisa se adequar ao contexto brasileiro. E possível considerar que, em termos culturais, a empresa tenha sido inspirada por sua matriz, tendo em vista que o estágio de implantação dos Estados Unidos é mais avançado do que o brasileiro.

A implantação foi encarada como uma decisão de negócio, já que a empresa se preparou para atender futuras demandas, mas houve preocupação quanto aos novos fluxos de trabalho, que foram considerados para o planejamento da mudança (TARDIFF e SMITH, 2009 e JERNIGAN, 2008). Isso deve-se à primeira experiência malsucedida da empresa, na qual um investimento foi realizado e não ocasionou retorno. Percebeu-se que esse erro inicial impulsionou a empresa a contratar uma consultoria externa para acompanhá-la durante um longo período. Coube à consultoria um diagnóstico prévio dos fluxos de trabalho existentes.

Nota-se, então, com relação à implementação da modelagem, a realização de um diagnóstico e a elaboração de um plano de ação, conforme recomenda Arayaci (2011). O plano previsto foi, após a etapa de treinamentos iniciais, a elaboração de dois projetos pilotos. O primeiro seria preparado e executado quase que integralmente pela consultoria para testar os padrões e procedimentos.

A bibliografia também sugere a condução da transformação em pequenos passos (JENSEN; JÓHANNESSON, 2013), além de começar com um projeto de pequeno porte (HARDIN, 2009). A execução de um projeto de grande porte, mas com exigências menores quanto ao escopo de trabalho, permitiu que a primeira experiência fosse finalizada ao mesmo tempo em que os padrões puderam ser aperfeiçoados. Considerou-se ainda as análises críticas, que resultaram em melhorias a partir dessa experiência.

Com a conclusão desse exercício, a diretoria ficou mais convencida dos benefícios e satisfeita com os resultados. A experiência prática da equipe aconteceu nos trabalhos seguintes e pode-se encontrar novas dificuldades e benefícios durante seu desenvolvimento.

Quando ao desenvolvimento dos projetos, pode-se perceber que, apesar de a consultoria ter elaborado uma etapa de diagnóstico, esta teve a intenção de produzir uma representação gráfica fiel aos padrões da empresa, à produção de biblioteca de componentes e ao *template* padrão. A consultoria também estabeleceu uma metodologia de construção do modelo e de divisão dos arquivos que não representava o fluxo dos projetos de arquitetura. Observou-se também que todos os treinamentos foram focados no aprendizado dos softwares *Revit* e *Navisworks*, mas não em conceitos básicos de modelagem da informação, tais como interoperabilidade, parametrização e colaboração.

Diante disso, os seguintes pontos ficaram evidentes:

- Não foram consideradas questões de interoperabilidade e nem a possibilidade de colaboração entre *softwares* típicos da produção de arquitetura – *AutoCAD, SkechtUp* e *Revit* –, todos utilizados pela empresa. Por esse motivo, não se cogitou incialmente o estudo desse fluxo e as possibilidades de melhoria. Implantou-se um método padrão de implementação que não considerou as peculiaridades de troca de arquivos entre a empresa matriz e a filial nas etapas inicias do projeto.

- Nas etapas seguintes de desenvolvimento do projeto, a metodologia de construção do modelo utilizando paredes separadas impulsionou a compra e o uso de um *plug-in* que facilitasse a modelagem. À medida que a experiência de modelagem se expandiu pela equipe e se tornou padrão comum de trabalho, percebeu-se que esse método de trabalho dificultava demasiadamente processo comum de revisão de projeto, mesmo em etapas finais. Há relatos de que qualquer mudança na localização de uma alvenaria obrigava a edição de todas as camadas de revestimentos existentes. Os elementos não se encontravam vinculados, qualquer mudança de nível de laje obrigava a alteração de tantas alvenarias e revestimentos quanto existissem. O caso do

Projeto 2, em que se optou pela remodelagem das alvenarias, demonstrou que a metodologia não parecia adequada ao caráter dinâmico de projeto. Ao mesmo tempo, pode-se perceber que não foi elaborado junto da consultoria um manual BIM que incluísse normas, tais como as de nível de detalhamento por etapa, que representassem o processo de trabalho e o conteúdo das entregas, por fase de projeto.

- A biblioteca de componentes foi concebida para atender a metodologia proposta e, portando, continha parâmetros específicos que criavam vãos em todas as camadas existentes. Quando a empresa optou por utilizar a metodologia tradicional de construção de alvenarias por camadas, notou-se, com o uso, um comportamento problemático de tais famílias quando inseridas nesse contexto. Conclui-se, então, a necessidade de edição de grande parte das famílias criadas, confirmando o apontamento de Tse; Wong; Wong (2005) quanto à dificuldade de personalização de objetos parametrizáveis.

- Optou-se inicialmente pelo uso da biblioteca de detalhadamente padrão, incluindo as esquadrias, a partir das pranchas padrão de *AutoCAD* inseridas no *Revit*. Não foi analisada a questão de que, apesar de grande parte dos projetos hospitalares terem componentes padronizados, todos continham uma boa quantidade de exceções de projeto. Por esse motivo, recorreu-se ao uso de detalhamento de esquadrias a partir do próprio *software* de modelagem, resultando numa melhoria na representação gráfica das famílias. Para os detalhes ampliados, optou-se pela transformação em linhas do *Revit*, o que possibilitava edições em casos específicos. Essa mudança ainda trouxe outro grande benefício, que foi a diminuição drástica no tamanho dos arquivos.

As questões apresentadas demonstram que o caráter dinâmico do projeto de arquitetura durante o seu desenvolvimento no contexto da modelagem não foi levado em consideração.

Percebe-se que, quanto à capacidade de representação gráfica idêntica à produzida no *AutoCAD*, a empresa obteve sucesso. Outro ganho da empresa, conforme destacado por Barlish; Sullivan (2012), é que os benefícios são evolutivos ao longo da

implantação. Pode-se apontar tais benefícios evolutivos no uso do modelo para extração de dados de projeto legal. A empresa não esperava encontrar esse benefício e, uma vez que o identificou, foi obtendo resultados cada vez mais avançados a cada projeto realizado, eliminando a etapa de transferências dos dados e formatação de tabelas em outro *software*.

O trabalho colaborativo, com o acesso a um único arquivo que sincronizava as atualizações, mudou a maneira de produzir o projeto. Percebeu-se a facilidade encontrada pela equipe, pois a troca de informações diárias era prática comum da empresa.

Apesar das dificuldades apresentadas, observou-se maior facilidade e agilidade na implementação em pequenas empresas, conforme ressaltado por Eadie (2013), pois a equipe tinha mais confiança com a presença constante de um consultor interno, o *BIM Manager*. Este profissional era responsável por auxiliar pontualmente todas as dúvidas que surgissem durante o desenvolvimento dos projetos com o uso da tecnologia. Por esse motivo, a equipe demonstrava progressos rápidos no uso do *software*.

Ainda assim, relatou-se alguma resistência na implantação do BIM. Embora os profissionais demonstrassem interesse no aprendizado das ferramentas, muitas vezes os desafios os impulsionavam a voltarem para o *AutoCAD*. A vontade dos arquitetos em aplicar a tecnologia foi apontada por Moum (2010).

O papel do *BIM Manager* contratado pela empresa se mostrou fundamental para a reflexão e para a introdução de novos métodos de trabalho, pois assumiu funções características do novo cargo, implantando e mantendo o processo de projeto BIM (Barison; Santos, 2012). Ao mesmo tempo, notou-se que, apesar de a empresa ter um profissional com tais atribuições, este ainda permanece com funções de arquiteto.

Por um lado, essa experiência operacional nos projetos é interessante para que o próprio profissional teste na prática os padrões e métodos estabelecidos. Da mesma forma, sendo arquiteto, a capacidade de percepção da rotina de projeto o torna mais qualificado para tomar decisões. Por outro lado, o profissional fica sobrecarregado de

funções e, por vezes a função de *BIM Manager* torna-se secundária por um período. Com isso, observa-se que a empresa perde em continuidade de pesquisas e manutenção da implantação. Por fim, destacou-se que o porte da empresa não permite a manutenção de um profissional dedicado exclusivamente a pesquisas e desenvolvimento.

A implementação, do ponto de vista macro, aconteceu com uma abordagem *down top* na medida em que a inovação aconteceu sem mandato coercivo, quando uma pequena organização adota uma solução inovadora antes de ser empregada pelo mercado. No nível micro, a determinação da gerência da organização no uso da modelagem caracteriza-se como *top down* (SUCCAR, 2009).

Notou-se que, apesar do pouco envolvimento da diretoria, que apoiava a implantação do ponto de vista estratégico e financeiro, proporcionando os recursos financeiros necessários, o papel da gerente de projeto foi fundamental. Este profissional se envolveu e liderou o processo de mudança, retornando a funções operacionais as quais já não realizava para ter conhecimento das dificuldades e benefícios da nova tecnologia. Esse comportamento resultou em tomadas de decisão mais realistas quanto aos processos de trabalho e novos investimentos.

O gerente de projeto motivava o restante da equipe sempre que esta encontrava dificuldades, colaborando na solução dos problemas operacionais diários, ao mesmo tempo em que fazia a ligação entre a diretoria e o nível operacional. Um dos objetivos da empresa era o treinamento do pessoal interno, experiente no atendimento das necessidades específicas de projetos hospitalares. Novos profissionais eram contratados apenas com conhecimento básico do *Revit*, mas se tornavam parte de uma equipe que já possuía certa experiência no uso da ferramenta e tinham um conhecimento relativamente heterogêneo. O *BIM Manager* também auxiliava no treinamento de novos integrantes.

Com relação à colaboração com outros projetos, notou-se o pouco conhecimento conceitual de interoperabilidade entre projetos. Ainda assim, por meio de tentativas e erros, foi possível a utilização de modelos do projeto estrutural integrados à arquitetura. Mais uma vez, a presença do *BIM Manager* na equipe se mostrou

fundamental, uma vez que este profissional conduziu a integração do projeto de estrutura, solicitando a exportação do modelo em um formato proprietário que possibilitava sua inclusão no *Revit* por meio de um *plug-in*. Antes disso, os modelos eram utilizados em formato .ifc, com certa dificuldade.

No tocante aos projetos de sistemas prediais, a experiência do *BIM Manager* agregou novas práticas na empresa, como a checagem de interferências em *software* específico, o *Navisworks*. Moum (2010) cita como um dos passos primordiais para a implantação do BIM a monitoração de novos *softwares* e tendências da indústria. Percebe-se aqui uma evolução importante no processo de implantação da empresa.

O *BIM Manager* também conduziu as trocas de arquivos e a montagem do modelo integrado do Projeto 2, o qual foi analisado pela equipe interna e, por meio dele, pode-se produzir um relatório de interferências 3D.

Num primeiro momento, o modelo integrado foi utilizado pelas empresas de projeto para detecção de interferências. A partir disso, o modelo pode ser apresentado ao cliente.

No aspecto relacionado à colaboração com outros agentes, a empresa conhecia parcialmente o processo colaborativo e integrado que seria exigido pelo BIM e não esperava que o uso de dados não geométricos fosse ser utilizado pelos seus clientes.

O mesmo Projeto 2 trouxe uma nova experiência para a empresa: a análise do modelo de arquitetura para orçamentação. Essa experiência deu início a uma discussão sobre a necessidade de se produzir um manual BIM e de definição dos usos do modelo nos estágios preliminares de trabalho, e principalmente sobre o limite de responsabilidade e atuação do arquiteto no processo 5D.

A empresa pretende desenvolver um manual ou guia BIM interno para produção de projetos, mas ainda especula a melhor forma de estabelecer regras internas que atendam uma demanda externa variável em termos de uso do modelo e nível de detalhamento. Percebeu-se que, do ponto de vista da empresa de arquitetura, que

atende diversos clientes com necessidades diversas, a criação de um manual BIM é um desafio. Tal manual teria que conter regras flexíveis para adaptações a cada caso.

Esse ponto é explicitado na bibliografia por Bolpagni (2016) e no guia da *Penn State* sobre a necessidade de definições prévias sobre o uso do modelo e para quem este modelo será entregue.

Ainda sobre o mesmo tema, a empresa mencionou que não possuía total confiança na modelagem (GU; LONDON, 2010) para que dados fossem extraídos do modelo sem que passassem por uma minuciosa verificação, e concluiu que o modelo de arquitetura sempre precisará passar por um processo intermediário entre sua última etapa de projeto e a fase orçamentação (5D) para que seja adequado a tais fins, mesmo que tenho sido preparado desde o início para essa finalidade. Essa conclusão está de acordo com o que foi salientado por Eastmann *et al.* (2008). Os autores afirmaram que os modelos de arquitetura fornecem medidas adequadas para o levantamento de quantitativos, mas não substituem a tarefa de orçamentação. O arquiteto não substitui o orçamentista, que exerce um papel fundamental no processo de construção. Afirmam também que a ferramenta apenas permite mitigar riscos e reduzir a incerteza sobre as quantidades de matérias.

Como no caso da Empresa “A”, o proprietário não conduziu um processo de implantação do BIM no empreendimento baseado em sensibilização das equipes e definição de metas claras. Quando tentou utilizar o modelo de arquitetura, encontrou um modelo demasiado avançado para que atingisse usos na dimensão 5D do BIM. Mais uma vez, uma das conclusões foi a de que seria necessária a remodelagem do projeto de arquitetura para que se pudesse extrair as informações necessárias à quantificação e posterior orçamentação.

Segundo a classificação de Jernigan (2008), a Empresa “B” encontra-se no *Little BIM* em razão das influências e benefícios evidenciados, mas encontra-se também ligeiramente no *Big BIM*, na medida em que existe troca de modelos entre especialidades de projeto e o fornecimento de poucas informações para o proprietário e para a obra.

De acordo com os Estágios de Capacidade BIM (SUCCAR, 2009), a empresa encontra-se parcialmente no Estágio 2. Ainda que em pequena escala, existe colaboração no intercâmbio Projeto-Projeto e Projeto-Construção.
Para os Estágios de Maturidade BIM (SUCCAR, 2009), a empresa encontra-se no Estágio 2 “Definido” – a implantação foi impulsionada pela visão da alta direção e os processos e políticas começam a ser documentados. Não se percebe heroísmo, pois nota-se a evolução nas competências internas.

Para as etapas classificadas por Tobin (2008), a empresa está, de alguma forma entre o BIM 2.0 e 3.0. Pode ser classificada no BIM 2.0 porque tentou associar modelos aos dados financeiros (5D), por enquanto ainda sem sucesso. É possível que, até a conclusão dos projetos, esse processo seja evoluído. Quanto ao BIM 3.0, houve colaboração por meio de arquivos .ifc, mas ainda não colaborativamente em rede.

4.3 Empresa “C”

Com relação à gestão da empresa, a conversão do desafio em oportunidade e a antecipação da tendência tecnológica (GRILO, 2002) trouxeram vantagens competitivas para a Empresa “C”. Um dos objetivos principais para a implantação eram o ganho de produtividade e a automatização nas tarefas diárias de trabalho. Relatou-se que o objetivo foi atingido com sucesso e, pela extensão de seu portfólio de projetos com o uso do *ArchiCAD*, percebe-se que a utilização da ferramenta se encontra plenamente consolidada para tal finalidade.

Outros objetivos traçados foram o posicionamento estratégico perante o mercado e a obtenção de diferenciação em relação aos seus concorrentes. Observou-se que, de fato, a Empresa “C” conseguiu o destaque pretendido, gerando novos negócios e a manutenção e satisfação de clientes antigos. Os clientes demonstraram contentamento com o conjunto de peças gráficas entregues e confiança nos processos utilizados pela empresa para a compatibilização dos projetos. Um dos arquitetos diretores atribui esse fato à fidelidade de alguns clientes, os quais não chegam a abrir concorrência para escolha de empresas de arquitetura.

É um diferencial o fato de a Empresa “C” ser atuante no setor, com forte participação na associação de classe local. Acredita-se que essa participação a torna mais exposta no mercado, servindo de referência local no uso de novas tecnologias.
A bibliografia (OLIVEIRA, 2011) também indica que o planejamento estratégico de pequenas empresas deve ser ainda mais preciso, considerando os escassos recursos financeiros, humanos e tecnológicos. A Empresa “C” demonstrou que esse planejamento é possível e pode viabilizar a implementação do BIM. O plano utilizado pela empresa foi o de implantar a tecnologia em pequenos passos, conforme sugerido por Jensen e Jóhannesson (2013). O investimento realizado de forma gradual lhe permitiu fracionar os custos iniciais, evoluindo-os na medida em que a modelagem se tornava seu modo usual de produzir o projeto. A troca de todos os *softwares* e *hardwares* de uma só vez e a compra de licenças para todos eles não se mostrou necessária. Esse investimento foi realizado gradualmente, permitindo que a empresa amadurecesse seus processos e sua experiência com o *software*.

A despeito do apontamento de alguns autores sobre os altos custos da implementação (EADIE, 2013 e TSE, WONG e WONG, 2005), o que, nesse caso, também se confirmou, encontrou-se uma maneira possível de superar tal desafio. Notou-se a predisposição para assumir riscos aliada ao planejamento estratégico (PADILHA, 2013). A empresa diferencia-se do que foi apontado pela bibliografia (OLIVEIRA, 2011) com relação às deficiências de gestão administrativa dos profissionais da área técnica.

A implantação foi encarada como uma decisão de negócio, já que a empresa se preparou para atender futuras demandas, mas houve preocupação quanto aos novos fluxos de trabalho que foram considerados para o planejamento da mudança (TARDIFF e SMITH, 2009 e JERNIGAN, 2008).

Percebe-se que a experiência bem-sucedida se deu em parte devido ao envolvimento de um dos arquitetos sócios de forma integral no processo de mudança. Sua postura foi fundamental para que os demais sócios ganhassem confiança e se unissem em esforços. Ao mesmo tempo, seu envolvimento pode inspirar os demais arquitetos, transmitindo-lhes confiança.

Inicialmente, a implantação foi feita com o esforço individual desse profissional. Não houve, com relação à implementação da modelagem, a realização de um diagnóstico. Partiu-se da elaboração de um plano de ação, conforme recomenda Arayaci (2011).

O plano previsto foi o de testar os *softwares* disponíveis no mercado, a fim de decidir, intuitivamente, qual deles seria o melhor para a empresa. O arquiteto sócio se dispôs a realizar treinamentos básicos de algumas ferramentas disponíveis, demonstrando alto grau de interesse e envolvimento no processo. Seu comportamento está de acordo com Hardin (2011), que sugere que os proprietários devem estar envolvidos na discussão de uma estratégia de implementação porque decidirão os investimentos em *software*, *hardware* e equipe.

Nota-se também, nesse momento, a benéfica participação da associação de classe local, a qual despertou e proporcionou o suporte para a troca de informações em um grupo de arquitetos dispostos a inovar. Com esse apoio, toda a equipe da empresa passou por um treinamento do *software* escolhido e, após os treinamentos iniciais, elaborou-se o primeiro projeto piloto. A bibliografia (JENSEN; JÓHANNESSON, 2013) sugere a condução da transformação em pequenos passos, começando com um projeto de pequeno porte (HARDIN, 2009).

A execução de um projeto de pequeno porte, com exigências menores quanto ao escopo de trabalho, permitiu que a primeira experiência fosse finalizada ao mesmo tempo que em os padrões puderam ser aperfeiçoados. Considerou-se também análises críticas, que resultaram em melhorias a partir dessa experiência.

Com a conclusão desse exercício, os demais diretores, especialmente um deles, se convenceu definitivamente dos benefícios da implantação. A experiência prática da equipe aconteceu nos trabalhos seguintes e pode-se encontrar novas dificuldades e benefícios durante seu desenvolvimento.

Observou-se, conforme ressaltado por Eadie (2013), a maior facilidade e agilidade na implementação em pequenas empresas. O arquiteto diretor afirmou que tal facilidade deveu-se também à maior aderência do *ArchiCAD* aos processos de projeto de

arquitetura. Essa afirmação só poderia ser confirmada com estudos mais aprofundados das funcionalidades de cada *software*.

O trabalho colaborativo, com o acesso a um único arquivo que sincroniza as atualizações, mudou a maneira de produzir o projeto. Apesar disso, pode-se perceber que muitos colaboradores da empresa, com um perfil mais jovem, tiveram pouca experiência no processo tradicional com uso de *AutoCAD*. Sendo assim, já estão habituados a essa “nova” maneira de produzir os projetos.

O treinamento dos novos membros é feito internamente e conta com o auxílio do *BIM Manager*. Este profissional era responsável por auxiliar pontualmente todas as dúvidas que surgissem durante o desenvolvimento dos projetos com o uso da tecnologia. São atribuídos à presença constante e integral do *BIM Manager* os progressos rápidos no uso do *software*. Pode-se notar também, nesse caso, a vontade dos arquitetos em aplicar a tecnologia, conforme como apontado por Moum (2010).

Sendo o *BIM Manager* um dos arquitetos diretores, percebeu-se a forte liderança do processo dentro da empresa. Simultaneamente, o profissional possuía a experiência operacional nos projetos, fato que o tornava capacitado para testar na prática os padrões e métodos estabelecidos. Por outro lado, ficava sobrecarregado de funções e, por vezes, a função de *BIM Manager* tornava-se secundária temporariamente. Além disso, tais funções concorriam com as funções de gestão típicas do seu cargo de arquiteto diretor. Este profissional assumiu funções características do cargo, implantando e mantendo o processo de projeto BIM até o ano de 2015 (BARISON; SANTOS, 2012). Com o passar dos anos e a consolidação da tecnologia, um dos arquitetos assumiu a função em 2016, com o objetivo de continuidade de pesquisas e manutenção da implantação.

A implementação, do ponto de visto macro, aconteceu com uma abordagem *down top* na medida em que a inovação aconteceu sem mandato coercivo, quando uma pequena organização adota uma solução inovadora antes que ela seja empregada pelo mercado. No nível micro, a determinação da gerência da organização no uso da modelagem caracterizou-a como *top down* (SUCCAR, 2009).

Percebeu-se o papel fundamental do arquiteto diretor, envolvendo-se e liderando o processo de mudança, retornando a funções operacionais as quais já não realizava para ter ciência das dificuldades e benefícios da nova tecnologia. Esse comportamento resultou em tomadas de decisão mais realistas quanto aos processos de trabalho e novos investimentos. Da mesma forma, esse profissional motivava o restante da equipe sempre que esta encontrava dificuldades, colaborando na solução dos problemas operacionais diários. Essa proximidade com o processo também tornou possível a avaliação dos profissionais em termos técnicos. O BIM evidenciou a má formação técnica de alguns arquitetos. Relatou-se que, no início da implementação, alguns profissionais foram desligados da empresa por não possuírem os conhecimentos necessários para a produção do projeto.

No tocante ao desenvolvimento dos projetos, pode-se observar uma extensa evolução no produto final entregue, quando da comparação do projeto piloto com os dois casos mais recentes. Essa questão é apontada por Barlish e Sullivan (2012), quando afirmam que os benefícios são evolutivos ao longo da implantação.

Percebe-se que a empresa obteve sucesso na capacidade de representação gráfica idêntica à produzida no *AutoCAD* e que evoluiu seu produto incrementando seu projeto com diversas imagens 3D junto a cortes tradicionais.

A empresa também demonstra facilidade na operação do *software* e está em constante atualização com relação a novas funcionalidades. O processo de projetação foi adequado ao BIM, dentro do que Nardelli (2013) aponta como uma arquitetura digital, concebida e materializada a partir de técnicas digitais e uso de novas ferramentas computacionais como forma de ampliar os meios de representação, acarretando o abandono de desenhos expressivos manuais, conforme abordado por Florio (2010).

Com relação à colaboração com outros projetos, notou-se que, apesar de a empresa possuir bom conhecimento conceitual de interoperabilidade, na prática existe pouca experiência. A empresa mencionou dificuldades no estabelecimento de processos colaborativos entre projetistas, com regras de trabalhos pré-definidas e relacionadas a dificuldades práticas. Ao mesmo tempo, levantou questões de processo de trabalho

entre os projetos de arquitetura e estrutura e sua concepção simultânea. Percebeu-se a necessidade de troca constante entre os projetos, de acordo com Rebello (2006), mas, em termos de tecnologia, ainda não foi possível definir um processo mais colaborativo de modo a evitar a modelagem do projeto de estrutura dentro da arquitetura. Segundo Barlish e Sullivan (2012), uma das dificuldades encontradas com o uso do BIM é a dificuldade prática, como interoperabilidade de sistemas.

Percebeu-se que, para a Empresa “C”, a análise de modelos de outras disciplinas era realizada dentro do *ArchiCAD*. A utilização de outro *software* para essa função, o *Tekla BIM Sight*, era uma novidade que estava sendo utilizada a pouco tempo. Moum (2010) cita como um dos passos fundamentais para a implantação do BIM a monitoração de novos *softwares* e tendências da indústria. Com isso, nota-se que, dentro do processo de colaboração, ainda existe a necessidade de amadurecimento de conceitos e práticas essenciais ao uso do BIM.

Com relação aos projetos de sistemas prediais, a empresa passava pela primeira experiência de troca de modelos com esta disciplina de projeto. Aqui, o uso de um *software* capaz de integrar os modelos tornou-se ainda mais essencial. Foram relatadas dificuldades na inserção do modelo dentro do ArchiCAD e, por essa razão, buscou-se outras ferramentas. O *Tekla BIM Sight* passou, então, a ser usado como ferramenta de checagem de interferência.

No aspecto relacionado à colaboração com outros agentes a empresa, não possuía nenhuma experiência e, até o momento, não teve nenhuma demanda de seus clientes. A inexperiência no contato com outros agentes não proporciona desafios à empresa. É a partir da evolução dos demais agentes que se torna possível a busca por novas formas de trabalho e a evolução dentro do BIM. A empresa obteve amadurecimento apenas dentro dos seus processos de trabalho internos, confirmando a afirmação de Arayaci (2011) quanto à dificuldade encontrada na falta de continuidade da cadeia produtiva.

Segundo a classificação de Jernigan (2008), a Empresa “C” encontra-se no *Little BIM* em razão das influências e benefícios evidenciados, mas encontra-se também ligeiramente no *Big BIM*, na medida em que existe troca de modelos entre

especialidades de projeto e o fornecimento de poucas informações para o proprietário e para a obra.

De acordo com os Estágios de Capacidade BIM (SUCCAR, 2009), a empresa encontra-se parcialmente no Estágio 2. Ainda que em pequena escala, existe colaboração no intercâmbio Projeto-Projeto e Projeto-Construção.

Para os Estágios de Maturidade BIM (SUCCAR, 2009), a empresa encontra-se no Estágio 2, “Definido” – a implantação foi impulsionada pela visão da alta direção e os processos e políticas começam a ser documentados. Não se percebe heroísmo, pois nota-se a evolução nas competências internas.

Para as etapas classificadas por Tobin (2008), a empresa está, de alguma forma, no BIM 1.0, que se caracteriza pela substituição do desenvolvimento de projeto em CAD por modelos 3D. O modelo encontra-se individualizado e restrito aos projetistas.

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os estudos de caso apresentados demonstraram como três empresas de projeto se posicionaram estrategicamente frente à implementação da modelagem da informação e de que forma fizeram uso da tecnologia durante o processo de projeto de arquitetura.

Cada empresa teve objetivos, planejamentos e metodologias diferentes na implementação. Também fizeram uso de funcionalidades diferentes de acordo com o software utilizado. Embora seja possível identificar claramente três experiências distintas, verifica-se que algumas dificuldades e benefícios relatados pelos profissionais envolvidos são semelhantes e também confirmam resultados obtidos em outras pesquisas.

O quadro abaixo resume alguns dos principais resultados coletados quanto a caracterização das empresas e quanto a gestão e a implantação da nova tecnologia em seus projetos.

	INFORMAÇÕES COLETADAS	ESTUDO A	ESTUDO B	ESTUDO C
CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA	Ano de Fundação	2000	1998	2004
	Localidadade	São Paulo/SP	São Paulo/SP	Porto Alegre/RS
	Serviços	projetos de arquitetura, edificios residencias, comerciais, retrofits, residencias.	projetos de arquitetura hospitalares e planos diretores hospitalares	projetos de arquitetura, edificios residencias, comerciais,
	Equipe	4 sócios-arquitetos 40 arquitetos (variavel) no total. No nucleo especial BIM - 7 arquitetos e 2 estagiários	2 sócios-arquitetos 11 colaborades (7 arquitetos e 2 projetistas e 2 estagiários)	3 sócios-arquitetos e 14 arquitetos e 5 estagiários
GESTÃO	Departamento Adimintrativo	Sim, mas 1 dos sócios se dedica a integralmente a função	Sim, mas os dois socios tambem acumulma funções - comercial e marketing	Não. Os tres socios se subdividem com as rotinas administrativas
	Planejamento Financeiro para a Implantação	Não	Sim	SIm
IMPLANTAÇÃO	Ano de Implantação	2015	2014	2011
	Objetivos p/ Implantação	- atendimento a um cliente	- estratégia	- melhoria na produtividade
	Treinamento da Equipe	não	sim	sim
	Consultoria	sim, mas parcial	sim	não
	Software	Revit	Revit	Archicad
	Guia de Implantação	Não possui	Não possui, mas planeja desenvolver	Não possui
	Projeto Piloto	Não	Sim	Sim
	BIM Manager	Não possui	Sim	Sim
	Desenvolvimento de Biblioteca e Templates	Não	Sim	Sim

Tabela 2 – Resumo dos Dados Coletados. Fonte: Autora

	INFORMAÇÕES COLETADAS	ESTUDO A	ESTUDO B	ESTUDO C
DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS	Uso de Croquis	Não	Sim	Não
	Uso de AutoCAD	Não	Sim	Não
	Softwares Utilizados para Estudo Preliminar/ Estudo de Viabilidade	Skecht Up	Skecht Up	Skecht Up/ Archicad
	Softwares para Compatibização de Projetos	Não Utiliza	Navisworks	TeklaBIM Sight
	Uso do Modelo para Planejamento de Obra	Não	Não	Não
	Uso do Modelo para Extração Quantitativos	SIm	Sim	Não
COLABORAÇÃO	Com outras empresas de projeto	SIm	SIm	SIm
	Com outros Agentes	Sim	Sim	Não

Tabela 3 - Resumo dos Dados Coletados. Fonte: Autora

5.1. Quanto a gestão

A motivação para implementação da modelagem da informação foi diferente em cada empresa:

- A empresa A por demanda externa de um cliente
- A empresa B por estratégia competitiva planejada
- A empresa C em busca da melhoria de processos internos.

A partir da decisão de implantar, todos precisaram investir em novos hardwares, softwares e treinamentos.

Com base nos dados analisados foi possível perceber que:

- A empresa A foi a que demonstrou maior dificuldade no processo de implantação. Em parte tais dificuldades devem-se a falta de planejamento estratégico. Para esta empresa a modelagem foi encarada como uma mudança de software e não foi feita previsão dos custos decorrentes desta transição, aparentemente, devido à falta de conhecimento das exigências tecnológicas da modelagem. A implantação ocorreu como resposta a uma demanda imediata e por isso o planejamento estratégico, se houvesse, não poderia arcar com custos altos realizados em curto período. A aquisição de equipamentos, softwares e treinamento aconteceu de forma simultânea sobrecarregando os investimentos realizados.

- A empresa B fez um planejamento de recursos financeiros e se preparou para as mudanças por meio de um processo de implantação que durou aproximadamente um ano. Os recursos financeiros foram planejados e distribuídos ao longo do ano da implantação enquanto a empresa pode subdividir os custos, primeiramente em treinamentos e consultoria, depois em hardwares e softwares. A aquisição de equipamentos pode ser feita lentamente e conforme a necessidade de uso já que a implantação ocorreu inicialmente em um projeto piloto.

- A empresa C também fez um investimento planejado e a longo prazo. Passou por um processo de implantação que durou aproximadamente oito meses. Os recuso financeiros foram investidos de forma gradual, a princípio, contando apenas com o arquiteto sócio e um projeto piloto, sem a contratação de consultoria. Posteriormente a compra de hardwares e softwares decorreu de forma gradual, à medida que a cultura foi se disseminando na empresa e conforme os arquitetos já haviam recebido treinamento do software.

Cabe salientar que as empresas de arquitetura são caracterizadas segundo o Sinaenco como sendo em sua grande maioria de micro e pequeno porte, com até 20 vínculos empregatícios.

Dentre as empresas estudadas, apenas a Empresa A não se encaixa nesse perfil e, portanto, poderia ter sido a que encontraria mais facilidade em novos investimentos. Pode-se levantar hipóteses para que tal fato não tenho ocorrido. Os mesmos dados da Sinaenco destacam que a parcela mais significativa de gastos das empresas de projeto é com pessoal. Sendo assim, a Empresa A, possuindo maior quantidade de vínculos poderia ter menor possibilidade de investimentos.
Por outro lado, nota-se que apesar da empresa como um todo possuir em torno de 40 arquitetos, o núcleo BIM, montado especialmente para o atendimento ao projeto estudado, funcionava como uma “pequena empresa” inserida no contexto da “maior empresa”.

Ao longo do estudo percebeu-se que a administração financeira também era conduzida dessa forma, com um centro de custos diferenciado. Sendo assim, o núcleo BIM possuía características semelhantes as demais empresas estudadas.
Percebe-se que o grande diferencial quanto a gestão no contexto da implantação é a capacidade de planejamento estratégico.
Nota-se então que o planejamento estratégico da empresa deve fazer uma previsão de investimento financeiro alto para a aquisição dos softwares, a substituição de hardwares, capacitação profissional da equipe. Mas que este planejamento, quando bem executado por ser feito de forma gradual para que se adeque as possiblidades de cada empresa.

A necessidade de conhecimento de gestão na empresa é fundamental para evitar prejuízos e decisões arriscadas. A atuação dos proprietários das empresas, tanto na gestão técnica como na administrativa, cria uma limitação de desempenho, mas também pode ser encarada como um diferencial positivo.
As empresas B e C, tiveram a condução de suas implantações realizada por profissionais dos níveis gerenciais e pode-se atribuir a liderança destes profissionais com uma das causas importantes de seu sucesso.

Os líderes ou os titulares devem estar completamente integrados e envolvidos no processo por serem capazes de impulsionar os demais, seja por meio dos exemplos práticos, como na Empresa B e C ou por proporcionar as melhores condições para que o trabalho se desenvolva, como na Empresa B.

Aos diretores da empresa A e B, apesar da visão estratégica, faltou uma aproximação da tecnologia em nível conceitual, para que pudessem compreender melhor os desafios enfrentados pelos arquitetos do nível operacional.
No caso da Empresa B esse distanciamento não acarretou dificuldades nas fases iniciais de uso da modelagem. A longo prazo esse distanciamento poderá afetar a empresa, com a evolução natural do mercado e dos processos internos. Novas necessidades e desafios vão surgir e já estão sendo apontados pelos arquitetos e pelo BIM Manager. A empresa precisará se preparar para mais um ciclo de aprendizagem e implantação.

No caso da empresa A, esse distanciamento prejudicou a implantação. Pode-se notar que, principalmente no início, os prazos de entregas estabelecidos não eram condizentes com as dificuldades típicas da curva de aprendizagem pelo qual a equipe passava. A diretoria/ gerência acreditava que a solução do problema poderia ser encontrada na contração de mais mão de obra, como aconteceu no processo tradicional de CAD. Entretanto essa solução esbarrava em questões de maiores investimentos – hardwares e softwares – e na qualificação da mão de obra contratada. Ao mesmo tempo uma boa parte das dificuldades se encontravam nos novos processos de trabalho e na falta de treinamento da equipe existente.

Jernigan (2008) aponta que quando os proprietários estão inaptos para se conectarem a implementação do BIM para clarear seus objetivos de negócio, as mudanças tendem a ocorrer lentamente.
Percebe-se então que a falta de conhecimento conceitual do BIM, e não necessariamente da capacidade de utilizar um software, obscurecia as chances de encontrar solução para os desafios e sobrecarregava a equipe operacional.

Outro ponto importante a ser destacado é que dentre as três empresas apenas a C não possui um departamento administrativo/financeiro. Apesar dos arquitetos sócios dessa empresa, se dividirem entre funções técnicas e de gestão, tal situação não impediu que a implantação fosse realizada com planejamento. Nota-se que a concretização na adoção da tecnologia deveu-se muito as características pessoais de empreendedorismo e de interesse pela tecnologia destes profissionais.

No caso das empresas A e B esses departamentos tiveram participação importante, colaborando, com ou sem planejamento, pois buscaram alternativas financeiras que viabilizassem a implantação. No caso da empresa A, as alternativas se deveram bastante as ações específicas do departamento, o qual buscou maneiras de viabilizar as aquisições no tempo previsto e com os recursos disponíveis. No caso da empresa B, a integração entre o departamento e a gerência/diretoria, aliada ao planejamento, permitiu a condução desse processo de maneira alinhada aos objetivos e prazos traçados anteriormente.

É fundamental salientar que caberá a empresa de arquitetura arcar com os custos da implantação de uma tecnologia que poderá trazer benefícios, mas que deve fazer uma reflexão se esse investimento será repassado ao cliente e de que forma poderá conduzir essa questão. A empresa C relata que os valores de seus projetos não foram reajustados em relação aos praticados anteriormente e que os ganhos obtidos foram a fidelização de clientes antigos e a obtenção de novos, por se destacarem por projetos com maior qualidade e não especialmente pelo uso do BIM. A Empresa B, ao contrário, relatou um aumento no valor de suas propostas, mas, perante os clientes justificava a capacidade de fornecer projetos com maior qualidade e maior informação. A Empresa A não teve, a princípio, planejamento estratégico que justificasse essa

reflexão pois adotou uma postura passiva, implantado a tecnologia por uma demanda externa e não por intenção própria.

Diferente do que foi apontado por Eadie (2013) a implementação da modelagem está sim dentro das possiblidades das pequenas empresas, apesar de demandar investimentos significativos, como apontado pelo mesmo autor.

Eastman *el al* (2008) também apontou que apesar das dificuldades iniciais as empresas de projeto que adotaram a modelagem descobriram que os significativos custos inicias são recompensados pelos benefícios de produtividade e a maior consistência das informações.

Apesar de focarem em pontos diferentes as três empresas acabaram por colher mais benefícios do que os esperados inicialmente. Percebe-se que independente da motivação que as levaram a implementação (demanda externa ou motivação interna) a conversão do desafio em oportunidade e a antecipação da tendência tecnológica trouxe uma vantagem competitiva para todas perante o mercado.

Diferente do que afirmando pela bibliografia (Eadie, 2013) a aplicação do conceito da modelagem não precisa ser demandada pelo cliente. As Empresas B e C, encontra-se em atividade plena com a modelagem enquanto a Empresa A, apesar das dificuldades encontra-se capacitada para futuros desafios. A implementação da modelagem da informação em empresa de projeto pode contribuir para aumentar sua capacidade competitiva frente aos concorrentes de seu setor a medida que aprimora seus serviços e produtos, gera projetos com maior qualidade e agrega valor aos produtos oferecidos. Ao mesmo tempo pode gerar novos negócios à medida que a tecnologia permite oferecer novos serviços tanto a novos como a antigos clientes.

5.2. Quanto ao uso da tecnologia

5.2.1. Implantação

A motivação para implantação da modelagem foi bastante diferente entre as três empresas estudadas, mas a metodologia da implantação teve características semelhantes.

A Empresa A e B optaram pelo acompanhamento de uma consultoria, enquanto a empresa C optou por conduzir a implantação com recursos internos.

Na empresa A coube a consultoria o acompanhamento do trabalho somente os estágios inicias do projeto e quando muitas decisões já haviam sido tomadas. Não houve nenhum tipo de preparação que antecedesse o processo. Não houve a construção de um template ou a elaboração de uma biblioteca de componentes, ainda que fosse básico e atendesse as necessidades iniciais do projeto.
Foi possível apenas um breve diagnostico quanto:

- Capacitação da equipe, na época com quatro arquitetos
- Requisitos quanto ao uso do modelo.
- Características do projeto e analise quanto as possiblidades de divisão do modelo

As etapas de diagnóstico, plano de ação e ação (possivelmente um projeto piloto) foram realizadas quase que simultaneamente. A falta de capacitação conceitual da equipe nos conceitos básicos de BIM (parametrização, interoperabilidade, colaboração) foi percebida imediatamente. Consequentemente as dificuldades no início do trabalho foram muito maiores. Para sanar alguns problemas foi proposto pela consultoria algumas sessões de treinamento coletivo em assuntos que fossem extremamente essenciais ao desenvolvimento do trabalho.

A execução imediata da etapa de ação causou insegurança na equipe e falta de controle na implantação. Definiu-se então um processo desestruturado de implantação em que simultaneamente os profissionais eram treinados, criava-se componentes e fazia-se uso de um template básico que precisava de ajustes constantes. O projeto exigiu também, antes de tudo, um amplo planejamento do modelo para que retratasse as necessidades de documentação prevista pela equipe para aquela fase de projeto e para as próximas. Tal atividade também aconteceu de forma simultânea e postergou ainda mais a entrada dos arquitetos no uso do software. Perceba-se então o acumulo de atividades típicas da implantação junto ao desenvolvimento da atividade normal de projeto. A falta de estrutura obrigou a equipe por um longo tempo, a se preocupar com ajustes nas padronizações e nos métodos de trabalho e resultou na tomada de muitas decisões equivocadas.

A Empresa B teve consultoria durante todo o processo. Com o auxílio deste profissional traçou um plano de implantação que começou com um breve diagnóstico das necessidades da empresa seguido rapidamente de um plano de ação que contava

com três principais ações: treinamento da equipe, criação de template e bibliotecas e elaboração de um projeto piloto.
Com a finalização de treinamentos e a elaboração de template e bibliotecas deu-se início o primeiro projeto piloto. A empresa também dispôs do próprio tempo de trabalho, realizando os treinamentos do software em horário comercial.
A criação de uma estrutura de trabalho mostrou-se fundamental para que a empresa obtivesse sucesso. A equipe foi informada do plano resultando em segurança e motivação. A elaboração de um projeto piloto possibilitou uma etapa de testes de padrões resultando em aperfeiçoamento.

A empresa C não teve consultoria mas elaborou um planejamento que contava com escolha de software, treinamento da equipe e projeto piloto. De uma forma mais simplificada a empresa promoveu o treinamento de toda a equipe no software escolhido nas instalações da Asbea-RS. A partir daí coube ao arquiteto sócio desenvolver o projeto piloto e criar as bases da padronização que seriam utilizadas e aperfeiçoadas nos demais projetos. A equipe não foi sobrecarregada e só iniciou de fato no software quanto uma etapa inicial de testes já havia sido elaborada.

Com relação ao software BIM selecionado por cada um dos três estudos de caso, vê-se que a Empresa A e B optaram pelo Revit, enquanto o Escritório C escolheu o ArchiCAD. A amostra deste trabalho não permite deliberar a respeito das vantagens e desvantagens específicas dos diferentes softwares, pois isso exigiria um monitoramento presencial em cada empresa durante o período de realização de cada projeto e o foco especifico na comparação de ferramentas de cada software.
Pode-se perceber, entretanto, que a utilização desses recursos está intimamente ligada a características pessoais e organizacionais encontradas em cada empresa. Em linhas gerais foi concluído por Monteiro e Coelho (2015) que a preferência de escolha por um aplicativo se dá mais pela facilidade em sua aquisição, aprendizado ou utilização.
Gaspar (2014) demonstrou que alguns critérios devem ser utilizados tal como sua utilidade, seja para apresentações, para a criação de documentação de projeto, capacidade de comunicação interna e de interoperabilidade, quantidade e qualidade de usuários, valores da licença dos softwares e de seus upgrades de versão.

A empresa A fez a escolha utilizando como critério a facilidade de mão de obra disponível com capacitação básica no software. A Empresa B teve como critério principal o uso do software pela empresa matriz. A Empresa C utilizou como critério a maior aderência dos softwares aos processos de projeto de arquitetura.

Percebeu-se que a Empresa C apresentou maior domínio do software por todos os membros da equipe, vencendo com mais facilidade a curva de aprendizado inicial e trabalhando efetivamente com a colaboração, ainda que restrita aos arquitetos do escritório.
Não é possível afirmar definitivamente se essa situação se deve ao fato de o software escolhido ser tecnicamente mais acessível ou ter seu desenvolvimento voltado aos profissionais de arquitetura. Seria necessária uma pesquisa específica com uma amostra mais significava de projetos, acompanhada em ambiente controlado, para verificar esses benefícios específicos.

Quanto aos treinamentos as empresas B e C forneceram capacitação aos seus profissionais com cursos básicos das ferramentas a serem utilizadas. As duas empresas optaram por treinar sua própria equipe e mantê-la em atualização. Nos dois casos o papel do BIM Manager se mostrou fundamental para a evolução do conhecimento adquirido. A partir da implantação as duas empresas optaram por contratar somente funcionários habilitados no novo software e treiná-los internamente nos padrões estabelecidos. A empresa A não ofereceu um treinamento consistente que nivelasse o conhecimento da equipe. A heterogeneidade de conhecimentos provocou desiquilíbrio no início do processo, dificultando a implantação da tecnologia no projeto. A ausência de um BIM Manager dificultou a evolução e fez com que os próprios arquitetos necessitam parar muitas vezes para pesquisar soluções de tecnologia atrasando o desenvolvimento do projeto.

Quanto ao estágio de implantação de acordo com a classificação de alguns autores as empresas encontram-se de acordo com o quadro abaixo:

classificações	Empresa A	Empresa B	Empresa C
SUCCAR (2009) MATURIDADE BIM	Estágio (a) "Inicial"	Estágio (b) "Definido"	Estágio (b) "Definido"
SUCCAR (2009) CAPACIDADE BIM	parcialmente Estágio 2	parcialmente Estágio 2	parcialmente Estágio 2
TOBIN (2008)	Entre BIM 2.0 e BIM 3.0	Entre BIM 2.0 e BIM 3.0	Entre BIM 1.0
JERNIGAN (2008)	*little bim parcialmente BIG BIM*	*little bim parcialmente BIG BIM*	*little bim parcialmente BIG BIM*

Tabela 4 – Classificação das Empresas. Fonte: Autora

Percebe-se que a Empresa A tem uma capacitação interna muito menor, em termos de experiência de projeto, organização, metodologia, capacitação técnica com relação ao software mas enfrenta desafios externos muito maiores, quando tem necessidade de colaborar no contexto BIM com outros projetos e atender demandas do cliente. Já a empresa C, com amplo portfólio de trabalho utilizando de software BIM, organização e metodologia, relata não conseguir evoluir por falta de demanda externa dos clientes e por não encontrar outros projetistas capacitados na tecnologia BIM.

Em face destas percepções parciais pode-se estabelecer alguns aspectos importantes quanto à implantação:

- A abordagem adotada para a aproximação e utilização da modelagem definirá a qualidade dos resultados finais e a satisfação dos objetivos esperados.
- O planejamento é fundamental – com diagnóstico e plano de ação - e a condução das ações em pequenos passos.
- Tal planejamento vai considerar com cuidado as características particulares das empresas de projeto. Sendo empresas de pequeno porte, existe a possibilidade de profissionais acumularem funções e de o processo de

implantação ocorrer simultaneamente a períodos críticos de entregas de outros projetos.

- Pelo lado positivo a implementação do Conceito de Modelagem é mais fácil e ágil em pequenas empresas pois foca-se em primeiro lugar somente nas questões de projeto de arquitetura e a equipe a ser treinada é de menor porte. Soma-se a isso o fato de não há necessidade de treinar toda a equipe de uma única vez, tornando ainda mais fácil a mudança cultural gradual.
- A implantação poderia ser considerada como um “projeto”, sendo estabelecido então um cronograma de ações que pode ser flexível aos momentos críticos da empresa, mas que possuiria metas claras a serem atingidas dentro de um período estabelecido.
- É importante a definição de critérios para a escolha do software, mas essa escolha não é fundamental para a obtenção de sucesso na adoção da modelagem. É importante ter claro as facilidades e dificuldades de cada software e adequar o planejamento as necessidades de cada um deles.
- A consultoria durante o processo não é garantia de sucesso mas pode auxiliar a empresa no planejamento e pode ser fundamental quando a implantação é tratada como um projeto. Pode evitar desperdício de tempo e garantir que os resultados sejam mais rapidamente atingidos.
- Percebeu-se a importância do papel das associações como incentivadores e promotores de mudanças setoriais.
- A falta de uma etapa de treinamento conceitual, que pode ser chamada de “Pré BIM”, poderia ter capacitado os arquitetos nos conceitos essenciais da modelagem da informação. Tais conceitos são fundamentais para que se entenda que a modelagem não é apenas uma troca de software, mas uma mudança nos processos de trabalho. A capacitação nestes conceitos os capacitaria para os novos desafios e para a compreensão do seu papel e responsabilidade no processo de implementação.

5.2.2. Desenvolvimento de Projetos

Durante o desenvolvimento do projeto nas etapas iniciais de concepção e estudo preliminar observou-se o uso de meios de expressão mais livres e experimentais, tais como croquis, somente na Empresa B. Nesta mesma fase o SketchUp é utilizado nas três empresas com a intenção de criação de massas e volumes. Nesta fase o projeto é incerto e requer diferentes modos de investigação e criação de alternativas projetuais. Todos relataram a facilidade encontrada neste software com a modelagem rápida e intuitiva e a criação de um arquivo leve e de manuseio ágil.

A empresa A conseguiu transportar parte do modelo criado neste software para completar o contexto de seu projeto, adicionando um bloco do empreendimento que precisaria apenas ser representado volumetricamente.

A empresa B relatou inicialmente a intenção de transportar o modelo criado neste software para o de modelagem, mas sem sucesso. No seu processo habitual, após a concepção do projeto, o processo se reinicia no software de modelagem.

A empresa C tem um processo igual a empresa B quanto ao reinicio do trabalho, mas não em todos os casos. Na maior parte das vezes o processo de criação se inicia dentro do próprio software de modelagem sendo conduzido dessa forma até o fim. Entretanto não fazem uso das funcionalidades próprios do software para a criação e estudo de massas e volumetrias.

Na conclusão dessa etapa o projeto é apresentado ao cliente pela primeira vez e em seguida, com a confirmação e consolidação do partido é necessário a criação de imagens renderizadas com boa qualidade estética, ainda que parte das soluções de projeto não tenha sido definidas. Com essa finalidade as três empresas relataram a terceirização desse serviço para outras empresas especializadas.

Pode se questionar a capacidade dos softwares de modelagem, no caso o Revit e o Archicad quanto a existência e facilidade de uso de funcionalidades para a criação de massas e volumetrias.

As três empresas relataram ter conhecimento de tais funcionalidades nos softwares, mas não se interessaram em aprofundar estes conhecimentos. As três empresas concordaram quanto a facilidade do processo de trabalho no uso de um único software para criação e posterior desenvolvimento das demais fases de projeto, mas justificaram a falta de uso de tais funcionalidades devido à falta de tempo ou interesse nesse aprofundamento ou costume ao seu processo habitual.

Na empresa B, tal questionamento resultou numa busca mais aprofundada sobre esse assunto e ao longo das visitas relataram tentativas de uso. Em um primeiro momento por meio de testes e em seguida com criação de massas em um novo projeto. Foram capazes de transformar as massas em componentes típicos e paramétricos do programa e a partir disso deram continuidade ao projeto. Relataram satisfação com os resultados alcançados e a intenção de investimento de estudo nestas funcionalidades. A empresa C também relata o uso do software, na maioria dos projetos, desde o início do processo e alegam obter vantagens quanto a produtividade e a consistência das informações. Tal experiência pode apontar uma vantagem quanto a facilidade de uso de uma única ferramenta que seja capaz de atender as necessidades de todo o processo de projeto de arquitetura.

A revisão bibliográfica aponta o aprimoramento do SkechUp tanto com a integração com outras soluções BIM quanto a classificação de objetos .ifc e a agregação de dados a estes objetos. Caberia aos profissionais um interesse maior em se aprofundar em tais de softwares de criação e buscar um processo mais integrado. Nota-se que somente uma das empresas faz uso de croquis e pode-se supor que já existe uma tendencia de que os projetos sejam mais facilmente realizados por meio de processos computacionais. A produção da arquitetura seria mais digital e tridimensional e menos artesanal e lenta.

Da mesma forma, como apontado pela bibliografia, os modelos produzidos pela Empresa B não contém muitos vestígios diretos dos croquis produzidos, ainda que desempenham uma importante função cognitiva. As empresas também poderiam investigar com mais profundidade o uso de funcionalidades mais livres do software e identificar vantagens nas etapas iniciais de trabalho, como suporte ao processo de criação digital.

A utilização do CAD foi evidenciada principalmente na empresa B, nos estágios iniciais da implantação, mas foi apenas durante o período de transição. Utilizam ainda o CAD em projeto menores, como os de adequação de projetos hospitalares os quais não encontram benefícios tão imediatos no uso do BIM. As empresas A e C já aboliram o seu uso na produção de seus projetos. A empresa B encontra-se na trajetória de abandonar totalmente o uso de ferramentas bidimensionais.

As três empresas relatam a exportação de sua produção de desenho para .dwg apenas com objetivo de bases de projeto para as demais equipes de projeto e também as três empresas tem como regra fundamental a impressão de seus desenhos apenas no formato .pdf.

Quanto ao uso dos softwares BIM para a produção de imagens renderizadas as três empresas relataram terem ciência das capacidades dos softwares mas acreditam que o investimento na capacitação de arquitetos nessa direção não é lucrativo para a empresa do ponto de vista de negócio.
Ao mesmo tempo concordam que poderiam se beneficiar de um processo mais integrado nesse caso, sempre que necessitam fazer a correção das imagens com relação as soluções adotadas ao mesmo tempo em que poderiam oferecer novos serviços. Nenhuma das três empresas relata o uso de modelo para simulações de nenhuma natureza.

As fases seguintes de desenvolvimento de projeto – pré executivo e executivo - são muito semelhantes nas três empresas. Não houve dúvidas de que o saldo entre as dificuldades e os benefícios alcançados foi positivo e se deu com maior ênfase nestas etapas.
As empresas relatam em comum os benefícios apontados na figura abaixo:

Figura 98 - Benefícios da adoção da modelagem Fonte: Autora

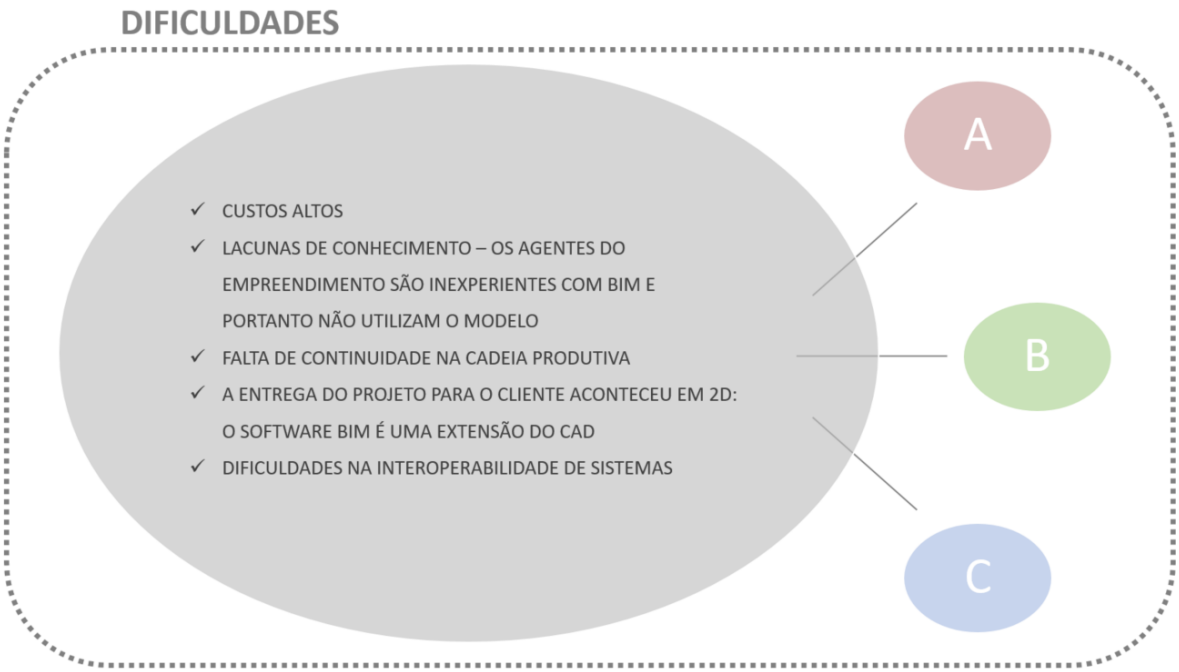

Figura 99 - Dificuldades na adoção da modelagem Fonte: Autora

As três empresas utilizam o software em seu maior potencial para documentação e visualização na fase de desenvolvimento dos projetos, combinando o uso de imagens 3D a detalhes e cortes. As três empresas afirmas que os recursos tecnológicos vêm sendo utilizado com a finalidade de produzir melhores projetos, dotados de mais informações para a etapa de construção. É possível afirmar que o BIM não acelera o processo projetual dos escritórios. Entretanto, não há dúvidas quanto à redução de erros de compatibilização, de representação dos elementos construtivos e de informações, o que torna potencialmente o processo mais eficaz e controlado, evitando que esses equívocos sejam revelados na fase da construção.

A capacidade do software em produzir mais facilmente a documentação de projeto aumenta substancialmente a capacidade da empresa em fornecer informações de projeto. Pode-se demonstrar a solução de diversas áreas críticas e o projeto poderá evoluir como uma verdadeira ferramenta de apoio a construção.

As empresas A e B fazem uso maior da extração de quantitativos para a elaboração de tabelas de componentes e materiais que são entregues junto a documentação de projeto. A empresa B usa os quantitativos para checar a consistência das informações do modelo e organizar os dados de forma mais sistemática. Esse processo os ajuda a melhorar os dados e parâmetros de seus componentes e gera constantemente a melhoria de seu template padrão. Esta empresa também faz o uso extensivo de extração de dados para projetos legais por meio de plug ins e constatou enorme benefícios em termos de produtividade. A empresa A faz uso da extração para criar automaticamente listas de quantificação de componentes que serviram de base para a orçamentação inicial.

A empresa C é a que menos fez relatos de uso da extração de dados e isso é notado em sua documentação de projeto.

Quantos aos usos dos modelos as três empresas utilizam com a mesma frequência o modelo para extração de documentação 2D. As três empresas fazem uso do modelo para checagem de interferências entre os projetos de arquitetura e estrutura.

A empresa C usou o modelo para checagem de interferências com projetos de sistemas prediais, mas logo migrou para um software próprio para tal finalidade.

Quanto ao nível de detalhamento, apenas a empresa B demonstrou preocupação em fazer uma definição do nível de detalhe por fase de projeto e elaborar um manual BIM que defina os parâmetros de suas bibliotecas de componentes, seus entregáveis por fase de projeto e demais questões que ainda pretendem desenvolver. Pretendem a contratação de uma consultoria que os ajude a organizar e refletir sobre essas questões.
Se questionam a respeito da criação deste manual levando em consideração a utilização do modelo para o planejamento de obra ou a orçamentação.

Essa reflexão levantou a dificuldade de criar um padrão de trabalho que possa atender a diferentes demandas futuras de clientes por projeto em BIM. Se questionaram a respeito de se adequarem a padrões vindos dos próprios clientes e as dificuldades resultantes desse processo.
É possível afirmar então que todas as empresas de projeto devem refletir sobre essas questões e devem buscar alternativas de organização em padrões e processo. As empresas de projeto atendem diversas tipologias de edificações e de clientes com exigências variadas, dentro do processo tradicional.
No processo BIM as demandas serão mais especificas quanto ao uso dos modelos. Quanto mais avançados forem esses usos mais exigências recairão sobre o projeto de arquitetura. Os arquitetos deverão estar, portanto, cada vez mais capacitados nestes conceitos da modelagem para que possam compreender as novas demandas e as novas exigências.
Durante a realização da pesquisa também ficou evidente a importância e o papel do BIM manager como um importante apoio durante o processo de mudança e sua posterior manutenção. A empresa A enfrentou maiores dificuldade do que a empresa B e C que são acompanhadas por BIM Managers em tempo integral.

5.2.3. Colaboração

A colaboração é um dos conceitos principais da modelagem da informação e sua pratica está intimamente ligada a capacidade de interoperabilidade entre softwares.
Quanto a colaboração entre projeto, as três empresas demonstraram uma maior integração com o projeto de estrutura por serem os dois projetos – arquitetura e

estrutura – os primeiros a serem concebidos. Usualmente estes dois projetos trocam muitas informações nas etapas inicias e obrigatoriamente se integram.
Os três estudos de caso demostraram dificuldade quanto a interoperabilidade entre os softwares de modelagem de arquitetura e estrutura. A empresa A inicialmente não conhecia o formato .ifc de arquivos, o qual possibilitaria a integração do projeto no Revit. A empresa B e C tinham conhecimento de tal conceito, mas as três empresas incialmente não conseguiram fazer uso dos modelos desta disciplina quando exportados de seu software nativo em extensão .ifc.

As empresas A e C não obtiveram sucesso. A empresa A acabou desistindo do seu uso e assumiu a responsabilidade perante o cliente em elaborar a modelagem destes elementos dentro do seu projeto, sobrecarregando-a com mais uma função, distante do seu principal escopo de trabalho. A mesma situação aconteceu com a empresa C e a solução também foi assumir a responsabilidade pela modelagem. De modo um pouco diferente esta empresa recebe o modelo de estrutura e também o analisa em separado.

A empresa B relatou dificuldades iniciais que foram posteriormente resolvidas quando fizeram uso de um plug in especifico do Revit para integração dos softwares. Dessa forma conseguiram otimizar seu trabalho e fazer uso dos benefícios da compatibilização 3D com mais facilidade do que as outras empresas.
Pode- se perceber aqui a necessidade de conhecimentos dos conceitos básicos do BIM seguido de maiores habilidades com tecnologia. Sem isso, as empresas de arquitetura não conseguem fazer uso dos benefícios que um processo colaborativo no contexto do BIM, pode proporcionar. Nota- se também que não há envolvimento dos contratantes de forma que conduzam, facilitem ou promovam esse processo de integração. No caso das empresas B e C empresas tais tentativas deram-se a partir de iniciativas próprias. No caso da Empresa A o uso do BIM foi uma exigência do cliente e mesmo assim não se estabeleceu regras ou padrões de trabalho no âmbito de uso da nova tecnologia.

As três empresas também tiveram experiência com a troca de modelos com os projetos de sistemas prediais. A empresa A desde o início, tinha conhecimento que modelos de sistemas seriam produzidos, mas desconhecia softwares que pudessem

integrar os modelos para que pudessem fazer uma análise de compatibilidades com o projeto de arquitetura. Apesar de receberem os arquivos ífc destes projetos, estes não foram utilizados em nenhum momento. A empresa acompanhava as reuniões de compatibilização 3D e buscava assim, junto aos demais projetistas encontrar solução para as interferências, sem de fato fazer uso dos modelos em seu benefício.

As empresas B e C tiveram suas primeiras experiências em apenas um dos projetos apresentados no capítulo 3. A empresa B analisou os modelos por meio de uma ferramenta própria para esse uso, o Navisworks. Essa capacidade aumentou sua compreensão a respeito dos projetos e pode antecipar interferências entre eles. Com o uso do modelo foram promovidas reuniões de análise dos projetos com a presença de todos os projetistas. Da mesma forma que a empresa A, o cliente não conduziu ou promoveu a integração, mas neste caso o uso do BIM não era uma exigência.

Com a empresa C, fez a análise dos modelos em um primeiro momento com tentativas integra-los a arquitetura. Obtendo sucesso perceberam a dificuldades quanto ao desempenho na análise devido a dimensão atingida pelo arquivo. Passaram então a fazer uso do *TeklaBIMSight* para integrar os projetos e obtiveram maior capacidade de análise dos projetos, facilitando a comunicação com os demais projetistas. É possível afirmar então que o uso dos modelos de outras disciplinas exige das empresas de arquitetura conhecimentos mais avançados em termos de tecnologia e também exigira maiores conhecimento técnicos já que as dificuldades encontradas em sistemas bidimensionais de trabalho serão ultrapassadas devido a facilidade de visualização proporcionada pelo 3D.

Somente as empresas A e B tiveram a análise de seus modelos realizadas pelos seus contratantes. Nos dois casos foi verificado que os modelos não estavam preparados para que fossem utilizados em dimensão 5D. As duas empresas acreditavam ter preparados seus modelos para essa finalidade mas receberam como retorno dos clientes a impossibilidade de uso de seus modelos sem que passassem por uma fase de adaptação.

Essa constatação por parte dos clientes foi demonstrada como uma crítica aos modelos de arquitetura. Percebe-se neste caso uma lacuna de conhecimentos da

tecnologia por parte de tais clientes. Não forma estabelecidas regras ou padrões de modelagem por parte dos clientes que obrigasse os modelos a serem produzido dentro de uma determinada organização de nomenclatura ou parametrização que facilitasse a posterior extração de dados. Estes clientes também não tinham consciência que de fato os modelos, após sua conclusão nas empresas de projeto precisam de fato ser trabalhos, numa fase posteriores, para que dar suporte a orçamentação a partir da extração de quantitativos. Outra alternativa seria a integração dos modelos com softwares específicos de orçamentação, e neste caso a definição de procedimentos de modelagem que facilitassem tal tarefa seria fundamental. O cliente teria que se antecipar a essas dificuldades e conduzir o processo num formato que fosse adequado as suas necessidades.

Nota-se então, com esses exemplos que o papel das empresas de projeto dentro do ciclo de vida do empreendimento se dá dentro das dimensões 2D e 3D. Para os demais usos cabe aos proprietários dar orientações para que os modelos possam ser preparados para os usos nas dimensões 4D, 5D e 6D.

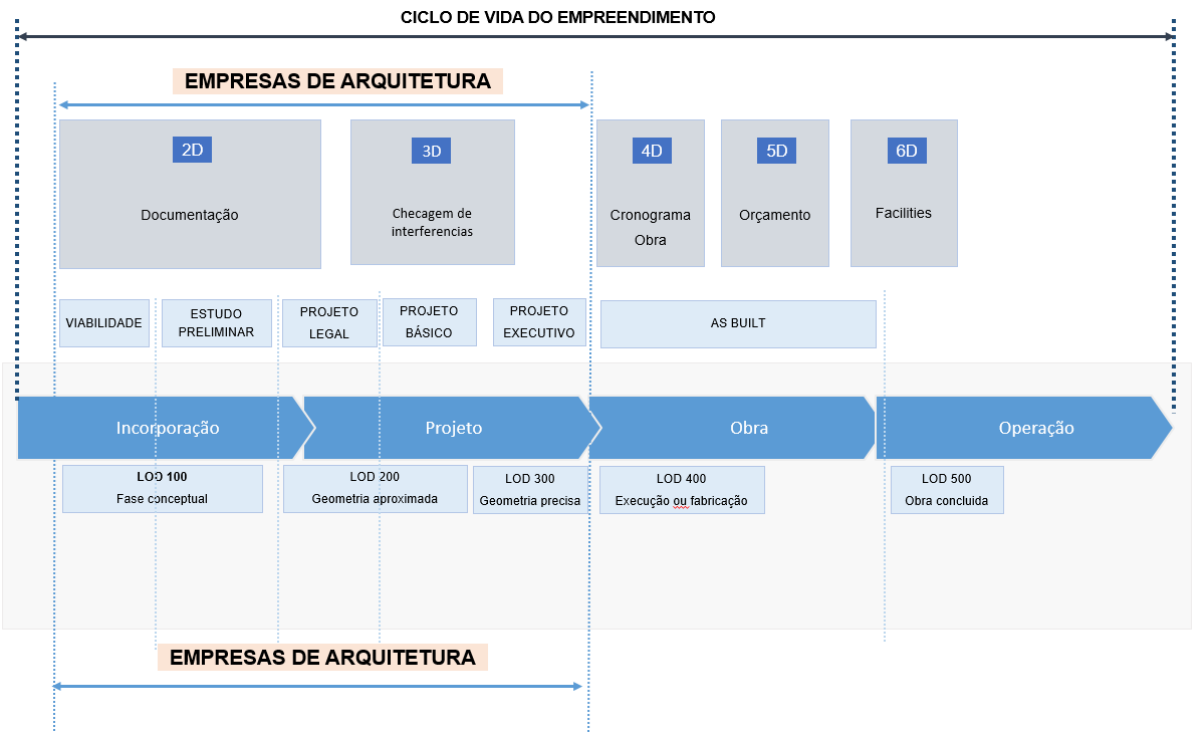

Figura 100 - A empresa de arquitetura no ciclo de vida do empreendimento Fonte: Autora

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio de três estudos de caso foram analisados os impactos da modelagem da informação da construção na gestão das empresas e no uso da tecnologia nos projetos de arquitetura. Embora seja uma pequena amostra acredita-se que seja representativa no âmbito das empresas que utilizam a modelagem da informação da construção.

Em linhas gerais e em comparação com as pesquisas anteriores percebe-se uma evolução no uso da tecnologia pelas empresas de arquitetura, com o quase abandono do CAD nos processos de trabalho. Nota-se que o uso do BIM, antes restrito as empresas de arquitetura, se transforma atualmente gradualmente em um processo colaborativo com o uso de modelos entre empresas de projetos, exigindo de todos os envolvidos uma evolução:

- Em seus conhecimentos técnicos, próprios as atribuições profissionais do arquiteto
- E no uso de tecnologias que dão suporte a melhores soluções projetuais

Pode se perceber também uma demanda maior e crescente dos clientes destas empresas ainda que se observe lacunas de conhecimento sobre as potencialidades do conceito da modelagem.
Entre os principais resultados alcançados pode-se destacar quanto a gestão, que com introdução da modelagem da informação reafirma-se a necessidade de capacitação dos titulares das empresas em gestão, focados em planejamento estratégico. Esse conhecimento mostrou-se fundamental para evitar prejuízos e decisões arriscadas para uma mudança que requer investimento de tempo e dinheiro, analise dos riscos e a possibilidade de retorno dos investimentos mesmo que a médio e longo prazo. Tal retorno será sentido, a princípio, dentro dos processos habituais da empresa de projeto e de forma gradual. A partir de determinado ponto, assim que se passa a curva de aprendizagem, confirmam-se os benefícios dos investimentos realizados.

Para empresas de pequeno porte o planejamento estratégico deve ser preciso para que possa prever custos elevados durante o período inicial de implantação e garantir que a empresa se beneficie a médio e longo prazo do investimento realizado.

São as empresas de arquitetura que tem que arcar com as despesas iniciais da nova tecnologia porque são elas as maiores beneficiadas, em um primeiro momento, dos ganhos em qualidade de projeto e talvez em produtividade, após o cruzamento da curva de aprendizagem inicial.

É importante reconhecer o papel das empresas de projeto dentro cadeia produtiva da construção civil para que, por meio do planejamento estratégico, consiga conhecer e melhor utilizar seus pontos fortes; conhecer, eliminar ou adequar os seus pontos fracos; conhecer e aproveitar as oportunidades externas, assim como evitar as ameaças. Tal reflexão se torna mais importante quando a empresa decidi por implementar uma nova tecnologia. As empresas de projeto são encaradas como um “elo fraco” dentro da cadeia produtiva por serem em sua maioria de pequeno porte, dependentes do alto grau de empreendedorismo de seus titulares e pela escassez de recursos ocasionada pela baixa remuneração de sua atividade principal. Ao mesmo tempo podem se tornar importantes agentes de mudança dentro de uma indústria culturalmente fragmentada. No contexto da modelagem da informação podem estimular seus contratantes a enxergar os benefícios de mudanças tecnológicas e a importância da atividade de projeto. Por outro lado, é fundamental para os resultados da empresa a capacidade de estabelecer vantagens competitivas e de detectar, o mais cedo possível, oportunidades de negócios que a modelagem da informação da construção pode proporcionar.

A antecipação de tendências tecnológicas pode colaborar com a manutenção de posições estratégicas adquiridas ou criar novas oportunidades oferecendo melhores produtos ou ainda criando novos serviços. Dessa forma a conversão dos desafios inerentes a implementação de uma nova tecnologia, tais como seus altos custos e a mudanças nos processos de trabalho decorrentes de sua implantação podem se tornar grandes fontes de vantagens competitivas.

Quanto ao uso da tecnologia nos projetos de arquitetura, em primeiro lugar, é importante salientar que a abordagem adotada para a aproximação e utilização da modelagem definirá a qualidade dos resultados finais e a satisfação dos objetivos esperados. A motivação para a mudança e a metodologia utilizada são pontos

fundamentais a serem consideram pois darão direcionamento as tomadas de decisão e terão forte impacto na atividade diária e no atingimento das metas estabelecidas.
A perda de produtividade nos estágios iniciais de aprendizado deve ser levada em consideração nos cronogramas de entregas dos trabalhos. Para isso a escolha de projetos que permitam maior tempo de produção unidos a um apoio externo, como uma consultoria, podem evitar desperdício de tempo e garantir que os resultados sejam mais rapidamente atingidos.

As potencialidades após a fase de transição é a de ganho de produtividade nos projetos pela facilidade de geração de documentação de projeto. Todas as informações do projeto, conectadas a um único modelo vão garantir a coerência dos dados ao mesmo tempo em que, uma vez que a documentação esteja montada, as revisões parciais de projetos serão simultâneas em plantas, cortes, fachadas e detalhamentos.

A falta de treinamentos adequados que promovam o conhecimento de softwares em equilíbrio com os conceitos essenciais da modelagem da informação limita a capacidade das empresas no uso pleno da tecnologia aplicada ao projeto.
Quanto maior for o domínio do conhecimento de software e também dos conceitos essenciais do BIM, mais apta a empresa estará para desenvolver-se sozinha quando superados os estágios iniciais de implantação. O investimento em treinamentos será proporcional ao nível que se pretende atingir a longo prazo e não pode ser feito de uma única vez. O aprendizado acontece em ciclos nos quais devem se mesclar aprendizado e prática para que o aprendizado se construa e se consolide a médio e longo prazo.

O papel de um BIM Manager pode ser fundamental para que se garanta a evolução do aprendizado. Tal profissional, no caso das empresas de arquitetura, acumulará funções de arquiteto e consultor interno, mas desde que tais atividades se mantenham em equilíbrio e tenham espaço, benefícios maiores podem ser alcançados.

A implantação da modelagem não se trata apenas de uma troca de softwares, mas de um novo conceito de trabalho que exige dos profissionais maior conhecimento de técnicas construtivas e de execução de obra. Ao mesmo tempo exige do profissional

capacitações relacionados a própria tecnologia em si, vista como ferramenta de trabalho a serviço do projeto. Os softwares devem ser vistos como novas ferramentas que vão auxiliar na solução e representação de melhores projetos.
A visualização e utilização dos modelos 3D trazem benefícios significativos para o trabalho, mas também trazem consigo maiores responsabilidades ao profissional que não apenas desenha, mas constrói virtualmente um protótipo da construção. Os tradicionais desenhos bidimensionais fazem com que o arquiteto gaste mais tempo produzindo desenhos para análise do que analisando soluções de projeto.
A modelagem vai exigir um conhecimento mínimo dos processos que precedem a entrega do projeto, podendo em nível mais avançado, melhorar a integração do projeto com a obra.

A responsabilidade também se torna maior à medida que as ferramentas permitem uma capacidade de armazenamento de dados não geométricos que serão utilizados, considerando um processo BIM completo, até o fim do ciclo de vida da edificação.
Mesmo que utilizado em menor escala, agregar dados para extração de quantitativos típicos dos projetos de arquitetura exigirá cautela e principalmente uma nova metodologia de trabalho, mais organizada e baseada em padrões e procedimentos.

A obtenção dos benefícios desse tipo de automatização somente será possível uma vez que as metodologias de modelagem estejam coerentes e os dados organizados de forma que possam ser extraídos facilmente.

O uso da modelagem da informação também sugere novos processos internos de trabalho na medida em que pode haver a necessidade de interoperabilidade entre os softwares de concepção e softwares de modelagem. Quanto maior for a capacidade da empresa em identificar meios de reduzir a troca de plataformas ou de utilizar plataformas interoperáveis maiores benefícios poderão encontrar em termos de produtividade e fidelidade a informação.

O processo de projetar arquitetura poderá ser evoluído a ponto de acarretar um quase abandono dos desenhos manuais. Apesar de esboços e croquis ainda servirem a diferentes processos cognitivos as novas ferramentas ampliam os meios de representação e simulação de alternativas de projeto. Um potencial maior de uso pode

ser alcançado logo que o mercado evolua em direção a tecnologia e demande novos produtos e serviços. As empresas de projeto serão as primeiras, entre os agentes da construção, a responder as demandas externas por melhorias, por meio de inovações tecnológicas.

A processo colaborativo com as demais disciplinas de projeto - estrutura e sistemas prediais - evoluirá a compreensão técnica do arquiteto quando estes projetos forem visualizados em três dimensões. Nesse caso a etapa de recomposição mental de informações fragmentadas e não usuais ao arquiteto, será facilitada por meio da visualização tridimensional e tornará os profissionais mais capacitados para analises críticas e busca por soluções conjuntas e integradas.

Percebe-se assim que o perfil do arquiteto contemporâneo se estendera além da sua capacidade de desenhos manuais, ou de sua criatividade, mas será aperfeiçoada com uma solida formação em tecnologia aliada a uma formação técnica ampla e mais abrangente. A partir disso as empresas de projeto poderão se tornar agentes mais ativos dentro da cadeia produtiva agindo de forma mais colaborativa dentro de seu setor de projeto e na relação com os demais agentes.

6.1. Recomendações

Para que as empresa de projeto de arquitetura possam obter as vantagens esperadas na adoção da modelagem da informação recomenda-se que encarem o uso do BIM como um fator de melhoria de seus processos internos e como um ganho como estratégia competitiva. Para tanto, é fundamental a empresa estar consciente do seu planejamento estratégico e prever custos adicionais durante o processo de implementação. A metodologia adotada, em linhas gerais deve seguir um planejamento simplificado que se adaptará as características peculiares de cada empresa, mas que deve conter essencialmente as etapas identificadas na figura abaixo.

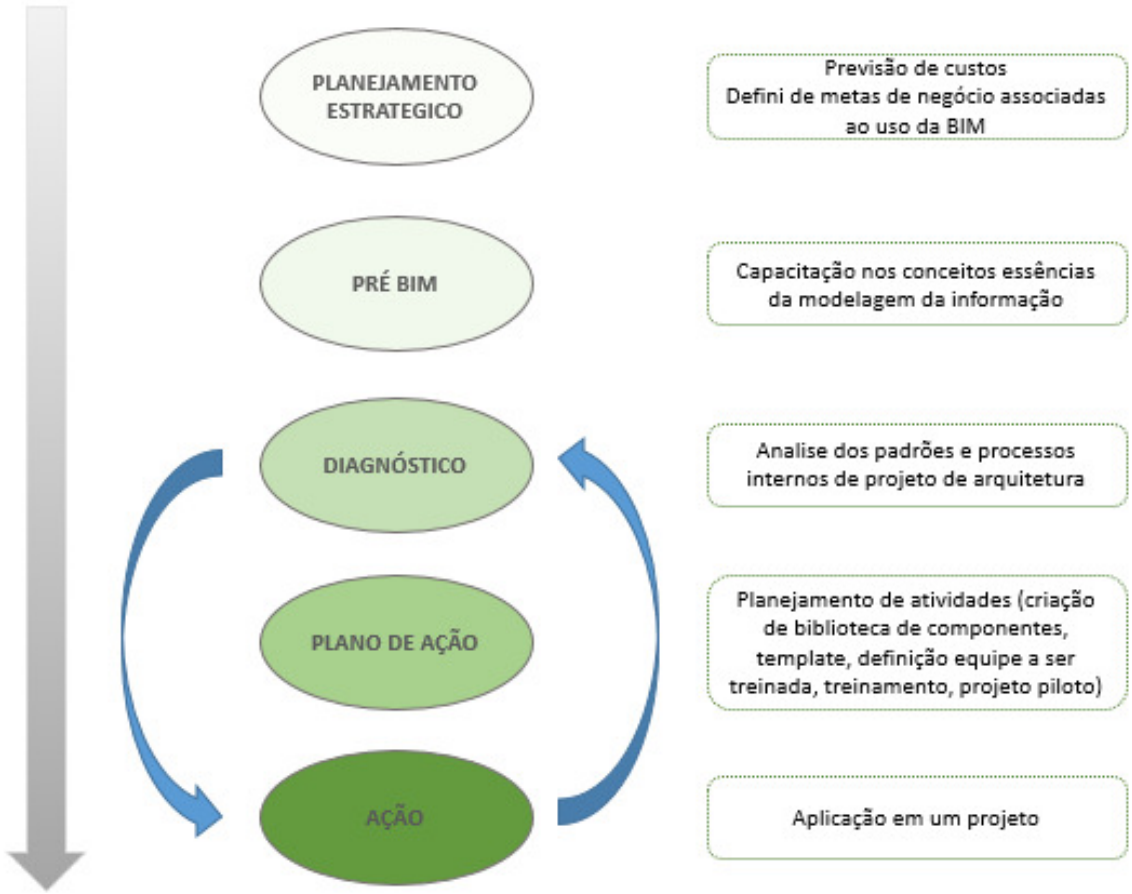

Figura 101 - Plano de Implantação Fonte: Autora

Mostra-se essencial conduzir a mudanças em pequenos passos para que a empresa possa continuar desempenhando suas atividades normais de trabalho ao mesmo tempo em que adota uma nova tecnologia. Dessa forma o impacto sobre o processo dos projetos será absorvido com mais tranquilidade e evitará sobrecarga na equipe. Nesta mesma linha de raciocínio a aproximação do conceito da tecnologia deve ser feito de forma lenta e incialmente do ponto de vista conceitual.

Uma etapa “pré bim” parece ser essencial. Tal etapa conteria o aprendizado dos conceitos básicos e das mudanças de paradigma decorrentes da mudança tecnológica e poderia preparar a empresas para novos processos de antecederia o Preferencialmente antecederia o diagnóstico da empresa ou a escolha de softwares Toda a equipe deveria se envolver nessa etapa, mas o envolvimento da diretoria/gerencia ou arquitetos sócios é fundamental do ponto de vista de conceitos O objetivo dessa etapa seria saber o que esperar e como conduzir as dificuldades que

serão enfrentadas. Deve-se ter em mente que os benefícios da adoção da implementação são evolutivos ao longo de seu uso e que passado o primeiro ciclo de aprendizado seguido de ação, novos ciclos de capacitação serão necessários. A cada ciclo novos conhecimento serão consolidados e a empresa direcionara os novos treinamentos de acordo com suas necessidades ou de acordo com as demandas externas. Por isso há a necessidade de se refazer o diagnóstico a cada novo ciclo com o objetivo de identificar o estágio em que a empresa se encontra e seguir para um novo planejamento.

Mostrou-se também fundamental que órgãos e associações de arquitetos guiem e gerem parâmetros adequados à realidade das empresas de arquitetura promovendo ações que ampliem a adoção da modelagem da informação da construção por essas empresas.

6.2. Sugestões para futuras pesquisas

Sugerem-se alguns futuros que, no âmbito desta Dissertação não fizeram parte dos objetivos da pesquisa realizada.

Espera-se que este trabalho incentive o desenvolvimento de novos estudos que facilitem a adoção de inovações tecnológicas.

Apresenta-se abaixo cinco sugestões de temas para o desenvolvimento outros trabalhos em pesquisas futuras.

- O modo como empresas de projeto podem criar padrões e procedimentos de trabalho de forma flexível e que atendem a diversidade de exigências de seus clientes no contexto da modelagem da informação
- O perfil profissional e o papel do BIM manager dentro das empresas de projeto
- As potencialidades das ferramentas utilizadas nas etapas inicias de projeto e sua capacidade de interoperabilidade com softwares de modelagem.
- As potencialidades e dificuldades de cada software BIM quando aplicado ao processo de projeto de arquitetura
- A ampliação desta pesquisa para o estudo das demais empresas de projeto e suas peculiaridades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAURRE, M.W. Modelos de Contrato Colaborativo e Projeto Integrado para Modelagem da Informação da Construção. São Paulo, 2013. Dissertação (Mestrado) Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

ABIKO, A. K. Setor de construção civil: segmento de edificações. Série de Estudos Setoriais / Alex Kenya Abiko, Felipe Silveira Marques, Francisco Ferreira Cardoso, Paulo Bastos Tigre (organizador). — Brasília, SENAI/ DN, 2005.

AIA, AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS. Integrated Project Delivery: A Guide. 2007, 62 p.

ARAYICI Y., COATES P., KOSKELA, L., KAGIOGLOU, M. BIM adoption and implementation for architectural practices. Emerald Structural Survey Vol. 29 No. 1, 2011, pp. 7-25

BARISON, M. B., and SANTOS, E. T. An overview of BIM specialists. In International Conference on Computing in Civil and Building Engineering, Nottingham, 2010. Proceedings of the International Conference.Nottingham : Nottingham University Press, 2010. Available from:http://www.engineering.nottingham.ac.uk/icccbe/71.htm.

BARLISH, K., SULLIVAN, K. How to measure the benefits of BIM — A case study approach. Automation in Construction V. 24, p. 149-159. 2012.

BARROS. M.M.B. Metodologia para implantação de tecnologias construtivas racionalizadas na produção de edifícios. São Paulo, 1996. Tese (Doutorado) Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

BARROS, M.M.B., CARDOSO, F.F. Inovação: Espiral ou Carrossel do Conhecimento? Conjuntura da Construção. Junho, 2011

BITTENCOURT. A. Tempestade perfeita castigo o Brasil até 2017. Disponível em http://www.valor.com.br/valor-investe/casa-das-caldeiras/4124330/%E2%80%98tempestade-perfeita%E2%80%99-castiga-o-brasil-ate-2017

CARDOSO, F. F. “PCC 5963 - Cadeia produtiva da construção: Tecnologia, Sustentabilidade e Inovação. ” Edição: Departamento de Engenharia de Construção Civil. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2014.

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção/ NGI Consultoria. Projeto Inovação Tecnológica, Relatório Final Executivo. São Paulo, março de 2009.

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção Coletânea Implementação do BIM Para Construtoras e Incorporadoras – Building Information Modeling – Volume 1 a 6. Brasília - DF,2016.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. Infraestrutura: o custo do atraso e as reformas necessárias. In: CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. Propostas da indústria eleições 2014. Brasília: CNI, 2014a. cap. 10, 177p.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. Sondagem indústria da construção. Indicadores CNI, v. 5, n. 8, Ago. 2014b.

CHECCUCCI, E. S.; PEREIRA, A. P.; AMORIM, A. L. A difusão das tecnologias BIM por pesquisadores do Brasil. In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 5., 2011, Salvador. Anais... Salvador: UFBA, 2011. CD-ROM.

CHECCUCCI, E. S.; PEREIRA, A. P. C.; AMORIM, A. L. Uma visão da difusão e apropriação do paradigma BIM no BRASIL – TIC 2011. Gestão e Tecnologia de Projetos, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 19-39, jan. - jun. 2013

DELATORRE, J. P. M., SANTOS, E. T. Introdução de novas tecnologias: o caso do BIM em empresas de construção civil. XV Encontro Nacional da Tecnologia do Ambiente Construído, 2014, Maceió. Anais...CD-ROM.

DIEESE, Estudo Setorial da Construção Civil. Departamento Intersindical de estatística e estudos socioeconômicos. Maio de 2013

EADIE, R. et al. An analysis of the drivers for adopting Building Information Modelling. www.itcon.org - Journal of Information Technology in Construction, out. 2013.

EADIE R., BROWNE M., PDEYINKA H., MCKEOWN C., MCNIFF S. BIM Implementation throughout the UK construction project lifecycle: An analysis. Automation in Construction. Vol. 36 (2013), 145-151.

EASTMAN C., SACKS, R., LISTON, K., TEICHOLZ, P. Bim Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. 2nd Edition: Jonh Wiley & Sons, 2008

ELMANUELIM, A., GILDER, J. BIM: innovation in design management, influence and challenges of implementation. Architectural Engineering and Design Management, Vol.10 N.3-4: 183-199, 2014

FARINA, H. Modelagem da Informação em Sistemas Prediais. Hydro, Abril 2014.

GALLELLO, D. 2008 The BIM manager. AECbytes Viewpoint #34. Available online: www.aecbytes.com/viewpoint/2008/issue_34.html. Acessado em Dezembro, 2015.

GASPAR,J. SkechtUP 2016, conheça as novidades. Disponívem em: http://dicasdesketchup.getpro.com.br/2015/11/24/sketchup-2016-conheca-as-novidades/. Acessado em: Agosto, 2016

GOES, R.B. Compatibilização de Projetos com o Uso da Ferramenta BIM. São Paulo, 2011. Dissertação (Mestrado). Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado São Paulo.

GUIA AsBEA BOAS PRÁTICAS EM BIM, Fasciculo I. Disponível em: www.asbea.org.br .Acesso em 10, Jun.2015.

GRILO, L.M. Recomendações para a Gestão da Qualidade no Desenvolvimento de Projetos na Construção de Edifícios em Regime Contratual de Empreitada por Preço Global. 2002. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, 2002. 157p.

GODOY, A. S. Introdução a pesquisa qualitativa e suas possibilidades. Revista de Administração de Empresas. São Paulo, v. 35, n. 2, p. 57-63, Mar./Abr. 1995B.

GU, N., LONDON, K. Understanding and facilitating BIM adoption in the AEC industry. Automation in Construction V. 19, p. 134-144. 2010.

ITO, A.L.Y. Gestão da informação no processo de projeto de arquitetura: estudo de caso, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

INPREDIAIS, Acervo Técnico, 2016

JENSE, P.A.; JÓHANNESSON, E.I. Building information modelling in Denmark and Iceland. Engineering, Construction and Architectural Management, Bingley, vol.20, no.1, p. 99-110, 2013.

JERNIGAN, F. BIG Bim, Little Bim: The practical approach to building information modeling. 1ª Ed., 4Site Press, Salisbury, 2007

JUNG, Y.; JOO, M. Building information modelling (BIM) framework for practical implementation. Automation in Construction, v. 20, n. 2, p. 126–133, mar. 2011.

KHOSROWSHAHI, F.; ARAYICI, Y. Roadmap for implementation of BIM in the UK construction industry. Engineering, Construction and Architectural Management, Bingley, v.19, n. 6: 610-35, 2012

MANZIONE, L. Proposição de Uma Estrutura Conceitual da Gestão do Processo de Projeto Colaborativo com o uso do BIM. São Paulo, 2013. Tese (Doutorado) Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

MELHADO, S. B. Qualidade do projeto na construção de edifícios. 1994. 310 p. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

NAKAMURA, J. Como anda o BIM nas incorporadoras. Construção Mercado, [S.l.], ed. 143,jun. 2013. Disponível em: < http://construcaomercado.kubbix.com/negocios-incorporacaoconstrucao/143/artigo290692-1.aspx>. Acesso em: 10 dez. 2013.

MANZIONE,L. Pontos essenciais para a implementação BIM. http://www.coordenar.com.br/pontos-essenciais-para-a-implementacao-bim/#sthash.hO8i7kqc.dpuf. Acesso em 12.10.2015

MARTÍ, S. Empresário que comprou hospitla Matarazzo fala sobre centro cultural. Folha de São Paulo.Set. 2014. http://www1.folha.uol.com.br/ilustrada/2014/09/1512744-empresario-que-comprou-hospital-matarazzo-fala-sobre-centro-cultural.shtml

MDIC/EU BIM – Building Information Modeling no Brasil e na União Europeia — Dialogos Setoriais Para BIM, 2015

MELHADO, S. B. Qualidade do Projeto na Construção de Edifícios. 2004. 294 p. Tese (Doutorado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

McGraw Hill Construction - Research & AnaliticsThe Business Value of BIM for Construction in Major Global - How Contractors Around the World are driving ionovation with Buildign Information Modeling - Smart Market Report, 2014

MCT (2000). Necessidades de ações de desenvolvimento tecnológico na produção da construção civil e da construção habitacional. Texto-base de workshop de mesmo

nome. Ministério da Ciência e Tecnologia, Secretaria de Política Tecnológica Empresarial, 31/10/2000. 21 p.

MOUM, A. Design team stories: Exploring interdisciplinary use of 3D object models in practice. Automation in Construction, v. 19, n. 5, p. 554–569, ago. 2010.

OLIVEIRA, O.J, MELHADO, S.B. Como administrar empresas de arquitetura e engenharia civil. São Paulo: Pini, 2006.

OLIVEIRA, O. J. Modelo de Gestão para pequenas empresas de projeto de edifícios.Tese (Doutorado) Escola Politécnica, Universidade de São Paulo,São Paulo, 2005.

POST, N. M., 2009. 3D Modeling Spurs Architect To Reorganize Divisions of Labor, Engineering News-Record, 262 (14).

REBELO, Y.C. Algumas questões sobre o processo de concepção de arquitetura e estrutura. Disponível em http://www.construtek.com.br/w2/noticias_59.php. Acesso em Janeiro, 2015.

REIS, P., Saiba como foi a implementação do BIM em escritórios de arquitetura. ed. 208,jul. 2011. Disponível em: < http://au.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/208/desafios-da-implementacao-224373-1.aspx. Acesso em: 10 dez. 2013.

SCHEER, D.R. The death of Drawing: architecture in the age of simulation.

SINAENCO (Sindicato Nacional das Empresas de Arquitetura e Engenharia Consultiva) Perfil do Setor de Arquitetura e Engenharia Consultiva – Edição 2013.

SOUZA, F. WYSE, M. MELHADO, S.B. The Brazilian Design Manager Role and Responsabilities after the BIM Process Introduction. IN: CIB WBC 2013, Queensland, 2013. Proceedings Queensland: 2013

SOUZA, F. Diretrizes para Organização da área de projetos em empresas incorporadoras.. Em andamento. Tese (Doutorado) Escola Politécnica, Universidade de São Paulo

SOUZA, L.L.A. Diagnóstico do Uso de BIM em empresas de projeto de arquitetura. Niterói, 2009. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Fluminense

SOUZA, L.L.A, LEUSIN, S.R., LYRIO, A.M. Impacto do Uso do BIM em Escritórios de Arquitetura: oportunidades no mercado Imobiliário. Gestão e Tecnologia de Projetos, Vol. 4, nº2, Novembro 2009

SOUZA, F. R. Implementação de modelo de gestão para empresas de projetos de edifícios. 2009. 210 p. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

SUCCAR, B. Building Information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. Automation In Construction. V.18 p. 357-375, 2009.

SUCCAR, B. Building Information Modelling maturity matrix. In J.Underwood & U. Isikdag (Eds.), Handbook of research on Building Information Modelling and construction informatics: concepts and technologies (pp. 65-103): Information Science Reference, IGI Publishing. 2010

SUCCAR, B., Sher, W., & Williams, A. Measuring BIM performance: five metrics. Architectural Engineering and Design Management, 8(2), 120-142. 2012

UNDERWOOD, J.; ISIKDAG, U. Emerging Technologies for BIM 2.0. Construction Innovation, Bingley, v.11, n. 3, p. 252-258, 2011.

WATANABE, S. Uma agenda positiva para desenvolvimento. Conjuntura da Construção, v. 12, n. 2, p. 4–6, Jun. 2014.

WONG, A. WONG, F. N., A. Attributes of Building Information Modelling

Implementations in Various Countries. Architectural Engineering and Design Management,Vol.6 N.4: 288-302, 2010

YIN, R. K. Estudo de caso: planejamento e métodos. Tradução de Daniel Grassi. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001. 205p.

ZEGARRA, S.L.V., FRIGIERI, V, CARDOSO, F.F.." A tecnologia da informação e a indústria da construção de edifícios". In : RESENDE, M. F. et DO. (eds.).

APÊNDICE

PROTOCOLO DE PESQUISA

1.Nome da Empresa:
Endereço:
Data:

2.Participantes da Pesquisa
Nome:
Cargo:

3.Caracterização da Empresa

- Principais Serviços Prestados:
- Número de Funcionários:
- Início da Utilização da Modelagem da Informação:
- Início das Atividades da Empresa:

1. O que motivou a mudança? Existiu exigência de contratantes no uso do BIM ou a implementação foi decisão estratégica da empresa? Por quais motivos?

2. O Software BIM é utilizado em todos os projetos? (Projetos com características especiais de tamanho, especialidade, fase de projeto).

3. Quais os principais usos previstos para os modelos produzidos pela empresa?

4. Quais mudanças foram identificadas no processo de projetar? (Soluções antecipadas/ etapas de projeto antecipadas/ aceleração nas etapas detalhamento do projeto/ Troca e registro de informações, compatibilização de projetos)

5. Quais mudanças foram identificadas na produtividade dos projetos? (Aumento ou diminuição)

6. Foi identificado a possibilidade da empresas oferecer novos produtos ou serviços a partir da adesão a modelagem da informação?

7. Foram criados novos procedimentos, padronizações e/ou processos para classificação ou agrupamento de informações?

8. É utilizada alguma ferramenta de colaboração e compartilhamento de arquivos para a equipe interna?

9. Os demais projetistas que compõe as equipes de projeto também estão utilizando a modelagem da informação? Como recebem os projetos produzidos pela empresa? (dwg, pdf, dwf, ifc)

10. É utilizada alguma ferramenta de colaboração e compartilhamento de arquivos com equipes externas de projeto. Quais?

11. È realizada a visualização e analise dos modelos integrados? Se sim, de que forma?

12. Quem coordena ou deve coordenar as alterações nos modelos? Como essas informações são transmitidas as equipes de projeto e/ou coordenadores de projetos (contratantes).

13. Como são definidos os níveis de LOD? Houve mudança quando comparados as fases de projetos usuais da empresa?

14. Os modelos são preparados para extração de informações do modelo para uso em atividades de suprimentos, orçamento, planejamento e acompanhamento das obras?

15. Como é a relação com o cliente? Em que formato de arquivos o cliente recebe o projeto e como analisa e comenta os modelos?

16. Houveram mudanças nos modelos de contrato?

17. Existiu Consultoria para Implementação da Tecnologia?

18. Foi traçada alguma estrategia para a implementação?

19. Houve a definição de um membro interno da equipe como líder da implementação?

20. Quais foram as barreiras encontradas para a implementação? Quais desafios foram encontrados? Como foram superados?

21. Como foi feito o treinamento de conceitos (se houver) e do software de modelagem dos profissionais atuantes na empresa?

22. Houve mudança no perfil dos novos profissionais contratados?

23. Qual o software é utilizado?

24. São utilizados outros softwares além dos próprios para modelagem?

25. Houve algum critério para a escolha do software?

26. A empresa possui uma biblioteca de componentes própria?