

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL**

**MIGUEL PEREIRA STEHLING**

**A UTILIZAÇÃO DE MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA  
CONSTRUÇÃO EM EMPRESAS DE ARQUITETURA E  
ENGENHARIA DE BELO HORIZONTE**

Belo Horizonte  
2012

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL**

**MIGUEL PEREIRA STEHLING**

**A UTILIZAÇÃO DE MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA  
CONSTRUÇÃO EM EMPRESAS DE ARQUITETURA E  
ENGENHARIA DE BELO HORIZONTE**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de mestre, pelo curso de Pós-Graduação em Construção Civil, do Departamento de Engenharia de Materiais e Construção da Universidade Federal de Minas Gerais.

Área de Concentração: Gestão de Empreendimentos de Construção Civil

**Orientador: Prof. Dr. Eduardo Marques Arantes**

Belo Horizonte  
2012

S817u Stehling, Miguel Pereira  
A utilização de modelagem da informação da construção em empresas de arquitetura e engenharia de Belo Horizonte [manuscrito] / Miguel Pereira Stehling. – 2012.  
165 f., enc. : il.

Orientador: Eduardo Marques Arantes.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia de Materiais e Construção.

Anexos: f. 157-165.

Bibliografia: f. 151-156.

1. Construção civil – Teses. 2. Modelagem de informação da construção - Teses. I. Arantes, Eduardo Marques. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Departamento de Engenharia de Materiais e Construção. III. Título.

CDU: 69 (043)

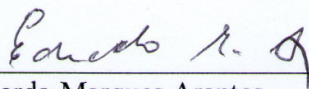
## TERMO DE APROVAÇÃO

**MIGUEL PEREIRA STEHLING**

### **A UTILIZAÇÃO DE MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO EM EMPRESAS DE ARQUITETURA E ENGENHARIA DE BELO HORIZONTE**

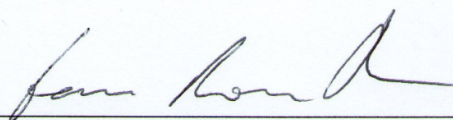
Dissertação aprovada como requisito parcial à obtenção do grau de mestre, pelo curso de Pós-Graduação em Construção Civil, do Departamento de Engenharia de Materiais e Construção da Universidade Federal de Minas Gerais, pela seguinte banca examinadora:

Orientador:

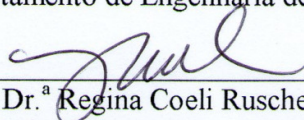


Prof. Dr. Eduardo Marques Arantes  
Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, UFMG

Examinadores:



Prof. Dr. Eduardo Romeiro Filho  
Departamento de Engenharia de Produção, UFMG



Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Regina Coeli Ruschel  
Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Unicamp

Belo Horizonte  
2012

Dedico este trabalho a DEUS – meu Pai  
– que me criou, resgatou e restaurou.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a DEUS, que me deu vida, sabedoria e saúde.

À Universidade Federal de Minas Gerais, que me possibilitou o início de uma vida nova.

Ao Prof. Dr. Eduardo Marques Arantes, a confiança depositada em meu trabalho, as orientações, sugestões, correções, estímulo e disposição em me ajudar no desenvolvimento acadêmico.

Ao Departamento de Engenharia de Materiais e Construção da Universidade Federal de Minas Gerais, a dedicação, qualidade e seriedade demonstradas por professores e funcionários.

Aos professores do Curso de Mestrado, os ensinamentos transmitidos e oportunidades concedidas.

À Ivonete, a dedicação, atenção e prestatividade.

À minha esposa Amelia, a companhia constante, com carinho, respeito, admiração e até mesmo adivinhando meus pensamentos, coisas que fazem o homem sentir homem.

À minha mãe Efigênia, o amor, altruísmo e entrega.

Às minhas filhas Camila e Karine, ao meu pai Miguel, meus irmãos Misael e José Marcos, minhas irmãs Misalene, Edilene e Cláudia, e aos sobrinhos – Rafa, Dadi, Cila, Henrique, Lique, Laura, Douglas, Vanessa, Julie e Gabi, o carinho, atenção, companheirismo, amizade e confiança. Não existe tesouro maior do que a família.

Aos profissionais que dedicaram seu tempo a responder aos questionários e entrevistas, compartilhando suas experiências, conhecimentos e opiniões para a realização desta pesquisa.

“... e você, Moisés, faça o tabernáculo e todos os seus móveis de acordo com o **modelo** que eu vou lhe mostrar.”  
Êxodo 25:9 (Grifo acrescentado)

## RESUMO

A Modelagem da Informação da Construção – *Building Information Modeling* (BIM) é uma tecnologia que possibilita às empresas da indústria da construção civil maior segurança, confiabilidade, rapidez e qualidade. É uma opção tecnológica que se pode fazer na implantação dos empreendimentos com o objetivo de reduzir desperdícios e otimizar o uso de materiais, contribuindo assim para um desenvolvimento sustentável. Com o BIM, podem-se gerir as documentações técnicas da edificação e manter um sistema de informação e comunicação entre empresas e profissionais projetistas, proprietários, incorporadores, construtores e quaisquer outros agentes envolvidos no processo. Partindo-se de questionários e entrevistas, realizou-se um estudo para identificar o atual estágio de utilização da tecnologia BIM por empresas e profissionais de Belo Horizonte. Esta pesquisa envolveu arquitetos e engenheiros especialistas em projetos residenciais, comerciais e industriais. Identificaram-se características dos projetistas, empresas, ferramentas utilizadas, desafios, benefícios e características do processo de implementação. Concluiu-se que a tecnologia BIM em Belo Horizonte está mais avançada em empresas de projetos industriais do que em empresas de projetos residenciais e comerciais. Projetistas e empresas de projetos residenciais e comerciais estão envolvidos no processo de substituição do desenvolvimento tradicional de projetos bidimensionais para modelos tridimensionais parametrizados, enquanto projetistas e empresas de projetos industriais já estão implementando interoperabilidade entre modelos de diversas disciplinas, o que corresponde a uma fase mais adiantada de implantação. Dentre as propostas de melhorias sugeridas, estão o estímulo ao espírito de cooperação e troca de conhecimento entre as equipes de trabalho e a implementação da tecnologia BIM envolvendo todas as disciplinas desde os estágios iniciais do empreendimento.

**Palavras-chave:** Implementação do BIM, Modelagem da Informação da Construção, Construção Civil.



## ABSTRACT

Building Information Modeling (BIM) is a technology that allows companies of the construction industry more safety, reliability, speed and quality. It is a technological option that can be done in implementing projects in order to reduce waste and optimize the use of materials, thus contributing to sustainable development. With BIM it is possible to manage technical documentation of buildings and maintain a system for information and communication between managers, designers, owners, engineers, contractors, architects, real estate asset managers, and other stakeholders in the process. By applying questionnaires and from interviews, it was carried out a study to identify the current condition of BIM usage by companies and professionals in Belo Horizonte. This research involved architects and engineers specialized in residential, commercial and industrial project. It was identified characteristics of designers, companies, tools, challenges, benefits and characteristics of the implementation process. It was concluded that the implementation of BIM in Belo Horizonte is more developed in industrial designs than in residential and commercial design. Designers and companies in the residential and commercial sector are engaged in the substitution process of the traditional 2D design to 3D parametric models, while designers in industrial sector are already deploying interoperability between models of different disciplines, which corresponds to a more advanced phase of implementation. Among the proposed improvements are suggestions to stimulating the spirit of collaboration and sharing of knowledge between the working teams and also the implementation of BIM through the involvement of all disciplines from the earliest stages of project development.

**Keywords:** BIM Implementation, Building Information Modeling, Civil Construction.

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
AGC	Associated General Contractors of America
AIA	American Institute of Architects
AISC	American Institute of Steel Construction
BIM	Building Information Modeling
CAD	Computer-Aided Design
CIC	Computer Integrated Construction Research Program
CNC	Computer Numerical Control. Sistema de códigos (Código G) que comanda a operação de máquinas operatrizes automatizadas
IFC	Industry Foundation Classes
ISO	International Standards Organization
NIBS	National Institute of Building Sciences
OAGi	Open Application Group
OSCRE	Open Standards Consortium for Real Estate
RCD	Resíduos de Construção e Demolição
SDNF	Steel Detailing Neutral Format
STEP	Standard for the Exchange of Product Model Data
TDS	Tecnologia para um Desenvolvimento Sustentável
TFV	Transformação, Fluxo e Valor – Teoria de Koskela (2000)
TI	Tecnologia de Informação
XML	Extensible Markup Language

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Versão tradicional do fluxo de trabalho BIM.....	27
FIGURA 2	Recente versão do fluxo de trabalho BIM .....	28
FIGURA 3	Fluxo de trabalho da empresa .....	28
FIGURA 4	Modelo de processos em um ambiente colaborativo .....	29
FIGURA.5	Fundamentos da implementação do BIM.....	30
FIGURA 6	BIM Project Execution Planning Guide.....	31
FIGURA 7	Ciclo de vida de uma edificação.....	39
FIGURA 8	Interligação de fatos e ideias.....	41
FIGURA 9	Crescimento populacional e consumo de cimento.....	42
FIGURA 10	TDS: Tecnologia para um Desenvolvimento Sustentável.....	43
FIGURA 11	TI na construção.....	43
FIGURA 12	Conceito geral do uso de TI na construção.....	45
FIGURA 13	Benefícios de TI na construção.....	45
FIGURA 14	Modelagem paramétrica visual.....	46
FIGURA 15	Ambiente de trabalho do <i>software</i> Grasshopper.....	47
FIGURA 16	Teoria TFV.....	48
FIGURA 17	Relações entre agentes na AEC.....	50
FIGURA 18	Diagrama esquemático de DBB.....	50
FIGURA 19	Diagrama esquemático de DB.....	51
FIGURA 20	Ciclo de Vida de empreendimento BIM.....	52
FIGURA 21	Síndrome do canivete suíço.....	57
FIGURA 22	Os três componentes da interoperabilidade.....	58
FIGURA 23	<i>Softwares</i> e protocolos de comunicação.....	61
FIGURA 24	CAD 4D arquitetônico, estrutural e hidrossanitário.....	63
FIGURA 25	Coordenação do BIM.....	65
FIGURA 26	Fases do planejamento de empreendimentos.....	74
FIGURA 27	Benefícios do BIM no ciclo de vida da edificação.....	80
FIGURA 28	Cronologia inversa dos benefícios do BIM no ciclo de vida do edifício.....	81
FIGURA 29	Diagrama para um processo em um diagrama-resumo.....	82
FIGURA 30	Pontos de decisão em diagrama de processos.....	82
FIGURA 31	Fluxograma do Protocolo de Coleta de Dados .....	91
FIGURA 32	Nuvem de pontos.....	121

FIGURA 33	Modelos gerados a partir da nuvem de pontos.....	121
FIGURA 34	Modelos de uma fábrica virtual.....	122
FIGURA 35	Ciclo de projetos na empresa F.....	131

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1	Alguns <i>softwares</i> BIM.....	54
QUADRO 2	Níveis de detalhes da informação.....	83
QUADRO 3	Lista de potenciais responsáveis pela informação.....	83
QUADRO 4	Percentuais da coleta de dados.....	92
QUADRO 5	Formação dos profissionais .....	96
QUADRO 6	Funções dos entrevistados .....	97
QUADRO 7	Familiaridade com o BIM .....	98
QUADRO 8	Envolvimento da empresa com o BIM .....	99
QUADRO 9	Características da empresa A .....	100
QUADRO 10	Características da empresa B.....	100
QUADRO 11	Características da empresa C.....	101
QUADRO 12	Características da empresa D.....	101
QUADRO 13	Características da empresa E.....	102
QUADRO 14	Características da empresa F.....	102
QUADRO 15	Características da empresa G.....	103
QUADRO 16	Características da empresa H.....	103
QUADRO 17	Características da empresa J.....	104
QUADRO 18	Características da empresa K.....	105
QUADRO 19	Características da empresa L.....	105
QUADRO 20	Características da empresa M.....	106
QUADRO 21	Forma de implementação.....	107
QUADRO 22	Principais softwares utilizados .....	115
QUADRO 23	Principais desafios na implementação do BIM .....	128
QUADRO 24	Principais Benefícios na implementação do BIM .....	136
QUADRO 25	Importância da parametrização do BIM .....	138
QUADRO 26	Índice de produtividade.....	140

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1	Tipos de projeto.....	95
GRÁFICO 2	Formação dos profissionais.....	96
GRÁFICO 3	Áreas de atuação na empresa.....	97
GRÁFICO 4	Familiaridade com o BIM.....	98
GRÁFICO 5	Envolvimento da empresa com o BIM.....	99
GRÁFICO 6	Forma de mudança.....	106
GRÁFICO 7	Coordenação do processo.....	107
GRÁFICO 8	Alterou a gestão e a forma de projetar?.....	108
GRÁFICO 9	O que alterou?.....	109
GRÁFICO 10	Fácil importação/exportação de dados?.....	109
GRÁFICO 11	Tipo de interação com construtores e fornecedores.....	110
GRÁFICO 12	<i>Softwares</i> mais utilizados – Arquitetura.....	116
GRÁFICO 13	<i>Softwares</i> mais utilizados – Estruturas de concreto.....	116
GRÁFICO 14	<i>Softwares</i> mais utilizados – Estruturas metálicas.....	117
GRÁFICO 15	<i>Softwares</i> mais utilizados – Mecânica.....	117
GRÁFICO 16	<i>Softwares</i> mais utilizados – Tubulação.....	118
GRÁFICO 17	<i>Softwares</i> mais usados para compatibilizar e detectar interferências.....	119
GRÁFICO 18	Dificuldades na implementação do BIM.....	127
GRÁFICO 19	Classificação das dificuldades na implementação do BIM.....	128
GRÁFICO 20	Detalhamento da classificação das dificuldades na implementação do BIM .....	129
GRÁFICO 21	Classificação dos benefícios do BIM (avaliação por notas).....	136
GRÁFICO 22	Motivos para adotar o BIM.....	137
GRÁFICO 23	Benefícios já alcançados com o BIM.....	137
GRÁFICO 24	Importância da Parametrização.....	139

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	25
1.1 Contextualização.....	25
1.2 Justificativa.....	31
1.3 Objetivos.....	35
1.3.1 Objetivo principal.....	35
1.3.2 Objetivos específicos.....	35
1.3.3 Hipóteses.....	35
1.4 Metodologia.....	36
1.5 Estrutura da dissertação.....	38
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	39
2.1 A Tecnologia de Informação aplicada à construção.....	39
2.2 A filosofia <i>Lean</i> e a tecnologia BIM.....	47
2.3 Métodos de contratação de serviços na AEC.....	49
2.4 Conceituação do BIM.....	51
2.5 Benefícios do BIM.....	61
2.6 Implementação do BIM.....	64
2.7 Fases do desenvolvimento da tecnologia BIM.....	67
2.8 Desafios na implementação do BIM.....	68
2.9 Fases de transição na implementação do BIM.....	71
2.10 Planejamento de execução de um empreendimento BIM.....	73
2.11 Algumas considerações sobre processos BIM em outras localidades.....	85
2.12 Conclusão do capítulo.....	87
<b>3 MÉTODO DE PESQUISA</b> .....	89
3.1 Estratégias e atividades da pesquisa.....	89
3.2 Estudos de campo.....	93
<b>4 ANÁLISE DOS RESULTADOS</b> .....	95
4.1 Caracterização dos entrevistados e das empresas pesquisadas.....	95
4.2 Caracterização da implementação da tecnologia BIM.....	106
4.3 Utilização de ferramentas BIM.....	114
4.4 Desafios da tecnologia BIM.....	126
4.5 Benefícios da tecnologia BIM.....	134
4.6 Propostas de melhorias no processo de implementação do BIM.....	143

<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	147
5.1 Sugestões para trabalhos futuros.....	149
5.2 Agradecimentos.....	150
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	151
<b>ANEXO 1</b> – Carta de apresentação da pesquisa.....	155
<b>ANEXO 2</b> – Questionário sobre o BIM.....	157
<b>ANEXO 3</b> – Pesquisa sobre modelamento.....	161



# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Contextualização

A indústria da construção está passando por uma crise mundial de ineficiência e consumo excessivo de energia e matéria prima. Embora os problemas ambientais sejam catalisadores de mudanças, eles também agregam um senso de urgência na solução de um problema elementar: a falha da indústria da construção em acompanhar os avanços tecnológicos e ganhos de produtividade experimentados por quase todas as outras indústrias. Até mesmo a agricultura, a mais antiga atividade da civilização humana, nos últimos cem anos teve ganhos de produtividade não imagináveis na indústria da construção. (SMITH e TARDIF, 2009)

A complexidade da indústria da construção, os impactos ambientais que causa através dos recursos naturais que utiliza e a energia que consome, associados às turbulências econômicas mundiais deixam a todos preocupados com o futuro. De acordo com James E. Diekmann (2004) citado por Smith e Tardif (2009), 57% dos recursos no setor da construção civil são desperdiçados. Mas nas grandes dificuldades estão as maiores oportunidades, e a declaração de Charles Dickens acerca da Revolução Francesa, pode ser aplicada aos dias atuais na construção civil:

“Foi a melhor das épocas, foi a pior das épocas, foi a idade da sabedoria, foi a idade da insensatez, foi a época da crença, foi a época da incredulidade, foi a época das luzes, foi a época das trevas, foi a primavera da esperança, foi o inverno do desespero, tínhamos tudo diante de nós, não tínhamos nada diante de nós, estávamos todos indo direto para o céu, estávamos todos indo diretamente para o lado oposto...”

Uma grande oportunidade que se apresenta para contribuir com a redução do desperdício e aumento da qualidade das edificações é a tecnologia *Building Information Modeling*, ou BIM, que não é uma tecnologia para o futuro, mas uma realidade, traduzida como Modelagem da Informação da Construção. Modelagem se refere à geometria e simulações de processos, mas, em uma primeira instância, arquitetos e engenheiros tendem a pensar no BIM como uma ferramenta para se criar representações virtuais tridimensionais de uma edificação. Somente após uma fase mais avançada no uso desta tecnologia é que se começa a pensar em simulações de processos. É compreensível, portanto, que o foco das primeiras gerações de

*softwares* desenvolvidos para a aplicação da tecnologia BIM, tenham o foco em geometria. (TOBIN, 2008)

A arquitetura de *software* em bancos de dados relacionais, embora complexa, é construída sob o pressuposto de que os dados são alfanuméricos, sendo relativamente fácil manter uma distinção clara entre os dados e o *software* que os utiliza. Entretanto, é praticamente impossível separar os dados dos complexos algoritmos utilizados para se criar geometria. Isto torna extremamente desafiante compilar em um único banco de dados relacional, toda a geometria e informações de um edifício, e mais desafiante ainda, a troca confiável de informações entre diferentes *softwares*. (SMITH e TARDIF, 2009)

A indústria de *software* na AEC tem contribuído mais para confundir do que para esclarecer o assunto. Não querendo ser reconhecidos como fornecedores de tecnologia ultrapassada, os fabricantes de *software* tem sido rápidos em colocar o apelido BIM em seus produtos, independentemente de sua real capacidade de servir como base da aplicação desta tecnologia. É muito difícil para o usuário, ao visualizar sofisticadas imagens de modelos 3D, identificar claramente se o banco de dados é realmente sofisticado e inteligente. Isto tem criado um ambiente em que companhias que possuem tecnologias realmente inovadoras, num esforço para distinguir seus produtos, introduzem nova terminologia, como 4D, (que geralmente se entende como 3D + tempo), 5D, 6D e assim por diante, à medida em que novos atributos da edificação como custos e sequência construtiva vão sendo incorporados aos *softwares*. (SMITH e TARDIF, 2009)

Desenhos, planilhas, cronogramas, listas de materiais, fotografias, ordens de compra e dezenas de outros documentos que constituem as informações da construção tem sido geradas há séculos. A indústria da construção tem falhado nas tentativas de compilar estas informações em um único repositório e corre o risco de fracassar também com a tecnologia BIM. Como se trata de uma nova forma de projetar e construir, arquitetos, engenheiros, construtores, incorporadores e todos agentes envolvidos em um empreendimento, necessitam de uma estratégia. Segundo Smith e Tardif (2009), o principal desafio não é descobrir como implantar uma nova tecnologia, mas sim, como organizar e trocar as informações geradas no desenvolvimento de um empreendimento (EASTMAN *et al.*, 2008).

A modelagem digital e a filosofia *Lean*, revolucionaram a indústria manufatureira e aeroespacial, haja vista o sucesso industrial e comercial da Toyota e da Boeing. A indústria

AEC enfrenta o desafio de mudar o atual paradigma da documentação baseada em 2D para o estágio do protótipo digital com um fluxo de trabalho colaborativo. (EASTMAN *et al.*, 2008)

Muitos dos pioneiros da tecnologia BIM visualizavam um ambiente central onde todas as informações de um edifício estariam concentradas em um único repositório eletrônico de dados armazenado em um lugar seguro e acessado pela internet por qualquer agente durante o ciclo de vida do edifício, conforme ilustrado na figura 1. O conceito implícito nesta versão é que o modelo deve ser completo, acessível e perfeito em todo o tempo, mas ao se contemplar o mundo real, pode-se fazer uma longa lista de desafios que esta abordagem apresenta, e na tentativa de resolvê-los surgem novas dificuldades. O conceito do modelo único do edifício é sedutor, mas não resolve os problemas da indústria da construção. As pessoas precisam trocar informações específicas, com agentes específicos, em um tempo específico. Este fato não vai mudar e não deve mudar. (SMITH e TARDIF, 2009)

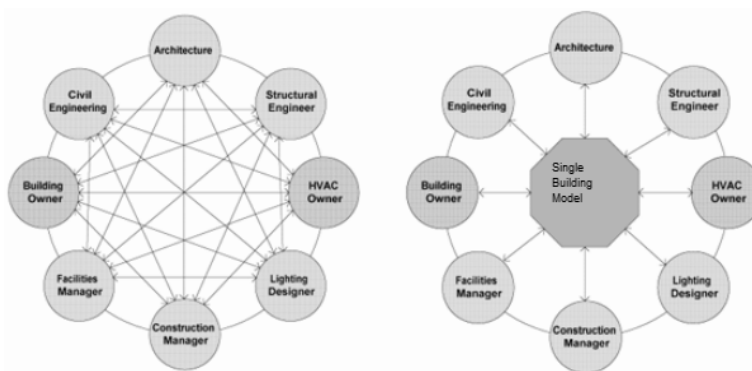


Figura 1 – Versão tradicional do fluxo de trabalho BIM – (Fonte: Smith e Tardif, 2009)

A solução deste dilema está na ampliação do conceito do BIM, tirando o foco dos dados, e colocando-o nos processos utilizados para se criar um edifício, isto é, deve-se focalizar na modelagem e não no modelo. Nesta abordagem, criar um modelo único não é mais o alvo do BIM, mas o objetivo principal passa a ser a compilação abrangente e confiável das informações de um edifício, dentro de um contexto de trocas fáceis e acessíveis de informações entre quaisquer agentes que delas necessitem durante o ciclo de vida do edifício. (SMITH e TARDIF, 2009)

Uma versão mais recente do fluxo de trabalho BIM, apresentada na figura 2, mostra no centro do fluxo, ao invés do modelo único, “*Single building model*”, um padrão único de troca de informações, “*Single Information Exchange Standard*”. A mudança é sutil, mas a idéia apresentada é que nem todos os dados precisam estar em um único modelo, mas a troca de informações deve ser fácil. Consiste em um ambiente de trabalho de perfeita

interoperabilidade no qual cada disciplina utiliza o *software* que mais lhe convier, e cada agente troca informações através de um protocolo padrão confiável. (SMITH e TARDIF, 2009)

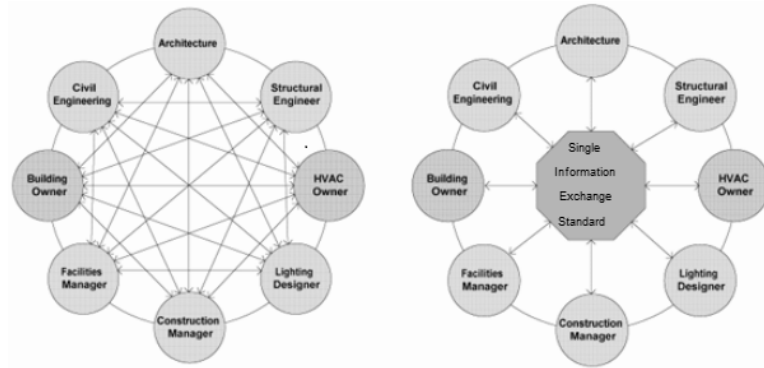


Figura 2 – Recente versão do fluxo de trabalho BIM – (Fonte: Smith e Tardif, 2009)

Uma boa tecnologia não deve substituir uma linha vital de comunicação e fluxo de trabalho, mas deve simplificá-los minimizando ou eliminando tarefas e rotinas que não agregam valor e maximizando aquelas que agregam valor ao produto. (KOSKELA, 2000)

Implantar BIM é muito mais uma decisão administrativa do que técnica. Embora o BIM abra uma porta para grandes oportunidades, ele não faz com que elas se concretizem. Para ser bem sucedida, a tecnologia deve ser implantada como uma parte abrangente da estratégia de negócios. Muitos fluxos de trabalho (Figura 3) e processos devem mudar, para se usufruir todo o potencial da tecnologia (SMITH e TARDIF, 2009).



Figura 3 – Fluxo de trabalho da empresa – (Fonte: Smith e Tardif, 2009)

Conforme Santos *et al.* (2009), vinculada ao sucesso da implementação da tecnologia BIM está a necessidade de uma mudança cultural na formação de engenheiros e arquitetos, a quem falta uma visão holística dos empreendimentos e um entendimento de como o valor – atendimento das expectativas do cliente – é gerado e evolui ao longo do ciclo de vida do empreendimento.

Manter ou aumentar a competitividade no mercado de trabalho ou simplificar a operação dos negócios, estão entre as razões mais comumente apresentadas pelos líderes das empresas para implementar BIM. Estas são razões perfeitamente válidas, mas quando questionados, poucos líderes podem apresentar uma estratégia coerente sobre como se alcançar estes objetivos através do BIM. Muitos apenas se deixam levar pelo desejo de não ser considerados tecnologicamente ultrapassados (SMITH e TARDIF, 2009).

A elaboração de um planejamento bem documentado contribui para que todos os agentes envolvidos estejam claramente cientes das oportunidades e responsabilidades associadas com a incorporação desta tecnologia ao processo de projeto. As empresas não deveriam questionar entre adotar ou não o BIM, mas sim definir em que áreas utilizar esta tecnologia e planejar detalhadamente a implementação. Dever-se-ia focar em implementar o BIM em nível necessário para maximizar o valor e minimizar custos e impactos de implementação (CIC, 2010).

Os benefícios plenos da implementação do BIM se concretizarão junto com o desenvolvimento integrado de projetos onde profissionais trocam informações de forma coordenada (Figura 4). Até então, diretores e gerentes das empresas devem determinar até que ponto podem integrar o BIM de forma eficiente e rentável às suas operações (SMITH e TARDIF, 2009).

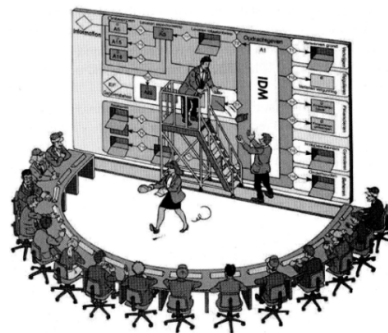


Figura.4 – Modelo de processos em um ambiente colaborativo – (Fonte: Smith e Tardif, 2009)

Há um conflito inerente entre o espírito cooperativo do paradigma BIM e a necessidade das empresas se diferenciarem de seus concorrentes, mas uma abordagem mais realística reconhece que colaboração e competição podem coexistir. A competição leva empresas e indivíduos a desenvolverem melhores práticas. Estas melhores práticas quando amplamente

compartilhadas e adotadas, se tornam um procedimento padrão e todo o setor industrial começa a operar em um nível mais avançado (SMITH e TARDIF, 2009).

Os fundamentos de negócios – produtividade, fluxo de caixa, receita e lucro – são os mesmos para qualquer empresa, diferindo apenas em alguns detalhes conforme o tipo de negócio da empresa. Semelhantemente, os fundamentos da implementação BIM são os mesmos para os diversos tipos de empresas do setor da construção civil. Os conceitos mostrados na figura 5 se aplicam a empresas de arquitetura, engenharia ou construção (SMITH e TARDIF, 2009).

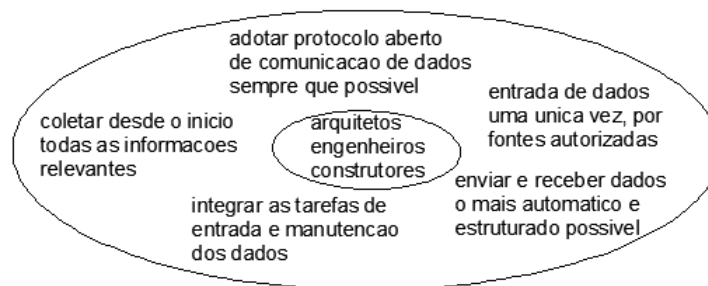


Figura 5 – Fundamentos da implementação do BIM – (Fonte: Smith e Tardif, 2009)

As maiores dificuldades de implementação do BIM em escritórios de arquitetura, conforme Souza, Amorim e Lyrio (2009), referem-se a: (1) falta de tempo para implementação da tecnologia; (2) escassez de profissionais com domínio sobre os *softwares*; (3) necessidade de mudanças nos processos de projetos; (4) dificuldade para se fazer a compatibilização de projetos entre o modelo arquitetônico BIM e os projetos 2D de estruturas e instalações; e (5) necessidade de investimentos em *hardware*, pois os *softwares* BIM necessitam de computadores com maior capacidade gráfica, de memória e de processamento.

O documento *BIM Project Execution Planning Guide* (Figura 6), apresenta o planejamento da execução de um empreendimento utilizando a tecnologia BIM em quatro fases: (1<sup>a</sup>) identificar os objetivos e benefícios BIM que se pretende alcançar; (2<sup>a</sup>) Criar diagramas de processos em vários níveis de detalhamento para atender interesses específicos de cada agente; (3<sup>a</sup>) Definir claramente que informação cada agente necessita receber e fornecer; (4<sup>a</sup>) identificar e definir a infraestrutura necessária (CIC, 2010).



Figura 6 –BIM Project Execution Planning Guide – (Fonte: Smith e Tardif, 2009)

## 1.2 Justificativa

Minha experiência com projetos começa no ano de 1976, quando me formei em curso técnico no CEFET e fui trabalhar na COBRAPI como projetista de estruturas metálicas, especializando-me em projetos de edifícios industriais na indústria siderúrgica em diversas empresas, dentre outras, USIMINAS, AÇOMINAS, COSIPA, CSN, CST, e empresas pertencentes ao extinto GRUPO SIDERBRAS, *holding* das usinas siderúrgicas estatais.

Nesta função, trabalhei até 1986, quando, já graduado em Matemática, fiz pós-graduação em Engenharia de Sistemas e, ainda no setor de projetos industriais na própria COBRAPI, passei a trabalhar no departamento de Planejamento e Controle da Produção como Analista de Sistemas responsável por desenvolver um sistema de registro e controle de mão de obra investida na execução de cada projeto. Um sistema complexo, de muitos projetos sendo desenvolvidos simultaneamente em várias disciplinas (arquitetura, estruturas de concreto, estruturas metálicas, instalações elétricas industriais, Instrumentação, Equipamentos Mecânicos e Caldeiraria). O sistema desenvolvido foi instalado nos diversos escritórios da empresa nas cidades de Belo Horizonte, Ipatinga, Santos, Vitória e Volta Redonda.

No ano 2001, já graduado em Engenharia Civil pela UFMG, fui trabalhar na cidade de Toronto, no Canadá, em uma empresa (neste trabalho denominada empresa MK) especializada em projeto e construção de cozinhas e banheiros personalizados, sempre utilizando a tecnologia mais avançada em termos de equipamentos, materiais e processos construtivos, dentro do contexto arquitetônico *one of a kind* de construção de residências de alto luxo produzido pelo sistema de pré-moldados.

Minha função na empresa era de engenheiro de sistemas de produção. Eu era responsável pelo fluxo de produção, controle de materiais, planejamento da produção, planejamento de instalação de cozinhas em harmonia com o cronograma de obra do construtor e com supervisão e acompanhamento dos clientes. Eram também minhas as responsabilidades de controle de estoques, geração de lista de materiais por projeto e ordens de compras de materiais para estoque, além do desenvolvimento e gerenciamento do sistema de projetos auxiliado por computador, composto pelas ferramentas AutoCAD associadas à planilha eletrônica Microsoft Excel, ao banco de dados Microsoft Access e alguns outros *softwares* especializados em extrair informações dos arquivos DXF gerados pelo AutoCAD. Também gerava códigos para o corte automático de cada peça projetada nas máquinas CNC da fábrica, códigos estes de identificação de cada peça em cada projeto por meio de leitura óptica por escaneamento a *laser*.

O sistema de projetos possuía ainda um controle do registro histórico das características de cada projeto por meio do arquivamento do projeto *as-built*, recurso com o qual a empresa assumia com o cliente o compromisso de prestar serviços de manutenção (dentro da filosofia de garantia e atendimento pós-ocupacional) por meio de uma requisição por um simples *e-mail* ou telefonema, em qualquer época no futuro, fornecer uma peça de reposição de uma porta na dimensão e coloração exatas de sua cozinha ou a substituição de um equipamento com as mesmas especificações técnicas do equipamento utilizado na montagem. Participei também do projeto de ampliação e reformulação do *layout* da fábrica, no qual se reestudou e otimizou todo o fluxo de produção.

Os resultados do meu trabalho foram muito positivos, haja vista o fato de que, com os sistemas automatizados de projeto e controle, foi possível realizar um contrato especial com os fornecedores para a ordem de compra automática da lista de material de cada projeto, o que resultou em uma redução de 80% do capital investido em estoque. A redução do estoque permitiu que se projetasse cada cozinha especificando-se os materiais e equipamentos com a tecnologia mais avançada disponível no mercado, garantindo a satisfação do cliente (este é um grande diferencial de *marketing* para uma empresa que faz projetos de cozinhas de alto luxo). Além disso, com a redução do estoque a níveis mínimos, a empresa passou a ter disponível como capital de giro extra o diferencial financeiro que era investido em estoque.

Outro benefício advindo do resultado de meu trabalho foi a redução do tempo de produção. Inicialmente, o tempo médio de produção era de uma cozinha por semana. Após as medidas adotadas e interferências na engenharia de produção, aumentou-se a capacidade de



produção para uma média de três cozinhas por semana, além dos benefícios advindos do controle do registro dos projetos *as-built*, mencionados anteriormente.

Um fator de grande influência na engenharia da empresa MK é o fato de que seus clientes se preocupam com a conservação do meio ambiente global e estão dispostos a pagar mais caro por uma cozinha que utiliza em sua produção materiais sustentáveis, e que em seu processo de fabricação tem uma reduzida emissão de gases de efeito estufa.

Todos os projetos da empresa MK eram feitos no processo tradicional de desenhos 2D. A alta administração da empresa manifestou interesse em migrar seus sistemas para uma plataforma 3D com o objetivo de ter melhor comunicação com os clientes na identificação de seus desejos e necessidades e na concepção do projeto. A empresa adquiriu vários sistemas disponíveis no mercado, mas a implantação desses sistemas requeria que a empresa mudasse a cultura interna de seus processos produtivos, o que era inviável, pois a empresa possui um *know-how* próprio que a distingue no mercado e um corpo técnico de profissionais com experiência média de vinte e cinco anos em produção de cozinhas, porém com pouca intimidade com computadores. Para estes profissionais, aprender a trabalhar com desenhos 2D em computador exigiu tão grande esforço, que não estão estimulados a se desprenderem novamente para migrar para 3D, estando próximos da aposentadoria.

Com o estímulo e o patrocínio da alta administração da empresa, juntamente com o objetivo de desenvolver um sistema personalizado, fiz um curso de pós-graduação em gerenciamento de sistemas AutoCAD em uma universidade local e iniciei a criação de uma biblioteca de objetos 3D, programando na linguagem AutoLISP, nativa do AutoCAD, em associação com o Microsoft Visual Basic e o banco de dados Access, visando a uma melhor comunicação com os clientes. Porém, esta iniciativa não obteve sucesso, e dentre as causas identificadas se pode citar o fato de que, como o AutoCAD não é um *software* parametrizado, as alterações de projeto, muito frequentes na fase de concepção, eram muito complexas. Outro fator de insucesso foram o custo e o tempo de desenvolvimento do novo sistema, que extrapolaram a expectativa e o orçamento planejado inicialmente pela diretoria e sofreram reflexos da crise financeira dos Estados Unidos por volta do ano de 2008.

De volta ao Brasil, iniciei meu mestrado com interesse em gestão de empreendimentos e com o objetivo de aprimoramento teórico e de buscar soluções para as dificuldades enfrentadas nas experiências profissionais ora citadas. Ao ler a tese doutoral de Koskela (2000) e ao estudar as teorias relativas a *Lean Construction*, *Lean Production*, *Just in Time*,

Engenharia Simultânea, Sustentabilidade, e ao tomar conhecimento da tecnologia BIM, pude contextualizar nestes temas a minha experiência profissional e me interessar pelo aprofundamento da tecnologia BIM por acreditar, com base em minha experiência profissional, nas propostas desta nova forma de projeto e construção.

Estudei os livros *BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors* (EASTMAN et al., 2008) e *Building Information Modeling: A Strategic Implementation Guide for Architects, Engineers, Constructors, and Real Estate Asset Managers* (SMITH; TARDIF, 2009), e também, as publicações dos cientistas brasileiros especialistas no tema.

“Desenvolvimento sustentável”, afirma Mehta (1999), “será o ponto chave para as futuras gerações, e nós temos a capacidade de visualizar o futuro e redirecionar nossa maneira de viver...”. Mehta prossegue dizendo que o desenvolvimento tecnológico sob o ponto de vista holístico é condição fundamental para a sobrevivência da humanidade. Neste contexto, ao definir o tema de pesquisa para meu mestrado, decidi pela tecnologia BIM. Ao pensar no foco da pesquisa, deparei-me com alguns dados relevantes em relação à cidade de Belo Horizonte.

Segundo o censo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2010, Belo Horizonte é a sexta cidade mais populosa do Brasil e possui o quinto maior PIB entre os municípios brasileiros, depois de São Paulo, Rio de Janeiro, Brasília e Curitiba. Portanto, devido à relevância de Belo Horizonte no cenário nacional e ao verificar a inexistência de um estudo específico sobre a utilização regional da tecnologia BIM, considerou-se justificado o tema proposto como objeto desta pesquisa, ou seja, o estudo do processo de implementação da tecnologia BIM em Belo Horizonte, com destaque para as mudanças nos processos de projeto e a identificação das ferramentas utilizadas.

Este trabalho justifica-se também pela importância da existência de fontes de informações específicas e detalhadas, relativas aos processos de adoção da tecnologia BIM, como referência bibliográfica para a academia, empresas e profissionais de Arquitetura, Engenharia e Construção.

### **1.3 Objetivos**

Segundo Gomides (2002), o objetivo da formulação de um problema de pesquisa é tornar individualizada uma dificuldade com a qual nos defrontamos.

#### **1.3.1 Objetivo principal**

- Identificar o atual estágio de utilização da tecnologia de Modelagem da Informação da Construção por empresas e profissionais de Belo Horizonte.
- Apresentar propostas de melhorias nos processos de implementação da tecnologia BIM.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Realizar uma revisão bibliográfica sobre estratégias de implementação do BIM em escritórios e empresas de projeto e construção civil.
- Pesquisar empresas agrupando-as pelo setor de projetos industriais e pelo setor de projetos residenciais e comerciais, devido ao fato de que nos projetos industriais a variabilidade é menor do que nos projetos residenciais e comerciais.
- Analisar criticamente o processo de implementação da tecnologia BIM nas empresas pesquisadas.

#### **1.3.3 Hipóteses**

Segundo Rudio (2007), hipótese é uma suposição que se faz na tentativa de se explicar o que se desconhece. Gil (1999) completa, afirmando que a hipótese, após ser testada, pode ser aceita ou rejeitada.

A pesquisa levanta as seguintes hipóteses:

- (1) A tecnologia de Modelagem da Informação da Construção ainda é pouco utilizada em Belo Horizonte;
- (2) O CAD 3D já é amplamente utilizado nos escritórios de projetos em Belo Horizonte;
- (3) Esforços são feitos no sentido de se utilizar amplamente a tecnologia de Modelagem da Informação da Construção.

## 1.4 Metodologia

Conforme Gil (1999), os métodos de pesquisa podem se classificar em métodos que proporcionam as bases lógicas da investigação científica e métodos que esclarecem procedimentos técnicos da investigação científica. A revisão bibliográfica, obrigatória em qualquer pesquisa, compõe-se dos recursos fornecidos por livros, artigos e periódicos científicos, e presta-se à definição do sistema conceitual da pesquisa, sua fundamentação teórica e a identificação do estágio em que se encontram os conhecimentos acerca do tema investigado.

O elemento mais importante para se identificar o delineamento<sup>1</sup> de uma pesquisa é o procedimento adotado para a coleta de dados. Existem dois grandes grupos. No primeiro, estão a pesquisa bibliográfica e a pesquisa documental. No segundo, estão a pesquisa experimental, o levantamento<sup>2</sup>, o estudo de campo e o estudo de caso. Os estudos de campo apresentam semelhanças com os levantamentos, mas procuram mais o aprofundamento das questões propostas do que a distribuição estatística do universo definido. O planejamento do estudo de campo apresenta mais flexibilidade do que o do levantamento, mesmo que os objetivos sejam reformulados ao longo do processo de pesquisa. (GIL, 1999).

Segundo Gil (1999), os métodos específicos mais adotados são: experimental<sup>3</sup>, observacional<sup>4</sup>, comparativo<sup>5</sup>, estatístico<sup>6</sup>, questionário<sup>7</sup> e entrevista<sup>8</sup>. Frequentemente se

---

<sup>1</sup> Planejamento das formas de se testarem as hipóteses.

<sup>2</sup> Interrogação direta das pessoas cujos comportamentos se deseja conhecer. Na maioria dos levantamentos, seleciona-se uma amostra representativa do universo pesquisado.

<sup>3</sup> Submeter os objetos de estudos à influência de variáveis controladas para observar os resultados.

<sup>4</sup> Coletar informações e observar algo que acontece ou já aconteceu.

<sup>5</sup> Ressaltar diferenças e semelhanças entre indivíduos, fenômenos ou fatos.

<sup>6</sup> Aplicação da teoria estatística da probabilidade.

<sup>7</sup> Técnica composta por um número de questões apresentadas por escrito às pessoas.

<sup>8</sup> Perguntas orais em um diálogo assimétrico. Uma das partes coleta dados e a outra fornece informações.

combinam dois ou mais métodos. O questionário apresenta vantagens como atingir um grande número de pessoas e permitir que se responda no momento mais conveniente, porém apresenta algumas limitações, como impedir esclarecimentos e requerer um número pequeno de perguntas, pois questionários extensos normalmente não são respondidos.

Dentre as vantagens da entrevista, pode-se citar a flexibilidade, pois o entrevistador pode esclarecer as perguntas, adaptando-se às pessoas e circunstâncias, e também captar a expressão corporal, tonalidade de voz e ênfase nas respostas. Dentre as limitações, destaca-se a possível deficiência do entrevistador na técnica de entrevistar. Conforme Quaresma e Boni (2005), não somente a entrevista deve ser elaborada, mas o entrevistador também necessita de preparo para realizar uma entrevista utilizando o método científico.

Definiram-se, como instrumentos de coleta de informações nesta investigação, questionários com questões fechadas, questões abertas e entrevistas estruturadas. Os questionários utilizados são apresentados no Anexo 2 e foram enviados por correio eletrônico. As entrevistas foram realizadas pessoalmente, tendo como referência o próprio questionário, para que se pudessem comparar as informações obtidas pelos dois meios de pesquisa utilizados.

A revisão bibliográfica abrangeu temas ligados ao BIM, tais como TI aplicada à construção, a filosofia *Lean* e a sua relação com a tecnologia BIM, métodos de contratação de serviços e profissionais praticados na Arquitetura, Engenharia e Construção com a identificação do método mais adequado à tecnologia BIM, as fases de transição na implementação do BIM e os desafios que as empresas enfrentam na adoção das ferramentas desta nova filosofia de projetos.

Para a composição do universo a ser pesquisado, realizaram-se contatos por meio de telefonemas e correio eletrônico com associações e sindicatos de empresas de engenharia, arquitetura e consultoria de projetos e construção de empreendimentos residenciais, comerciais e industriais, solicitando-se que enviassem o questionário aos seus associados e colaboradores ou que fornecessem os respectivos endereços eletrônicos de empresas e profissionais de cada segmento. Quatro associações se dispuseram a cooperar com a pesquisa fornecendo listas de *e-mails* de engenheiros e projetistas, mas os sindicatos não forneceram o *e-mail* de seus associados. Obtiveram-se os endereços eletrônicos de engenheiros e projetistas, e solicitou-se a cada entrevistado a indicação de empresas para participarem da pesquisa.

## 1.5 Estrutura da dissertação

Esta dissertação foi estruturada nos seguintes capítulos: (1) Introdução; (2) Revisão bibliográfica; (3) Método de pesquisa; (4) Análise dos resultados; (5) Considerações finais.

O **Capítulo 1** contém a contextualização e justificativa da pesquisa, os objetivos pretendidos, as hipóteses formuladas, a descrição do problema e os métodos adotados para a pesquisa.

O **Capítulo 2** apresenta uma revisão bibliográfica de temas pertinentes à gestão de projetos, TI aplicada à Construção, conceitos da filosofia *Lean* e métodos de contratação de serviços praticados na AEC, e Modelagem da Informação da Construção (BIM), com destaque para estratégias de implementação, desafios e benefícios desta nova tecnologia.

O **Capítulo 3** detalha os métodos de pesquisa adotados, as ferramentas de coletas de dados, o questionário aplicado, a estrutura das entrevistas e uma descrição da metodologia de análise dos dados.

O **Capítulo 4** apresenta os resultados da pesquisa de estudos de caso e apresenta algumas propostas de melhorias no processo de implementação da tecnologia BIM.

No **Capítulo 5**, faz-se uma verificação geral que abrange as conclusões relativas aos objetivos propostos pela pesquisa e as conclusões pertinentes aos métodos utilizados na pesquisa. Contém este capítulo ainda sugestões para futuros trabalhos.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 A Tecnologia de Informação aplicada à construção

A construção civil é apontada como um dos setores da economia que geram maior impacto sobre o ambiente natural, desde a produção dos insumos, passando pela construção, até à demolição da edificação. É também uma das mais importantes indústrias, não somente pela grande quantidade de recursos naturais que utiliza e pela energia que consome durante todo o processo de construção<sup>9</sup>, mas também pela grande quantidade de recursos financeiros que movimenta e pelo elevado número de empregos que gera (MARCOS, 2009).

A Figura 7 é uma representação esquemática do ciclo de vida de uma edificação, em que decisões tomadas nas fases de projeto e construção exercem impactos ambientais em todo o ciclo de vida útil da edificação. Neste contexto, pode-se ressaltar a importância da utilização de TI<sup>10</sup> como forma de otimizar processos, reduzindo desperdícios e necessidades de reformas, fatores diretamente ligados à degradação ambiental (MARCOS, 2009).

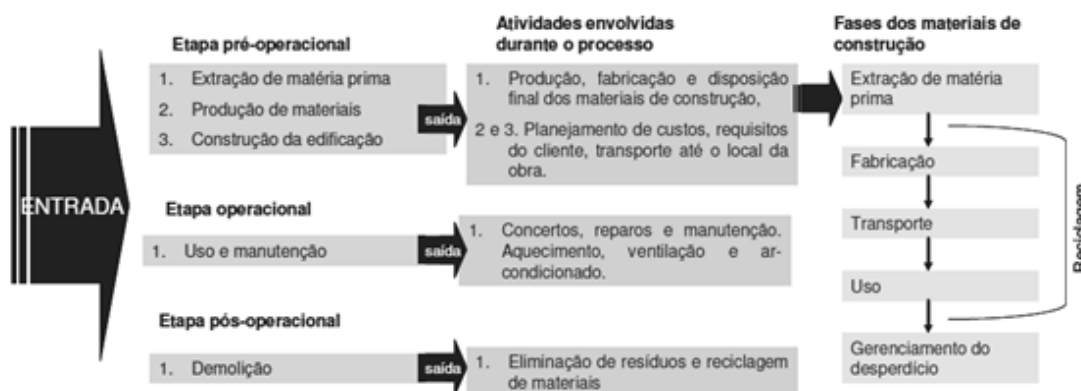


Figura 7 – Ciclo de vida de uma edificação (Fonte: MARCOS, 2009. Adaptado de ORTIZ, 2009)

Sustentabilidade, Eficiência Energética e Construção Enxuta são expressões que no atual contexto da engenharia civil se relacionam à exigência de padrões mais elevados na qualidade das edificações. A TI tem contribuído com o setor da construção, desenvolvendo

<sup>9</sup> Um sexto da água doce consumida, um quarto da madeira nativa retirada e dois quintos da energia consumida na terra (MARCOS, 2009).

<sup>10</sup> Tecnologia de Informação (TI) é um recurso tecnológico e computacional para gerar e utilizar a informação. Abrange eletrônica, automação, *hardware*, *software* e telecomunicações.

em ritmo acelerado *softwares*<sup>11</sup> cada vez mais inteligentes e *hardwares*<sup>12</sup> cada vez mais poderosos e portáteis. Dentre os desafios que se pretende enfrentar, destacam-se: simulações<sup>13</sup> do projeto e dos processos de produção, especificações técnicas e orçamentos vinculados à geometria, redução de desperdícios e custos de manutenção.

Ferreira, Petreche e Leite (2011) afirmam que, em um processo de simulação, o usuário tem de lidar com uma quantidade muito grande de dados<sup>14</sup>, e o fornecimento de dados para o processador da simulação é um trabalho cansativo e difícil. Por causa dessas dificuldades, uma boa interface é essencial para garantir que os dados estejam corretos e não ocorram erros na simulação.

Caron (2007) enumera algumas características da indústria da construção que justificam e tornam indispensável a utilização de TI. São elas: (1) o grande número de *stakeholders*<sup>15</sup> em um empreendimento; (2) baixa produtividade; (3) deficiências de comunicação<sup>16</sup>; (4) deficiências nos mecanismos de gerenciamento da informação<sup>17</sup> e gestão de projetos; (4) altos custos operacionais; (5) e alto índice de desperdícios e retrabalho.

Segundo Mehta (1999), a unificação do conhecimento<sup>18</sup> pela interligação de fatos e ideias entre as disciplinas possibilita a criação de um campo comum de ação. Wilson (1998), citado por Mehta (1999), ilustra este ponto nos quatro quadrantes da Figura 2, onde uma série de círculos concêntricos ao redor do ponto de interseção representa os problemas da vida real, e onde mais pesquisas são necessárias. Identificam-se as necessidades socioeconômicas de desenvolvimento de infraestrutura da sociedade e escolhem-se as soluções tecnológicas com base nas ciências da vida e nos assuntos relativos aos valores humanos em busca de justiça social global e do desenvolvimento de uma política ambiental sadia.

Wilson (1998), citado por Mehta (1999), afirma que os governos têm tido dificuldades em definir políticas para a utilização dos recursos naturais. E acrescenta que a sabedoria está em todos – políticos, cientistas e homens de negócios – seguirem a abordagem holística

---

<sup>11</sup> *Softwares* são programas que controlam o funcionamento e as funções do *hardware* (CARON, 2007).

<sup>12</sup> *Hardwares* são as partes físicas de um computador.

<sup>13</sup> Simulação (computacional) é a representação imitativa do funcionamento de um sistema ou processo por meio do funcionamento de outro. Uma grande utilidade para este recurso é a análise dos processos de energia e desempenho térmico de um edifício (FERREIRA; PETRECHE; LEITE, 2011).

<sup>14</sup> Os dados são uma série de palavras e números armazenados em papel ou arquivo eletrônico.

<sup>15</sup> *Stakeholder*: pessoa, grupo ou organização envolvido em um empreendimento: proprietário, Governo, acionista, operador, arquiteto, engenheiro, fornecedor, construtor (EASTMAN *et al.*, 2008)

<sup>16</sup> Comunicação é a troca de informações entre um agente chamado transmissor e um agente chamado receptor, que se utilizam de um meio para realizar a troca. Este meio é um instrumento sonoro, escrito, visual, etc.

<sup>17</sup> Informação é um conjunto de dados aos quais se dá um significado.

<sup>18</sup> Conhecimento é a experiência de criar, armazenar, colecionar e compartilhar a informação.



ilustrada pela Figura 8. De acordo com Motta, Andery e Aguilar (2009), as questões ambientais na construção civil devem estar presentes nas fases de concepção, projeto e produção do edifício, mudando significativamente a estrutura organizacional do empreendimento como um todo.

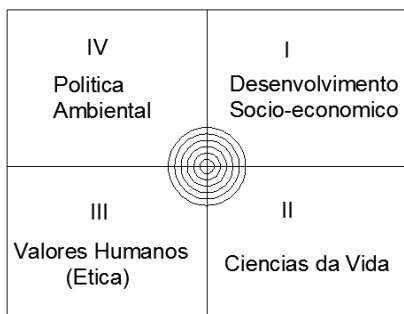


Figura 8 – Interligação de fatos e ideias (Fonte: Adaptado de MEHTA, 1999)

De acordo com estimativas do United Nations Centre for Human Settlements (2001), citado por Mehta (2002), a população mundial no ano de 2050 deverá estar em torno de dez bilhões de pessoas, e cerca de  $\frac{3}{4}$  desta população estará vivendo em áreas urbanas. Portanto, a urbanização está ligada diretamente ao crescimento da população. A Figura 9 mostra, segundo Mehta (2002), que o consumo de concreto deve crescer para 16 bilhões de toneladas por ano em 2050. Mehta e Monteiro (2008) afirmam que na abordagem holística do desenvolvimento industrial aumenta-se a durabilidade das estruturas e reduz-se o retrabalho, desperdícios e o consumo de cimento<sup>19</sup> na construção. Mehta (2002) apresenta, na Figura 9, a possibilidade de que no ano de 2100, mesmo que a população mundial ultrapasse 20 bilhões de habitantes, o consumo de concreto volte aos mesmos níveis de consumo do ano 2000, caso se adotem tecnologias para um desenvolvimento sustentável.

A Modelagem da Informação da Construção – *Building Information Modeling* (BIM) é uma opção tecnológica que se apresenta neste contexto. O BIM habilita a concepção, análises e construção de empreendimentos e processos sustentáveis anteriormente inviáveis pela sua complexidade, como conforto térmico, acústico e luminotécnico, além de libertar os projetistas de tarefas repetitivas e secundárias, como controle de estoque de materiais (AUTODESK, 2011). Segundo Autodesk (2010), os *softwares* Revit Architecture e Ecotect

<sup>19</sup> Cimento Portland: produto cuja fabricação requer uso intensivo de energia (4GJ / t de cimento), sendo também e responsável por grandes emissões de CO<sub>2</sub>, cujo índice é aproximadamente de uma tonelada de CO<sub>2</sub> para cada tonelada de clínquer (MEHTA, 2002).

ajudam a diminuir tempo e custo de análise e modelamento de desempenho e otimização de energia, água e emissão de carbono. Pode-se determinar a melhor localização, formato e orientação de um edifício com base na orientação da luz do sol e nas sombras produzidas pelos edifícios vizinhos.

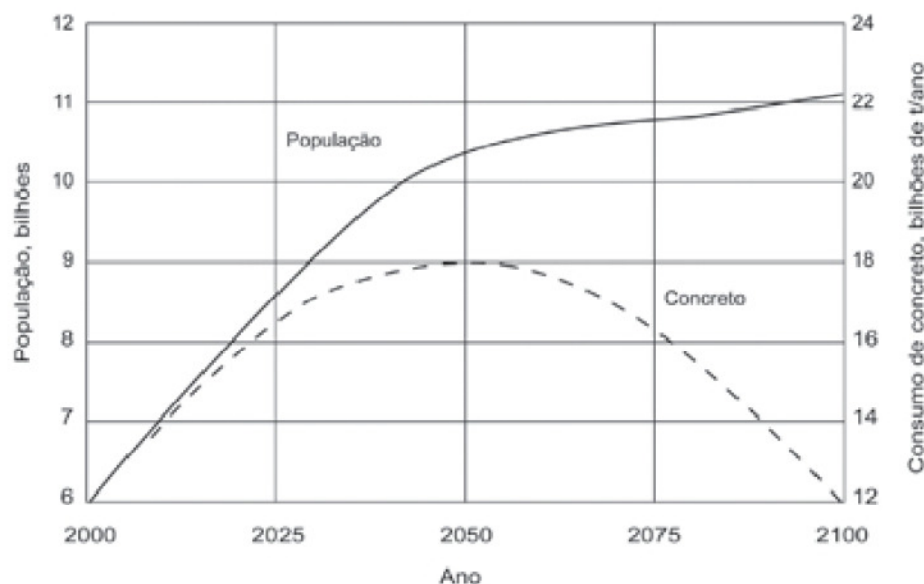


Figura 9 – Crescimento populacional e consumo de cimento (Fonte: Adaptado de MEHTA, 2002)

Uma das ferramentas de *marketing* usadas pelas empresas imobiliárias é a maquete do empreendimento, cujo objetivo é mostrar características do produto ao cliente. O BIM e a Realidade Virtual<sup>20</sup> tornam possível a criação de Maquetes Virtuais Interativas<sup>21</sup>.

Mehta (1999) afirma que na superposição das necessidades socioeconômicas com valores humanos e conhecimento científico é possível aplicar tecnologia para um desenvolvimento sustentável, representada na Figura 10 como TDS. Entretanto, estes fatores permanecem separados e independentes, com seus próprios cientistas, linguagem, modos de análise e padrões de validação. O resultado é confusão, conclui Mehta, dizendo que esforços no sentido de integrar as necessidades socioeconômicas ao conhecimento científico já têm

<sup>20</sup> Uma forma de interação, visualização e manipulação com computadores. Conforme Santos e Derani (2003), a Realidade Virtual pode ser criada em uma *CAVE* (*Cave Automatic Virtual Environment*), um ambiente cúbico contendo ferramentas avançadas de visualização que combinam projeção estereoscópica de alta resolução e computação gráfica tridimensional para criar a ilusão de imersão completa em um ambiente virtual.

<sup>21</sup> Ambiente interativo desenvolvido em Realidade Virtual a partir do modelo BIM do empreendimento e exposto ao cliente por meio de projeção estereoscópica (MENDES; SANTOS, 2011).

side feitos há algum tempo, mas a interseção com os valores humanos necessita de mais atenção, pois a ciência e a tecnologia sem o equilíbrio dos valores éticos levam a consequências desastrosas. Mehta adverte:

Não devemos esperar que os desastres ambientais nos ensinam como desenvolver com sustentabilidade. Temos a capacidade de visualizar o futuro e redirecionar nossa maneira de viver no planeta sem comprometer a sobrevivência das futuras gerações. Desenvolvimento sustentável será o ponto chave para as futuras gerações.



Figura 10 – TDS: Tecnologia para um Desenvolvimento Sustentável (Fonte: Adaptado de MEHTA, 1999)

Conforme Koskela (2000) apresenta na Figura 11, aplicações de TI não contribuem diretamente para benefícios na construção civil, pois necessitam de mudanças no processo de informação. Koskela afirma que o gargalo está na dificuldade de entender a construção, e apresenta o caminho para a aplicação de TI por meio da compreensão do planejamento de projetos, processos e gestão. Afirma também que os benefícios de TI dependem das inter-relações de três elementos: Princípios de Gestão de Operações (e.g. teoria TFV, KOSKELA, 2000), compreensão de peculiaridades da construção e Tecnologia de Informação. Marcos (2009) destaca a utilização de TI como forma de otimizar processos e reduzir desperdícios. Nesta interface, o BIM tem ganhado destaque (FERREIRA; PETRECHE; LEITE, 2011).

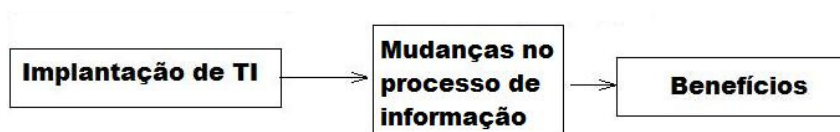


Figura 11 – TI na construção (Fonte: Adaptado de KOSKELA, 2000)

Conforme Eastman (2008), BIM é uma tecnologia de geração e gerenciamento de informações relacionadas a todo o ciclo de vida da construção, em um banco de dados compartilhado por todos os interessados. Tipicamente compreende modelos tridimensionais que contêm, além da geometria, informações geográficas, quantitativos e propriedades dos componentes. BIM, segundo a norma ABNT/CEE-134, se traduz como Modelagem da Informação da Construção.

Conforme Valente *et al.* (2011), uma consequência negativa da Tecnologia de Informação (TI) é a “sobrecarga de informação”, e se empresas, pesquisadores e estudantes não dispuserem de mecanismos de filtragem de informações, terão seu desempenho prejudicado pelo volume de informações inúteis, o que Terciotti e Macarengo (2010), citados por Valente *et al.* (2011), descrevem como “síndrome da fadiga de informações”, um tipo de desequilíbrio mental motivado pela *overdose* de dados e informações. Segundo Valente *et al.* (2011), duas revistas internacionais se destacam na inovação tecnológica para o setor da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC): *Journal of Information Technology in Construction (Itcon)* e *AECbytes Architecture, Engineering and Construction Newsletter (AECbytes)*. Estas revistas foram usadas como fonte de pesquisa.

Conforme Silva e Amorim (2011), por volta do ano de 2005 o Brasil completava um período de vinte anos de estagnação em seu crescimento. O Governo Federal estabeleceu um plano para desenvolver o setor de construção. Uma das ações foi a intensificação do uso de TI. A adoção de um Sistema de Classificação<sup>22</sup> de componentes da construção contribuiu para modernizar o planejamento, o projeto, a construção, a operação, a manutenção, a comunicação e a integração entre os sistemas de um empreendimento.

Os avanços na ciência da computação exercem crescente influência nas pesquisas e nos currículos escolares na construção. Entretanto, críticos desaprovam os temas, métodos e resultados das pesquisas, conforme Paulson (1993), Alshawi & Skitmore (1992), Fenves (1996), Harris (1992) e Andersen & Gaarslev (1996), citados por Koskela (2000). Schramm e Formoso (2011) afirmam que a simulação computacional como ferramenta de apoio BIM é

---

<sup>22</sup> Sistema de Classificação: representação ordenada dos elementos de um universo. Os sistemas adotados no mundo são: Omniclass, Masterformat, Unifomat, Eurocodes, Sicae e Jccs; no cenário nacional, existem os seguintes sistemas: Sismicat, Sianapi e Seap, estudados desde o ano 2000 pela academia e ABNT (SILVA; AMORIM, 2011).

pouco difundida. Conforme Koskela (2000, p. 246), investigações sobre o uso de TI na construção revelam que, especialmente no canteiro de obras, não tem trazido benefícios expressivos, tendo até mesmo exercido impactos negativos.

A Figura 12 apresenta o conceito geral do uso de TI na construção. A lógica dessa abordagem é que TI automaticamente melhora os benefícios, mas, como se observou por Davenport (1994), citado por Koskela (2000), esta visão é restritiva devido ao excessivo foco em TI, e não no contexto de sua aplicação.



Figura 12 – Conceito geral do uso de TI na construção (Fonte: Adaptado de KOSKELA, 2000)

Koskela (2000) afirma que a simples introdução de TI na construção não traz benefícios qualitativos, e propõe uma estrutura cuja compreensão é muito importante para o sucesso da implementação de TI. No relacionamento entre os três campos, ilustrados na Figura 13, estão transparência<sup>23</sup> e variabilidade<sup>24</sup>. Neste contexto, Fabricio (2002) confirma a importância do desenvolvimento simultâneo da concepção, do projeto, do produto e do processo de produção, o que possibilita economia de tempo, eliminação de etapas e simplificação de produtos.

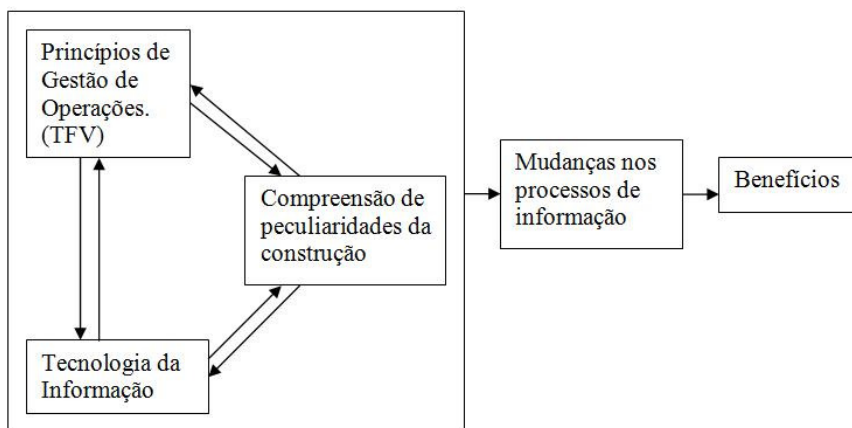


Figura 13 – Benefícios de TI na construção (Fonte: Adaptado de KOSKELA, 2000)

<sup>23</sup> Transparência: divulgação das ações. A computação é útil, mas aplicada isoladamente não apresenta benefícios. A gestão tradicional da construção não valoriza a transparência nem se beneficia dela.

<sup>24</sup> Variabilidade: A excessiva variabilidade é um problema crônico na construção civil e deve ser reduzida. Podem-se utilizar bancos de dados para se gerarem listas de materiais, ou projetar utilizando figuras 3D que possibilitam detectar interferências entre componentes de diferentes disciplinas.

A coordenação de projetos é muitas vezes confundida com verificações, supervisões ou apenas a compatibilização das especialidades de projetos. Estas simplificações dificultam a desconstrução do modelo tradicional e sequencial da engenharia civil e limitam a Tecnologia de Informação a uma ferramenta de otimização do modelo existente (ARANTES *et al.*, 2011).

Verifica-se o consenso, nas empresas, de que o projeto tem uma composição multidisciplinar e necessita da participação, colaboração e integração de diversos agentes, o que atribui ao projeto um caráter de processo. Portanto, entende-se a gestão do processo de projeto como um conjunto de atividades coordenadas de um sistema aliadas a um eficiente sistema de gerenciamento de dados e informações. Nesse contexto, a adoção de sistemas colaborativos é uma ferramenta de auxílio na gestão do processo de projeto (ARANTES *et al.*, 2011).

O uso de ambientes de Modelagem Paramétrica Visual<sup>25</sup>, conforme ilustrado na Figura 14, com o *software* Rhinoceros, e na Figura 15 com o *software* Grasshopper, introduz conceitos computacionais para quem não possui conhecimento de programação, facilitando o aprendizado de métodos mais abstratos de computação e arquitetura (CELANI; VAZ, 2011).

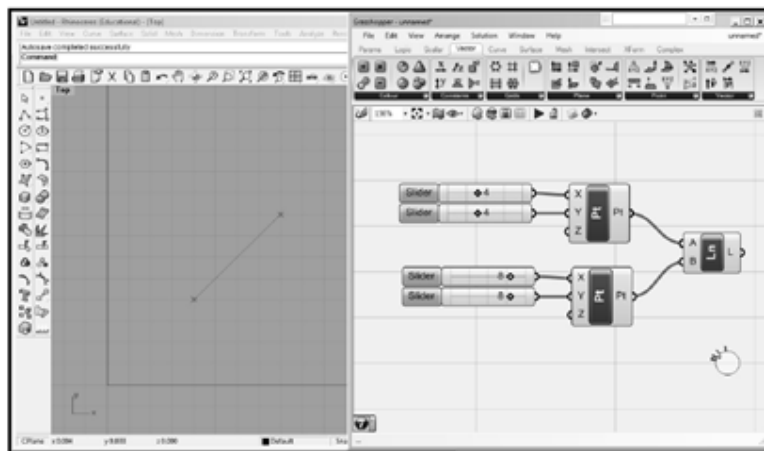


Figura 14 – Modelagem paramétrica visual (Fonte: CELANI; VAZ, 2011)

<sup>25</sup> Ambiente em que não é necessário digitar nem uma linha sequer de código de programação. Em vez de apresentar uma interface onde se escrevem linhas de códigos de programação, programas com estas características apresentam uma área de trabalho onde são introduzidos elementos que compõem o sistema que realizará a tarefa desejada (CELANI; VAZ, 2011).

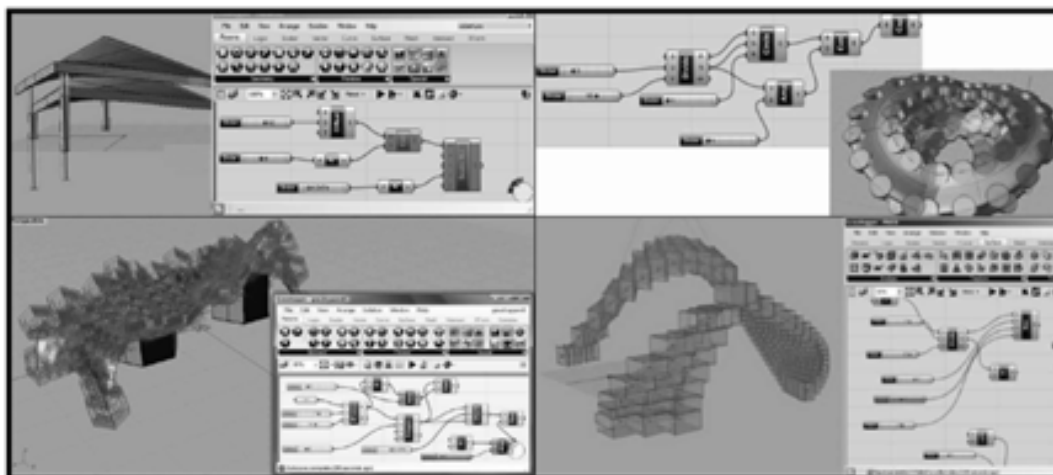


Figura 15 – Ambiente de trabalho do *software* Grasshopper (Fonte: CELANI; VAZ, 2011)

## 2.2 A filosofia *Lean* e a tecnologia BIM

Desde os anos 90, a filosofia *Lean* tem sido um importante tema de estudo na construção civil, e a discussão começou com Koskela (1992). Inicialmente, aplicou-se aos aspectos construtivos, mas posteriormente o projeto passou a merecer mais atenção, e finalmente a integração projeto-construção recebeu o foco. Tanto o projeto (*Lean Design*) quanto a construção (*Lean Construction*) adotam a teoria TFV, de Koskela (TFV = Transformação, Fluxo e Valor).

As técnicas *Lean* pressupõem uma coordenação bem ajustada entre o construtor responsável pela obra e as empresas contratadas para desenvolver partes do empreendimento. Isto é necessário para que o fluxo de trabalho seja compatível com os recursos disponíveis no canteiro de obra em cada período. A tecnologia BIM, em harmonia com o pressuposto da teoria TFV<sup>26</sup>, (ilustrada na Figura 16), pode contribuir para a redução de desperdícios, estoque de materiais no canteiro de obras e geração de RCD<sup>27</sup>. O modelo BIM apresenta os quantitativos dos recursos (mão de obra, equipamentos e materiais) necessários para cada fase da obra, sendo um facilitador na implementação das técnicas *Lean*.

<sup>26</sup> TFV: Transformação, Fluxo e Valor (KOSKELA, 2000).

<sup>27</sup> RCD: resíduos de construção e demolição.



Figura 16 – Teoria TFV (Fonte: KOSKELA, 2000)

Existem diversidades de interpretação quanto ao conceito *Lean*, mas três pontos são unânimes: (1) eliminação de desperdícios; (2) formação de parcerias; e (3) estruturação do contexto. A literatura não distingue as definições *Lean* para projeto e construção, pois, apesar das diferentes implicações práticas, ambas convergem o foco em dois pontos: (1) aumentar o “Valor” para o usuário/cliente/*stakeholder*; e (2) reduzir/eliminar desperdícios. Embora melhorias práticas não sejam significativas na construção, os debates continuam devido ao sucesso na indústria manufatureira, especialmente a automobilística (KOSKELA, 2000).

Alguns aspectos que influenciam a aplicação *Lean* na construção foram identificados por Jørgensen (2007): (1) Valor: Explicitar as necessidades e preferências dos *Stakeholders*; (2) Envolvimento: Definir sistema de comunicação eficiente, detalhado e preciso; (3) Interdependência: Definir atividades antecedentes que influenciam as subsequentes; (4) Transparência: Decidir detalhes de projeto nos estágios preliminares reduz desperdícios e aumentam o valor; (5) Projeto colaborativo: Compartilhar informações e ações entre *stakeholders*; (6) Comprometimento de todos; e (7) Aprendizado contínuo.

A integração entre projeto e construção pode ser considerada como a fusão de diferentes disciplinas e organizações, com diferentes objetivos e necessidades, para formar uma equipe colaborativa de projeto e construção; uma unidade coesa que mutuamente se apoia. Vista pela perspectiva *Lean*, de maximizar valor e minimizar desperdícios, quatro abordagens se destacam: (1) integração na cadeia de suprimentos e na manutenção das instalações e seus serviços; (2) integração de sistemas de TI para produtos e processos; (3)



integração de práticas de trabalho e processos colaborativos nas empresas projetistas e construtoras; e (4) construtibilidade (projetos ricos em detalhes práticos para facilitar a construção) (KOSKELA, 2000).

O comprometimento de todos os agentes envolvidos é essencial para se obterem resultados significativos, especialmente em empreendimentos complexos. A falta de compromisso entre as partes impede a aplicação das estratégias *Lean*. A integração entre projeto e construção, discutida na filosofia *Lean*, requer a formação de uma equipe colaborativa de projeto e construção (KOSKELA, 2000).

Segundo Eastman *et al.* (2008), dependendo do nível de modelamento adotado no projeto, é possível sincronizar o projeto com a compra de materiais e construção. À medida que os fornecedores de materiais, equipamentos e ferramentas para a construção civil vão disponibilizando modelos virtuais de seus produtos, esta capacidade da tecnologia BIM se torna mais real.

### 2.3 Métodos de contratação de serviços na AEC

A Figura 17 apresenta os diversos agentes envolvidos em um empreendimento de construção civil e suas interfaces. Embora a Internet<sup>28</sup> esteja sendo utilizada com sucesso em atividades de compartilhamento de desenhos e outros documentos, não é fácil gerenciar o grande número de pessoas envolvidas, independentemente do método contratual adotado. Há basicamente dois tipos de contrato: *Design-Bid-Build*<sup>29</sup> e *Design-Build*<sup>30</sup>, cujos diagramas esquemáticos se apresentam na Figura 18 e na Figura 19, respectivamente. O tipo que mais se adapta às características da tecnologia BIM é o *Design-Build*, pois uma única empresa sendo responsável pelo projeto e construção torna mais fácil a interação dos agentes.

---

<sup>28</sup> Internet é um conglomerado de redes que interconectam indivíduos, empresas, governos, instituições científicas e educacionais ao redor do mundo.

<sup>29</sup> DBB: O proprietário contrata diferentes agentes para executarem o projeto e a construção. Método tradicional, em que, após se ter executado o projeto, os construtores fazem propostas para construção.

<sup>30</sup> DB: O proprietário contrata um único agente que se responsabiliza pelo projeto e pela construção.

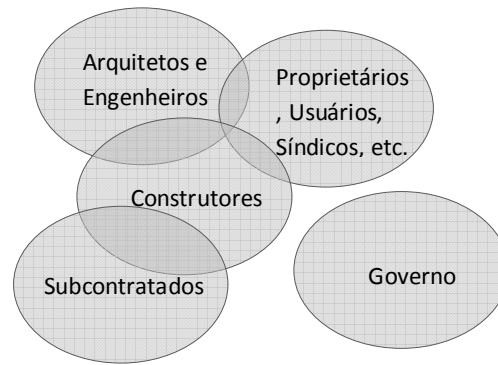


Figura 17 – Relações entre agentes na AEC (Fonte: Adaptado de EASTMAN *et al.*, 2008)

*Design-Build* é uma forma de contratação em que os agentes trabalham colaborativamente para reduzir problemas em obras e projetos mal elaborados. Este é um requisito para o sucesso da tecnologia BIM. Conforme a teoria *Lean*, trabalho colaborativo não é apenas compartilhar informações, mas também interagir<sup>31</sup> com outros agentes.

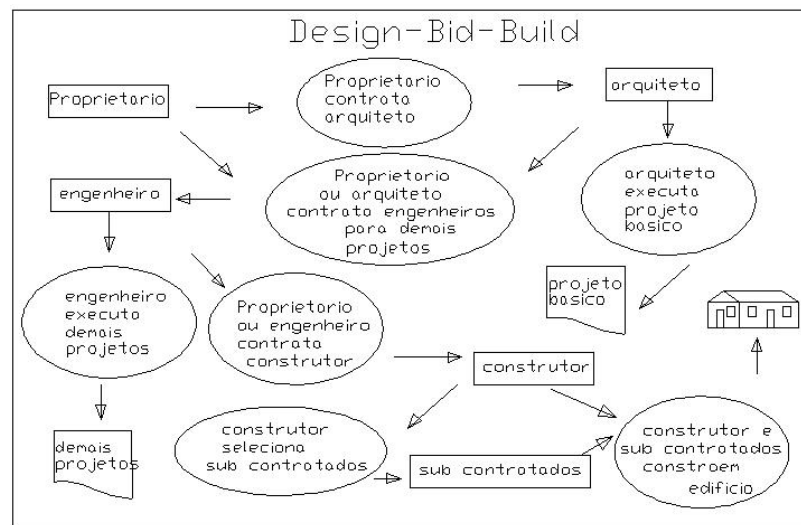


Figura 18 – Diagrama esquemático de DBB

<sup>31</sup> Trocar informações e conhecimentos; comunicação transparente e eficiente; identificar valor para o cliente; reduzir desperdícios de materiais, fluxos e processos.

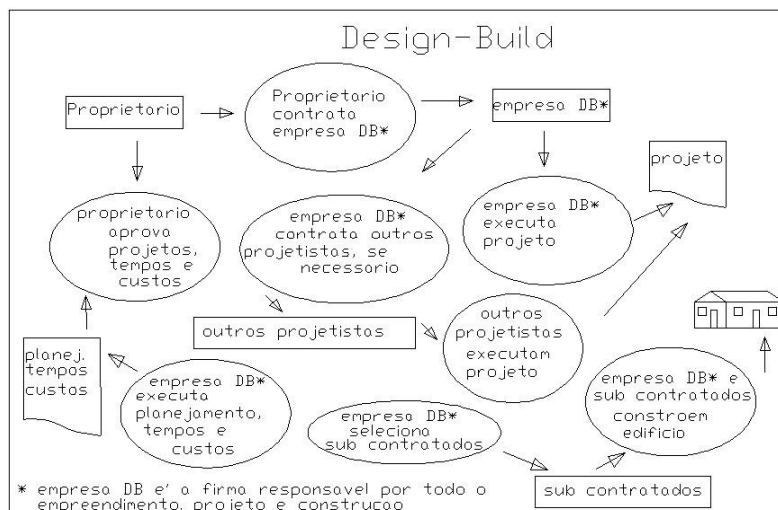


Figura 19 – Diagrama esquemático de DB

## 2.4 Conceituação do BIM

O artigo *Comparing Pommies and Naranjas*, escrito por Laiserin (2002), pode ter sido a primeira publicação da expressão *Building Information Modeling* (BIM) e o marco em que esta terminologia começou a ser utilizada popularmente. Nele se discute a importância de um consenso global para se definir uma tecnologia emergente destinada a substituir o *Computer-Aided Design* (CAD). Laiserin (2002) afirma que é difícil comparar maçãs e laranjas, porém mais difícil ainda é comparar objetos com nomes diferentes em linguagens diferentes.

Em Eastman (1975), citado por Eastman *et al.* (2008), definiu-se o conceito do BIM como sendo: projetar interativamente, definindo elementos e gerando, a partir deles, planos, cortes e isométricas, que são ajustados automaticamente ao se fazerem mudanças nos elementos. É um banco de dados<sup>32</sup> integrado com análise visual e quantitativa. Em CIC (2010), define-se BIM como uma representação digital das características físicas e funcionais de uma edificação. Segundo Smith e Tardif (2009), BIM pressupõe um ambiente colaborativo entre agentes envolvidos em um empreendimento, e o maior benefício é a qualidade.

Charles Eastman, professor na School of Architecture, no Georgia Institute of Technology, declara na sinopse da disciplina por ele lecionada<sup>33</sup> que o BIM reduz erros de

<sup>32</sup> Sistema composto de dados consistentes e sem redundância e procedimentos de controle e segurança para garantir integridade, disponibilidade, confiabilidade e confidencialidade das informações.

<sup>33</sup> Georgia Tech – College of Architecture, Course: COA 8901 Building Information Modeling: Case Studies. Disponível em <<http://www.arch.gatech.edu/courses/8000>>. Acesso em 8 nov. 2010.

projeto, de construção, custos e tempo de execução. Afirma que os impactos potenciais do BIM são explorados por arquitetos e construtores ligados ao American Institute of Architects (AIA) e à Associated General Contractors of America (AGC).

Segundo Eastman *et al.* (2008), o BIM tem suas raízes no CAD, mas não tem ainda um conceito universalmente aceito. Pode-se até mesmo dizer que consiste numa simulação inteligente de arquitetura com as seguintes características: 3D; quantidades e dimensões mensuráveis; análise de desempenho do edifício; sequência de construção e aspectos financeiros; e informações para manutenção do edifício durante todo seu ciclo de vida.

Os conceitos atuais abrangem modelagem 3D, geração automática de desenhos, componentes inteligentes parametrizados, banco de dados relacional, e implementação de tempo nos processos de construção e interoperabilidade, que requer protocolos<sup>34</sup> de comunicação entre *softwares*. BIM é uma tecnologia de modelamento associada a um conjunto de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de edificações. Os modelos são compostos por objetos associados a uma representação gráfica, atributos de dados e regras paramétricas. Os atributos descrevem como os objetos se comportam. O BIM apresenta informações sincronizadas, atualizadas e acessíveis em um ambiente digital integrado, reduzindo ineficiências no processo de projeto, na construção e gestão do edifício em todo seu ciclo de vida. A Figura 20 ilustra o ciclo de vida de um empreendimento dentro do contexto do BIM.

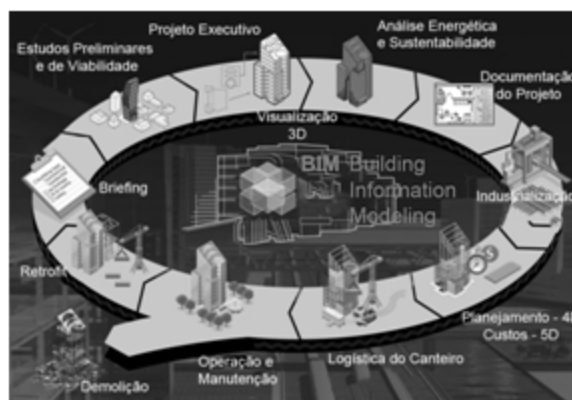


Figura 20 – Ciclo de Vida de empreendimento BIM (Fonte: [www.coordenar.com.br](http://www.coordenar.com.br))

<sup>34</sup> Protocolo é um conjunto de regras padronizado que especifica o formato, a sincronização, o sequenciamento e a verificação de erros em comunicação de dados. Uma descrição formal de formatos de mensagem e das regras a que dois computadores devem obedecer ao trocar mensagem. O protocolo básico utilizado como linguagem universal na Internet é o TCP/IP, que significa Transmission Control Protocol/Internet Protocol, que torna possível a comunicação entre computadores de redes de sistemas diferentes. HTTP é também um protocolo de comunicação através da Internet. HTML é uma linguagem de programação que é interpretada pelo navegador da Web e utilizada para troca de dados e visualização de palavras, imagens e números (GIRONSOFT, 2011).

Conforme AECbytes (2007) muitos projetistas utilizam o BIM apenas para produzir desenhos, mas isto é uma fase natural de transição. Apesar da utilização ainda incipiente da tecnologia, o BIM não é apenas uma ferramenta poderosa de representação, mas uma forma de se criarem protótipos<sup>35</sup> de edifícios.

O BIM é um sistema<sup>36</sup> para projetar, construir, gerenciar, manter, operar, utilizar, reutilizar e demolir edifícios. É uma compilação de dados eletrônicos confiáveis que permite a abordagem sistêmica<sup>37</sup> de um edifício em qualquer estágio de seu ciclo de vida (SMITH; TARDIF, 2009).

O modelo BIM pode ser chamado de “construção virtual”. Ainda não existe nenhum *software* que atenda a todos os critérios da tecnologia, mas a computação está se desenvolvendo e características do BIM estão sendo incorporadas aos *softwares*. O BIM é uma tecnologia promissora, na qual um modelo virtual de um edifício é construído digitalmente contendo dados necessários para a construção, atividades contratuais e gestão do ciclo de vida do edifício. Porém, para se obterem edifícios com mais qualidade, é necessário um trabalho de equipe (YESSIONS, 2004).

Conforme Eastman (2008), o BIM é uma tecnologia de criação e gerenciamento de informações relacionadas a todo o ciclo de vida da construção, em bancos de dados compartilhados entre os agentes envolvidos em um empreendimento. Tipicamente, compreende modelos tridimensionais que contêm, além da geometria, informações geográficas, quantitativas e propriedades dos componentes. O BIM apresenta informações sincronizadas, atualizadas e acessíveis em um ambiente digital integrado, reduzindo ineficiências no processo de projeto, na construção e gestão do edifício em todo seu ciclo de vida.

Yessions (2004) afirma que desde a década de 1970 já havia discussão sobre o BIM, embora a terminologia ainda não existisse. Seus conceitos vieram à tona recentemente devido aos avanços de memória, velocidades e processamento dos computadores. Afirma que o BIM não é um modismo. A ciência da computação simplesmente respondeu a uma demanda reprimida de um conceito comum entre os projetistas. Yessions fundamenta esta hipótese com

---

<sup>35</sup> Objeto a ser reproduzido.

<sup>36</sup> Sistema: conjunto de elementos que interagem entre si para desempenhar uma função como um todo.

<sup>37</sup> Abordagem sistêmica: cada profissional pensa sobre si mesmo, seus produtos e serviços como partes de um sistema.

o fato de que algumas empresas criaram e implantaram seus próprios sistemas BIM antes mesmo que os desenvolvedores de *software* lançassem seus produtos.

O Quadro 1 apresenta alguns *softwares* que suportam a tecnologia BIM e as empresas responsáveis por seu desenvolvimento. Smith e Tardif (2009) afirmam que melhores tecnologias não procuram substituir linhas vitais de comunicação e fluxo de trabalho. Pelo contrário, elas facilitam por meio da minimização ou eliminação de rotinas e atividades que não agregam valor e da maximização de atividades que agregam valor, conceitos estes bem definidos por Koskela (2000).

<i>SOFTWARE</i>	<i>EMPRESA</i>
• <u>Revit</u> ( <u>Architecture/MEP/Structure</u> )	Autodesk
• <u>Microstation</u>	<u>Bentley Systems Inc</u>
• <u>Archicad</u>	Graphisoft
• Digital Project	Gehry Technologies
• <u>Tekla Structures</u>	<u>Tekla Corp.</u>
• <u>Dprofiler</u>	Beck Technologies
• Active3D	<u>Archimen</u>
• <u>Allplan</u>	<u>Nemetscheck</u>
• Vectorworks	<u>Nemetscheck</u>

Quadro 1 – Alguns *softwares* BIM (Fonte: TECHNE, nov. 2010)

O ambiente colaborativo somente se mostra efetivo de forma ampla se todos os agentes participarem permanentemente do processo de projeto. A colaboração é um processo interdependente, e seu sucesso depende da interação constante e participação de todos os agentes envolvidos. Quanto à coordenação de projetos, é necessário haver desconstrução do modelo tradicional em prol da Engenharia Simultânea (SILVAJUNIOR, 2009).

No contexto do ambiente colaborativo, pressuposto pela tecnologia BIM, Arantes *et al.* (2008) descrevem o Sistema de Ambiente Colaborativo (SISAC): uma *extranet*<sup>38</sup> de projeto<sup>39</sup> para a gestão *online* de projetos de edificações que utiliza recursos tecnológicos que

<sup>38</sup> Extranet é uma rede que utiliza tecnologia e aplicativos da Internet para conectar computadores de um grupo fechado de instituições.

<sup>39</sup> Extranet de projeto é uma rede que utiliza tecnologia e aplicativos da Internet para conectar os diversos agentes envolvidos em um empreendimento (CARON, 2007).

permitem uma completa interação durante as fases do projeto, preenchendo as seguintes demandas: (a) possibilita aos participantes a criação, visualização ou modificação de documentos associados ao projeto; (b) permite aos participantes serem notificados automaticamente de alterações realizadas em documentos e comunicações, de acordo com seu grau de envolvimento no projeto; e c) compartilhamento de informações textuais e visuais (ARANTES *et al.*, 2008).

Dentre as razões para a criação de um modelo BIM para uma edificação existente citam-se: projetos de reforma ou ampliação; análise do comportamento da edificação ao longo de seu ciclo de vida; os dados para o modelo podem ser adquiridos por tecnologias que empregam o 3D Laser Scanning para gerar nuvens de pontos, ou por tecnologias baseadas em processamento digital de imagens fotográficas (GROETELAARS; AMORIM, 2011).

Segundo Eastman *et al.* (2008), é necessário um planejamento estratégico do processo de implementação do BIM, pois uma tecnologia que quebra paradigmas está relacionada com turbulência, inquietude e problemas no processo de transição. Todo processo de inovação traz riscos e incertezas que tendem a ser minorados com o tempo. À medida que novos processos se testam e consolidam, o ambiente de incerteza dar lugar a um cenário mais controlado e maduro (CHECCUCCI; AMORIM, 2011).

Segundo Smith e Tardif (2009), a consultoria de profissionais experientes da indústria da construção é valorizada pela tecnologia BIM. Um modelo único requer especialistas que definam critérios de acessibilidade e responsabilidades pelas informações. O valor de cada informação e o comprometimento de cada agente variam ao longo do ciclo de vida da edificação. O ciclo de informação da tecnologia BIM só se concretiza se esses fatos são levados em consideração (SMITH; TARDIF, 2009).

O termo BIM tem sido usado como ferramenta de propaganda com conceituação difusa, e empreendedores têm se decepcionado na tentativa de se implementar o BIM devido a esforços e expectativas baseados em conceitos inadequados. BIM é uma tecnologia, e os *softwares* são apenas ferramentas. Para amenizar a confusão, torna-se útil descrever algumas características de *softwares* que não podem ser considerados ferramentas BIM:

- Modelagem 3D sem atributos de objetos. São úteis para visualização tridimensional, mas não favorecem integração de dados e análises do modelo;
- Modelagem 3D não parametrizada. As alterações do modelo são muito complexas e sem proteção contra inconsistências.

Parâmetro é a definição de características de um determinado objeto. Em ciência da computação, parâmetro é uma característica de uma variável. Parametrização é a conexão, por meio de um banco de dados, das definições geométricas de um objeto com as informações relativas a dimensões, materiais, critérios de construtibilidade, processos construtivos ou qualquer outra variável deste objeto. A criação de objetos parametrizados é a principal característica que identifica um *software* que pode ser considerado uma ferramenta BIM (EASTMAN *et al.*, 2008).

Smith e Tardif (2009) apresentam algumas características de objetos paramétricos:

- Definições geométricas associadas a dados e regras;
- Geometria integrada sem redundância. Uma planta e elevação de um objeto 3D são sempre consistentes. Dimensões não podem ser adulteradas;
- As regras paramétricas dos objetos definem automaticamente a geometria dos objetos associados. Por exemplo, uma porta se ajusta automaticamente à parede, e um interruptor é colocado automaticamente no lado apropriado da porta;
- Objetos podem ser definidos em diferentes níveis hierárquicos. Por exemplo, se o peso de um componente de uma parede é alterado, o peso de toda a parede também é modificado;
- Os atributos dos objetos identificam quando determinada modificação irá afetar critérios de construtibilidade ou restrições de dimensões;
- Objetos podem transferir ou receber atributos de outros modelos ou aplicações.

Segundo Eastman *et al.* (2008), representações digitais inteligentes dos componentes de um edifício que possuem atributos e regras paramétricas úteis para análises e simulações e quando mudanças nas características do componente se refletem automaticamente em todas as suas ocorrências no modelo definem uma ferramenta BIM.

Smith e Tardif (2009) explicam que operabilidade é a capacidade de uma ferramenta executar bem uma tarefa. Uma chave de fenda é ferramenta operável. Interoperabilidade é a capacidade de as ferramentas trabalharem juntas como partes de um sistema. Uma chave de fenda pode ser ferramenta interoperável. Ferramenta interoperável pode ser simples, e sua



sofisticação está no fato de ser capaz de funcionar numa sequência de tarefas. Na indústria manufatureira, milhares de ferramentas projetadas para executar tarefas simples, como cortar, moer e polir, se tornam interoperáveis quando trabalham como parte de um sistema integrado em uma sequência pré-definida.

Por trás de quase toda alta tecnologia está uma sequência sofisticada de ferramentas de tecnologia simples. Todo *software* é desenvolvido em cima de códigos binários e recebe como entrada de dados a saída de dados da operação anterior. Um canivete é um excelente exemplo de uma ferramenta operável que pode ser interoperável. Entretanto, um canivete suíço (Figura 21), que é projetado para executar múltiplas tarefas, não é uma ferramenta interoperável; é apenas um conjunto de ferramentas individuais, pois quanto mais ferramentas possui, mais difícil se torna a utilização das ferramentas individuais (SMITH; TARDIF, 2009).



Figura 21 – Síndrome do canivete suíço (Fonte: Smith e Tardif, 2009)

Conforme Smith e Tardif (2009), *softwares* que não recebem e transmitem facilmente informação de outro *software* são operáveis, mas não completamente interoperáveis. A TI em outras indústrias tem se desenvolvido em direção a uma maior interoperabilidade, mas na construção tem se desenvolvido como um canivete suíço. Os *softwares* se tornam mais complexos, mais lentos, difíceis de operar e menos úteis ao seu propósito original (SMITH; TARDIF, 2009).

Conforme ilustrado na Figura 22, os três componentes da interoperabilidade são: (1) *Information Delivery Manuals* – IDM, que fornece em linguagem clara, a descrição dos processos, as informações necessárias para se executar cada processo, uma descrição das informações adicionais que cada pessoa executando o processo precisa fornecer e os resultados esperados de cada processo. Os usuários definem os IDMs, que as companhias de software utilizam para saber que tipo de informações seus aplicativos devem fornecer. (2) *Industry Foundation Classes* – IFC, um protocolo aberto de troca de informações entre *softwares* desenvolvido por *buildingSMART international* tendo como referência os IDMs

fornecidos pelos usuários. (3) *Building Information Modeling Software* – BIM, incorpora padrões de dados para apoiar a troca confiável de informações. O conjunto de dados é definido e documentado, e os usuários sabem exatamente quais informações são trocadas pelo software (SMITH; TARDIF, 2009).

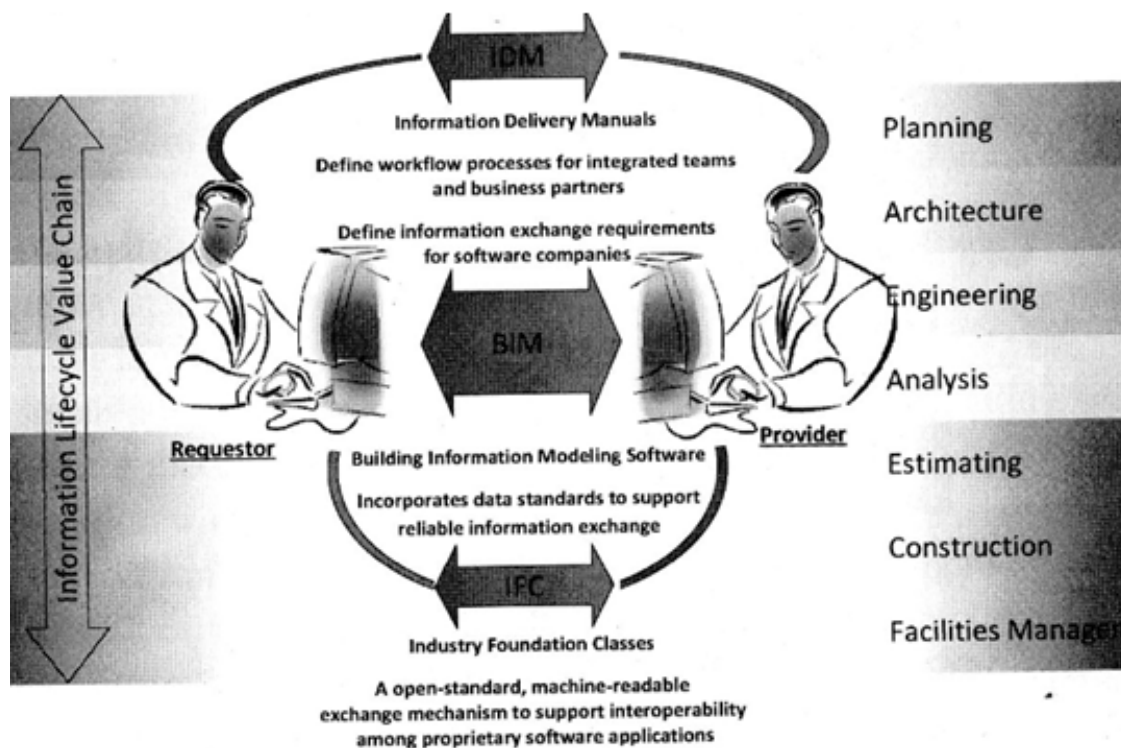


Figura 22 – Os três componentes da interoperabilidade (Fonte: Smith e Tardif, 2009)

Pode-se alcançar a interoperabilidade de várias maneiras. As empresas desenvolvedoras de *softwares* podem incorporar em seus aplicativos formatos de padrão aberto de dados, como o IFC<sup>40</sup>, cujas especificações com formato de arquivo orientado a objetos estão registradas pela ISO<sup>41</sup> como ISO/PAS 16739. Segundo Khemlani (2005), para a maioria dos profissionais a palavra interoperabilidade se tornou sinônimo de IFC, protocolo que ainda não é capaz de atender às necessidades de troca de informações entre todas as disciplinas. Ele atende bem à troca de informações entre *softwares* de arquitetura, mas ainda carece de mecanismos suficientes para atender a engenharia estrutural (KHEMLANI, 2005).

<sup>40</sup> IFC: Industry Foundation Classes, desenvolvido por SMART International / IAI International Alliance for Interoperability, que permite que um conjunto de informações de um edifício seja trocado entre *softwares* de formato de dados diferentes. Disponível em <<http://www.buildingsmart.com/>>. Acesso em 27 out. 2010.

<sup>41</sup> International Standards Organization.

Um padrão criado especificamente para *softwares* de estruturas metálicas é o CIS/2<sup>42</sup>, padrão desconhecido pela comunidade de Arquitetura, mas um subconjunto do protocolo IFC, maior e mais abrangente, que pretende cobrir todo o espectro de tarefas relacionadas ao projeto, construção e operação de edifícios. Apesar de ser menos abrangente e focado em construção de estruturas metálicas, o CIS/2 é baseado em objetos, assim como o IFC. Sendo menor e focalizado, é mais fácil de ser implementado do que o IFC e pode dar contribuições valiosas para os esforços mais amplos do IFC. Em 1998, a organização AISC<sup>43</sup> endossou o CIS/2 como o formato preferido para troca de informações entre os *softwares* de estruturas metálicas. Como resultado, muitos aplicativos para projeto, engenharia e fabricação de estruturas metálicas incluíram a capacidade de importar e exportar arquivos padrão CIS/2 (KHEMLANI, 2005).

Khemlani (2005) afirma que tanto o formato IFC quanto o CIS/2 têm origem no padrão STEP<sup>44</sup>, desenvolvido pela ISO com o objetivo de ser um mecanismo capaz de definir padrões para representação e troca de informações relativas a todo o ciclo de vida de um produto qualquer, independentemente de qualquer sistema. Ainda, segundo Khemlani (2005), tanto o IFC quanto o CIS/2 usam recursos básicos do STEP, como entidades de geometria, custo, propriedades de materiais, entre outras, e também utilizam a linguagem *EXPRESS* para definição e desenvolvimento do modelo, que é a mesma linguagem do STEP.

Para se alcançar maior compatibilidade entre o IFC e o CIS/2, a buildingSMART International e a AISC<sup>45</sup> se uniram em um projeto de harmonizar os dois produtos. Até que os dois padrões estejam perfeitamente integrados em um único modelo, esforços estão sendo feitos no sentido de se obter tradução e mapeamento entre o IFC e o CIS/2. A história do CIS/2 mostra que quando um segmento da indústria se une para expressar claramente suas necessidades de interoperabilidade, rapidamente a interoperabilidade se torna uma realidade (SMITH; TARDIF, 2009).

A interoperabilidade também pode ser conseguida por meio da linguagem XML<sup>46</sup>, um padrão aberto da W3C<sup>47</sup>. Um esforço da indústria para organizar melhor as informações é o

---

<sup>42</sup> CIS/2: desenvolvido por Eureka CIMSteel Project (Computer Integrated Manufacturing for Construction Steelwork), uma coalisão da indústria do aço europeia.

<sup>43</sup> AISC: American Institute of Steel Construction.

<sup>44</sup> Standard for the Exchange of Product Model Data.

<sup>45</sup> American Institute of Steel Construction.

<sup>46</sup> Extensible Markup Language.

<sup>47</sup> World Wide Web Consortium – comunicação por meio da Internet – *World Wide Web* é uma rede de documentos eletrônicos armazenados em computadores ao redor do mundo que são acessados por meio de um protocolo conhecido como HTTP (CARON, 2007).

protocolo aberto agcXML, uma iniciativa da buildingSMART patrocinada pela AGC<sup>48</sup> e executada por NIBS<sup>49</sup>. O agcXML é um protocolo que qualquer provedor de *software* poderá incorporar sem precisar disponibilizar o código-fonte de seu aplicativo, fechando uma lacuna significativa na degradação atual das informações eletrônicas (SMITH; TARDIF, 2009).

Fuhrman (2006), citado por Smith e Tardif (2009), afirma que um estudo realizado por OAGi<sup>50</sup>, requisitado por OSCRE<sup>51</sup>, mostrou que o custo de se desenvolverem mecanismos bilaterais de troca de informações para permitir interoperabilidade perfeita entre vinte *softwares* diferentes é vinte vezes mais alto que o custo de se desenvolver um único mecanismo de troca de informações que atenda aos vinte aplicativos. À medida que o número de aplicativos aumenta nesta relação, o custo de desenvolvimento de mecanismos bilaterais de troca de informações aumenta exponencialmente, enquanto o custo de desenvolvimento do mecanismo comum de troca de informações aumenta aritmeticamente. Não se deve permitir que metas aparentemente elegantes do BIM tenham prioridade sobre as metas reais da construção.

A principal razão para se utilizar uma nova tecnologia é a colaboração, cooperação, maior produtividade e eficiência em todo o ciclo de vida de um edifício. BIM é um meio para se atingirem estes objetivos, e não um fim em si mesmo. Os rumos das pesquisas e desenvolvimentos dos *softwares* devem ser determinados por fatores como sustentabilidade, construção enxuta, conservação de energia, custo no ciclo de vida, desenvolvimento integrado de um empreendimento, projeto interativo, projeto virtual, construção virtual, planejamento, manutenção preventiva e outros (SMITH; TARDIF, 2009).

Eastman *et al.*(2008) afirmam que a tecnologia BIM requer ambiente colaborativo de trabalho e mecanismos de importação e exportação de dados para criar e editar um projeto, fazer integração entre diferentes aplicativos e otimizar o fluxo de trabalho. Há duas abordagens básicas possíveis: (1) todos os agentes utilizam *softwares* apenas de um fabricante; e (2) os agentes utilizam *softwares* de vários fabricantes.

A primeira abordagem tem a vantagem de proporcionar mais interoperabilidade, porém tem a desvantagem de uma reduzida flexibilidade nas escolhas das ferramentas de trabalho. A segunda abordagem proporciona mais flexibilidade nas escolhas das ferramentas

---

<sup>48</sup> Associated General Contractors of America.

<sup>49</sup> National Institute of Building Sciences.

<sup>50</sup> OAGi: Open Application Group.

<sup>51</sup> OSCRE: Open Standards Consortium for Real Estate.

de trabalho, porém, devido às restrições atuais nos protocolos de comunicação, apresenta uma redução da interoperabilidade (EASTMAN *et al.*, 2008).

A Figura 23 mostra alguns protocolos de comunicação e os principais *softwares* que os utilizam na criação modelos e nas simulações de consumo energético, conforto térmico, acústico e incêndio. Muller (2011) desenvolveu experimentos de exportação e importação de modelos BIM estruturais de concreto armado por meio do formato IFC, concluindo que a interoperabilidade entre os sistemas ainda precisa ser desenvolvida. Apesar de os sistemas exportarem arquivos IFC com uma eficiência relativa, eles apresentam grande dificuldade de leitura desses arquivos. O resultado da pesquisa apontou também que a característica monolítica do concreto armado em que não existe uma divisão clara de onde termina um elemento estrutural e começa o outro é um fator que requer estudos adicionais para uma interoperabilidade eficiente (MULLER, 2011).

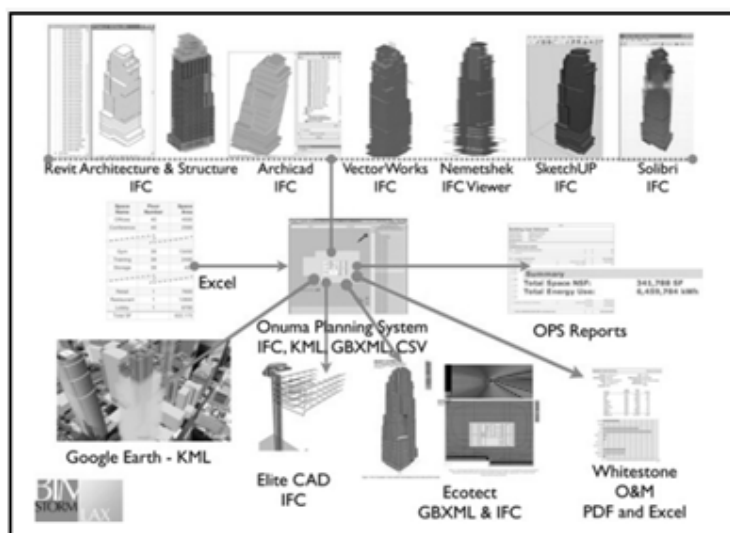


Figura 23 – *Softwares* e protocolos de comunicação (Fonte: enginium.net. Acesso em 26 dez. 2011)

## 2.5 Benefícios do BIM

Quando devidamente implementado, o BIM pode trazer benefícios, tais como, qualidade de projeto, maior previsibilidade das condições do canteiro de obras, cronogramas de execução mais bem planejados e mais oportunidades de inovação. Ao final da construção,

dispõe-se de um banco de dados rico em informações úteis para manutenção preventiva e corretiva e planejamento de reformas durante o ciclo de vida da edificação (CIC, 2010).

Embora a Realidade Aumentada<sup>52</sup> esteja bem desenvolvida na engenharia mecânica, sua aplicação na construção civil ainda é embrionária. A Realidade Aumentada e os Modelos BIM podem ser utilizados para a visualização da implantação de um edifício, bem como para a programação de uma obra. Através de óculos especiais, imagens do mundo real são superpostas a imagens do modelo BIM (CUPERSCHMID, 2011).

Novas Tecnologias de Informação são também empregadas para modelar e simular em ambientes virtuais soluções para problemas de eficiência energética e conforto térmico de edifícios; um trabalho de multidisciplinaridade nas equipes. Alguns aplicativos são: Rhinoceros, Grasshopper, Ecotect, DesignBuilder e EnergyPlus. Embora estes aplicativos caminhem para a interoperabilidade, são constatadas ainda muitas dificuldades de interface entre os *softwares*. A solução que se adota é a criação de modelos simplificados (BUORO *et al.*, 2011).

Eastman *et al.*, (2008) salientam alguns benefícios significativos para cada agente:

1. **Proprietários:** modelo associado a banco de dados possibilita melhor análise de viabilidade e concepção do empreendimento. Proprietários podem interagir melhor, verificando a satisfação dos requisitos qualitativos e quantitativos das especificações iniciais, e utilizando o modelo para atividades pós-ocupacionais.
2. **Arquitetos e engenheiros:** construtibilidade; engenharia simultânea; tempo de projeto mais curto com menos erros e mais oportunidades de melhorias; estimativas de custos e quantidades mais rápidas e precisas; simulações energéticas; mudanças de projeto são resolvidas com mais rapidez e precisão.
3. **Construtores e fornecedores:** simulação do processo construtivo visualizando-se o canteiro de obras em qualquer ponto no tempo; interfaces são verificadas e conflitos são identificados virtualmente antes de serem detectados no campo, conforme ilustrado na Figura 24. Fornecedores têm mais facilidade em fabricar pré-moldados.

---

<sup>52</sup> Realidade Aumentada: tecnologia que insere e manipula objetos virtuais no ambiente real do usuário (CUPERSCHMID, 2011).

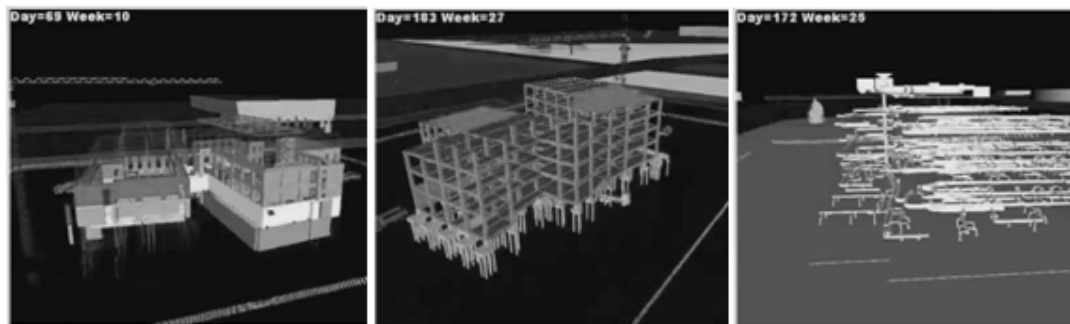


Figura 24 – CAD 4D arquitetônico, estrutural e hidrossanitário (Fonte: YOUTUBE)

4. **Operadores pós-ocupacionais:** o modelo BIM devidamente atualizado é uma fonte de informações para manutenção preventiva e corretiva da edificação, monitoração dos sistemas de sensores e de controles remotos das instalações, e para o desenvolvimento de soluções que não foram concebidas na construção.

À medida que as empresas adotam o BIM, devem atribuir responsabilidades a dois cargos cruciais: **Diretor BIM:** Responsável por uma visão global do BIM para cada projeto. Deverá: prover interoperabilidades; manter bibliotecas de informações de projetos (objetos, modelos, processos de produção e propriedades intelectuais da empresa); cooperar na definição dos *softwares* utilizados, conforme as características de cada projeto e cliente; assistir nos esforços de *marketing* e dar apoio aos serviços de contratos com clientes e parceiros de projetos. **Gerente de Modelagem:** Responsável por manter os mecanismos do fluxo de trabalho e a integridade do banco de dados do empreendimento; trabalha em cima da infraestrutura provida pelo Diretor BIM, mas pode requerer adaptações específicas a cada empreendimento devido a diferentes métodos de execução ou necessidades dos clientes; deve estabelecer políticas a serem seguidas relativamente aos privilégios de leitura e escrita (*read/write*), garantindo a integridade e acessibilidade dos modelos (EASTMAN, 2008).

**Programação Orientada a Objetos no modelo BIM:** Programação Orientada a Objetos é um paradigma<sup>53</sup> de desenvolvimento de *softwares* que se baseia na reutilização de componentes individuais com os quais se podem construir sistemas bastante complexos, e se baseia em conceitos tais como: Objeto<sup>54</sup>, Classe<sup>55</sup>, Herança<sup>56</sup> e Atributos<sup>57</sup>. Todo objeto (porta

<sup>53</sup> Paradigma é um conjunto de regras que descrevem como resolver um problema.

<sup>54</sup> Objeto é uma entidade física (porta, fechadura, parede, interruptor) ou conceitual (processo, registro).

<sup>55</sup> Classe é um grupo ou família de objetos com propriedades semelhantes, comportamento comum e relacionamento idêntico com outros objetos.

da cozinha, porta do quarto) é instância de uma classe (porta) e possui atributos (dimensão). Ao se definir uma subclasse chamada Porta de Madeira, esta recebe como herança o atributo dimensão. A programação é feita por meio da definição de classes e criação de hierarquias nas quais as propriedades das classes são transmitidas por meio de herança. Os objetos destas classes comportam-se conforme requisitos preestabelecidos e interagem por meio de mensagens que identificam as operações a serem realizadas (um objeto Janela só pode ser inserido em um objeto Parede, e pode ter uma regra que define a altura-padrão do peitoril) (SOUZA, 2006).

Objetos em uma edificação correspondem a elementos da divisão e subdivisão da edificação em partes. Um objeto de uma edificação possui propriedades associadas a ele. Espaços em uma edificação podem ser também considerados objetos. Objetos são agregados para formarem famílias de objetos com propriedades semelhantes (EASTMAN *et al.*, 2008).

As classes possuem informações como cor, textura, dimensões, espessura, altura, distância entre níveis, custo, fabricante e modelo. Elas podem ser importadas de bancos de dados externos e podem também ser salvas externamente, para serem inseridas em outros projetos (PEREIRA; AMORIM, 2011).

## 2.6 Implementação do BIM

No processo tradicional de projetos, o arquiteto concebe mentalmente um objeto a ser criado no mundo real 3D, mas a comunicação com engenheiros e clientes se faz por meio de documentos criados no mundo 2D. Com estes documentos, engenheiros e clientes fazem o processo mental inverso de recriar na mente a imagem 3D do objeto que se pretende construir. O resultado é que a concepção do arquiteto pode se recodificar em objetos diferentes na mente de engenheiros e clientes, desencadeando perda de informações, desperdícios e conflitos, pois linhas e círculos são símbolos bastante pobres para representar corretamente paredes, vigas, esquadrias e instalações elétricas e hidráulicas.

A utilização da tecnologia BIM por meio de um coordenador central, conforme se mostra na Figura 25, permite que todas as informações relativas ao empreendimento possam ser centralizadas. Assim, todos os agentes envolvidos no empreendimento podem acessar as

---

<sup>56</sup> Herança é um mecanismo que permite a reutilização da estrutura e do comportamento de uma classe ao se definirem novas classes.

<sup>57</sup> Atributos são elementos que definem a estrutura de uma classe, conhecidos como variáveis.



informações contidas em um mesmo modelo. Sem redundâncias de informações, previnem-se inconsistências e incompatibilidades, além de se possibilitar melhor planejamento e controle de prazos, custos e processos construtivos.

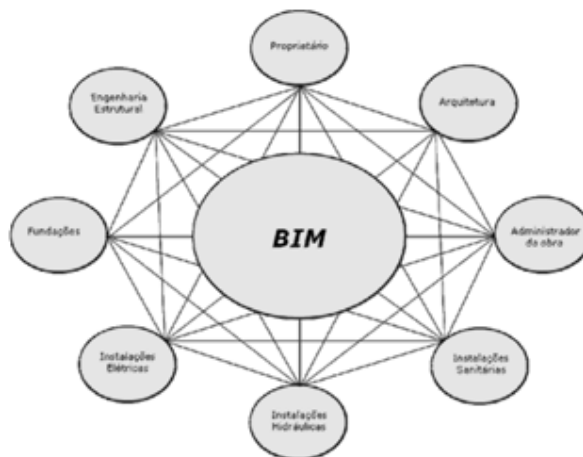


Figura 25 – Coordenação do BIM (Fonte: PEREIRA; AMORIM, 2011)

A etapa de concepção do empreendimento passa a ter maior importância com a implementação da tecnologia BIM. Como subsídio nesta fase, buscam-se informações a respeito do mercado imobiliário e das necessidades dos clientes. Devido à complexidade e à dinâmica do mercado e do setor da indústria da construção, podem-se ignorar aspectos relevantes nesta análise (SOMBRA; CORREIA, 2011). O BIM pode vincular o processo orçamentário ao planejamento e controle da produção em todo o ciclo de vida do empreendimento em um ambiente dinâmico ao proporcionar quantificação automática destes recursos e reduzir a variabilidade na orçamentação (SANTOS *et al.*, 2009).

O fluxo e a integração de informações envolvidas ao longo de toda a cadeia produtiva de um empreendimento, desde a fase de concepção do projeto até à fase pós-ocupacional, tem sido um desafio para a aplicação de melhorias no setor da construção civil. Romsy *et al.* (2011) afirmam que, a partir da customização de aplicativos BIM, segundo os princípios da Coordenação Modular<sup>58</sup>, se trazem contribuições, como: redução do tempo de produção e do retrabalho; e mais sinergia entre projeto e construção. A associação da Coordenação Modular

<sup>58</sup> Aprovada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) por meio da norma NBR 15873:2010, pode ser definida como a ordenação dos espaços na construção civil cujo principal objetivo é a racionalização da construção.

com a tecnologia BIM permite a industrialização da construção com o uso de *kits* e componentes que podem ser montados com facilidade (ROMSY *et al.*, 2011).

Substituir uma cultura de trabalho 2D por um ambiente BIM envolve muito mais do que comprar *software* e treinar usuários. Não se trata de fazer a mesma coisa de modo diferente, mas fazer coisas diferentes de modo diferente. Quase todos os aspectos nos negócios da empresa mudam, portanto é necessário haver uma ampla compreensão e um planejamento detalhado de toda a fase de transição de uma cultura de trabalho para outra (EASTMAN *et al.*, 2008).

Ao se mudar o enfoque da construção para pré-fabricação e montagem, o projeto deixa de ser uma atividade de suporte e passa a ser um definidor de procedimentos, controlando as etapas de produção tanto no ambiente industrial quanto no canteiro de obras (DOMINGUES; OLIVEIRA, 2011). Conforme Azevedo (2009), a modelagem BIM contribui para um melhor controle de prazos de execução para simular as etapas de construção (4D: modelagem + tempo), contribuindo também para um melhor controle de custos (5D: modelagem + tempo + custos) (WITICOVSKI; SCHEER, 2011).

A indústria manufatureira – especialmente a automobilística – em geral é dominada por um pequeno grupo, quando comparada com a indústria da construção. O CNNmoney (2010) apresenta 5 empresas automobilísticas entre as 40 maiores corporações do mundo, e aponta a Fluor Corporation como a maior construtora do mundo, mas que ocupa a 393.<sup>a</sup> posição. A indústria manufatureira é também um mercado que possui uma liderança bem definida, ao contrário da indústria da construção, cuja soma das maiores empresas do mundo representa apenas uma fração do mercado global da construção.

Eastman *et al.* (2008) descrevem as atividades do processo de implementação do BIM: (1) Comprometimento da alta administração em desenvolver um plano BIM detalhando todos os impactos internos e externos; (2) Criar uma equipe interna responsável pela execução do plano, com tempo e recursos necessários para seu desempenho; (3) Começar a usar o BIM em um ou dois projetos pequenos em paralelo com a metodologia tradicional, produzindo documentação para comparar com o modelo. Isto ajuda a identificar deficiências no modelo e é uma oportunidade de aprendizado dos funcionários; (4) Usar os resultados para ajustes na implementação do BIM e para manter a liderança da empresa bem informada; (5) Ampliar o uso do BIM a novos projetos e começar a envolver membros de outras equipes em uma abordagem colaborativa que permita integração antecipada e troca de conhecimentos sobre o

modelo; (6) Continuar a integração do BIM com as demais áreas da empresa. A nova forma de trabalho deve começar a se refletir nos documentos contratuais com clientes e parceiros; e (7) Periodicamente revisar o planejamento inicial de implementação, observando-se os erros e ajustando os alvos de desempenho, custos e tempo.

## 2.7 Fases do desenvolvimento da tecnologia BIM

Tobin (2008) entende que o BIM vai se materializar em três diferentes fases/gerações, chamadas de BIM 1.0, BIM 2.0 e BIM 3.0. Esta abordagem ajuda a visualizar tanto o estado atual quanto a trajetória futura do BIM, que é construir um protótipo virtual, uma réplica do edifício a ser erigido em um canteiro de obras.

**BIM 1.0:** A característica principal desta fase é a substituição dos tradicionais desenhos 2D por modelos 3D parametrizados, mais inteligentes, que otimizam as tarefas de elaboração de desenhos 2D e de alguns cálculos com planilhas. Geram-se cronogramas e listas de materiais. Nesta fase, a implementação do BIM está apenas no universo dos projetistas, que livremente escolhem um *software* e definem quão profundamente desejam aplicar a tecnologia (TOBIN, 2008).

**BIM 2.0:** Esta é a fase da interoperabilidade entre os modelos das diversas disciplinas. São associados parâmetros temporais (CAD 4D – elaboração de cronogramas) e financeiros (CAD 5D – previsão de gastos). Profissionais que trabalhavam independentemente passam a trabalhar simultaneamente. Esta fase é mais complexa e tumultuosa, pois lança os profissionais para fora de sua zona de conforto. Documentos que na arquitetura tradicional se podiam elaborar sem muito rigor passam a ter validade como lista de materiais, ferramenta de logística e fonte de informação para manutenção pós-ocupacional (TOBIN, 2008). Desenvolve-se nesta fase a aplicação dos conceitos de *Lean Construction*<sup>59</sup>. Segundo Koskela (1992), deve haver maior integração entre o projeto e a construção, e Jørgensen (2007) afirma que a ambiguidade nos conceitos de Cliente<sup>60</sup> e Valor<sup>61</sup> impõe limites na utilidade da filosofia *Lean* para integrar o projeto e a construção. Com vistas à cooperação e integração, as

---

<sup>59</sup> Conceito baseado na teoria de Koskela (1992), que descreve a aplicação de práticas da Produção na Construção Civil. Esta filosofia acrescenta às atividades de transformação de materiais em produtos os critérios de valor. Disponível em <<http://laurikoskela.com/papers.asp>>. Acesso em 8 nov. 2010.

<sup>60</sup> Cliente: proprietário, usuário ao longo do ciclo de vida do empreendimento (KOSKELA, 2000).

<sup>61</sup> Valor: atendimento dos requisitos do cliente (KOSKELA, 2000).

organizações AIA<sup>62</sup> e AGC<sup>63</sup> publicaram os documentos “Contractors Guide to BIM” e “Integrated Project Delivery”.

**BIM 3.0:** Construção Virtual – prototipagem completa desenvolvida colaborativamente; análises de conforto térmico e acústico, eficiência energética, proteção contra incêndios: nesta fase, posterior à solução dos problemas relativos à interoperabilidade, todas as disciplinas fazem parte de um modelo único, com gerenciamento e controle centralizado de um banco de dados acessado pela Internet (*cloud computing*). Todos os agentes contribuem coletivamente em sua devida especialidade. O protótipo inicial do arquiteto terá valor durante todo o ciclo de vida da edificação em um trabalho cooperativo. Esta é uma visão idealística, em que as inovações na ciência da computação completam o cenário, mas elas não terão efeito sem a atitude humana de se sair da zona de conforto rumo a um ambiente compartilhado e cooperativo (TOBIN, 2008)

## 2.8 Desafios na implementação do BIM

De todos os desafios da tecnologia BIM, a interoperabilidade é o único cuja principal responsabilidade de solução está na indústria da computação. Os fabricantes de *softwares* colocam seus esforços em atender à demanda de mercado, mas a indústria da construção tem requerido historicamente mais e mais funcionalidade e menos interoperabilidade. À medida que a tecnologia BIM se desenvolve, surgem sinais de que a indústria da construção está saindo deste caminho improdutivo. Mas ainda existe um longo caminho pela frente (SMITH; TARDIF, 2009).

O uso do BIM causará uma mudança significativa nas formas dos contratos realizados entre os agentes participantes de um empreendimento que tradicionalmente é baseado no papel/prancha. Além disso, será necessário haver uma colaboração mais efetiva entre arquitetos, engenheiros, construtores, fornecedores e outros profissionais e indústrias relacionados com a construção civil, pois as contribuições de especialistas serão mais necessárias nas fases iniciais de projeto. O método de contrato *Design-Bid-Build* (DBB), atualmente o mais praticado, não é consistente com o BIM (EASTMAN *et al.*, 2008).

---

<sup>62</sup> American Institute of Architects.

<sup>63</sup> Association of General Contractors.

**O desafio do trabalho colaborativo e em equipe:** Embora o BIM ofereça novos métodos de colaboração, a determinação da forma adequada de formação das equipes e de compartilhamento de informações é um problema que precisa ser resolvido. Se o arquiteto projetar utilizando a forma tradicional de desenhos 2D, então o construtor terá de construir o modelo para planejar, coordenar e estimar a construção. Criar um modelo BIM após o projeto ser executado aumenta os custos e o tempo, mas poderá ser vantajoso para o planejamento e a elaboração de detalhes úteis para instalações hidrossanitárias e elétricas, para o trabalho com outras empresas participantes do empreendimento e fornecedores e também para resolver problemas de mudanças de projeto. Se os membros de uma equipe de projeto utilizam *softwares* de modelamento diferentes de outra equipe, então se aumenta a complexidade da interação entre as equipes, pois será necessária a utilização de protocolos de comunicação para que haja interoperabilidade (EASTMAN *et al.*, 2008).

**Assuntos relativos à propriedade da documentação:** Quem terá a propriedade sobre o banco de dados múltiplo de projeto, fabricação, análise e construção? Quem paga por eles? Quem é responsável por sua exatidão? Este assunto está sendo discutido por profissionais que estão usando o BIM em seus projetos, e organizações como AIA e AGC estão desenvolvendo orientações para os termos contratuais abrangerem os problemas surgidos com o uso da tecnologia BIM. À medida que os proprietários e incorporadores aprendem sobre as vantagens do BIM, eles passam a requerer um modelo contratual que dê suporte a operações com esta tecnologia (EASTMAN *et al.*, 2008).

**Tempo para aprendizado:** Toda grande mudança decorrente de mudanças na tecnologia ou processos de trabalho requer um tempo de assimilação para aprendizado e adaptações. Conforme Barison e Santos (2011), as companhias no mundo todo estão ávidas por profissionais que tenham habilidade para trabalhar em projetos BIM. As universidades têm implantado cursos para introduzir os alunos às novas ferramentas, mas estas experiências acadêmicas são novas e baseadas em pedagogias ainda não consolidadas. Barison e Santos (2011) recomendam alguns métodos para a formação de profissionais em BIM, como aulas de laboratório e palestras sobre conceitos e ferramentas. Também é importante revisar estudos de caso e fazer visitas a empresas e canteiros de obras para o aluno entender o processo de construção.

O aprendizado pode ser baseado na resolução de problemas ou desenvolvimento de projetos BIM, em que o professor assume o papel de Gerente BIM do projeto. Deve-se formar uma equipe interdisciplinar de professores composta por um especialista em ferramentas BIM

e especialistas nas diversas disciplinas (arquitetura, cálculo estrutural, instalações e outras). Inicialmente, o aluno pode trabalhar com um colega mais experiente até adquirir o conhecimento básico e gradativamente ser introduzido às atividades práticas integradas com outras universidades ou empresas.

A academia e a indústria devem estabelecer parceria no processo de treinamento de mão de obra. Alunos e professores se beneficiam ganhando experiência e produzindo material científico. As empresas se beneficiam servindo-se da mão de obra de que necessitam e resolvendo seus problemas com tecnologia inovadora. Em vez de tentar forçar mudanças nos currículos, a academia deveria primeiro se envolver com a indústria, promovendo trabalho colaborativo de pesquisa, ensino e consultoria. A indústria deve estar disposta a investir na academia, visitar a sala de aulas, discutir com professores e alunos as tendências e realidades dos cenários atuais, além de compartilhar modelos e outros materiais para a prática do conhecimento (BARISON; SANTOS, 2011).

O CAD – *Computer-Aided Design* surgiu como uma nova tecnologia de projeto auxiliado por computador, mas o termo se banalizou como simples significado de um conjunto de ferramentas. Para que não aconteça o mesmo no ensino do BIM, a sua abordagem na formação de engenheiros e arquitetos deve ser ampla na aplicação de políticas, processos e tecnologias em disciplinas de projetos, e não somente na capacitação em disciplinas de informática aplicada (RUSCHEL *et al.*, 2011). Duas experiências de ensino do BIM em disciplinas de graduação e pós-graduação são apresentadas por Ruschel *et al.* (2010), citados por Ruschel *et al.* (2011).

A abordagem nessas experiências não enfatizou o ferramental, e sim a conceituação do paradigma BIM e a discussão de processos de projetos. As disciplinas eram presenciais, mas o desenvolvimento de protótipos e projetos-pilotos, juntamente com o aprendizado das ferramentas, ocorria por meio de exercícios extraclasse. O aprendizado das ferramentas BIM utilizadas contou com esforços autodidatas dos alunos com o auxílio de tutoriais disponíveis na Student Engineering & Design Community, da Autodesk, e em vídeos disponíveis no YouTube (RUSCHEL *et al.*, 2011).

Prevalece entre engenheiros e arquitetos uma abordagem segmentada do processo construtivo caracterizada por contínuas negociações de direitos e responsabilidades. Como consequência, as obrigações ao longo da cadeia produtiva vão se transferindo de um

profissional para outro sem que haja sinergia e comprometimento com o resultado final do produto (SANTOS *et al.*, 2009).

A utilização de padrões IFC ou outros de comunicação entre os *softwares* permite a interoperabilidade no uso da tecnologia BIM. A troca sincronizada e contínua de informações entre os modelos permite a Engenharia Simultânea, mas problemas usuais, como soluções técnicas incompletas ou gestão inadequada do fluxo de informações, podem criar gargalos no desenvolvimento de projetos com a tecnologia BIM. Estes gargalos podem ser desperdícios de tempo com espera, sequências de processamento que causam ciclos desnecessários ou de longo prazo. O controle de projetos deve ter, além dos controles gerenciais de prazos com cronogramas, controles de desempenho do processo (MANZIONE *et al.*, 2011).

## 2.9 Fases de transição na implementação do BIM

Segundo Eastman (2008), o processo evolutivo do uso do BIM em uma organização é uma fase de transições na qual os diferentes profissionais envolvidos com o BIM terão de enfrentar alguns dos tipos de situações descritos a seguir:

- 1. Integração Projeto-Fábrica:** para que haja um fluxo suave na integração entre o modelo de projeto do arquiteto e o modelo real usado na construção, deverá desaparecer a prática das empresas contratadas para realizar partes do empreendimento (concreto, aço, etc.), redesenharem e remodelarem o edifício. Entretanto, isto só será possível se aspectos críticos da produção forem antecipadamente incluídos no projeto, para que não sejam necessárias grandes revisões. Esta colaboração antecipada é reconhecida como parte fundamental da prática integrada e que afeta as relações de trabalho e contratos. Estas relações são corporativas, mas dependem do suporte e realização do Gerente de Modelagem e do Gerente de Construção BIM.
- 2. Projeto baseado no Desempenho:** arquitetos serão cada vez mais solicitados a realizar simulações e análises da operação do edifício que está sendo planejado, para que os proprietários tenham conhecimento dos custos operacionais não somente do edifício em si, mas também de suas funções primárias. Por exemplo, no projeto de um aeroporto, as implicações na escala de aterrissagens, taxiamento e decolagens; ou no projeto de um hospital, as suas operações de emergências. Ou seja, projetos de

edificações destinadas a serviços ou produção deverão certificar a eficiência para a qual estão sendo concebidas. Estas análises envolverão interações com a entidade do cliente ou seus consultores no projeto que está sendo desenvolvido. Isto envolverá fluxo de trabalho por fases no projeto e capacidade de troca de dados da firma projetista. Da mesma forma, a equipe de projetos deverá realizar estimativas de custos, gastos de energia e emissão de dióxido de carbono do edifício. Estes requisitos são solicitados nas práticas atuais para cada estágio do desenvolvimento do projeto. O BIM permite que isto ocorra semanalmente ou até mesmo diariamente. Depende de quão organizados estejam os consultores para que isto ocorra.

- 3. Coordenação de Fabricação:** para que cada empresa participante do empreendimento possa comparar seus projetos com os de outros, a qualquer momento, para verificar a compatibilização, então os padrões de comunicação devem mudar. Cada projetista, como, por exemplo, elétrico, hidráulico, de incêndio, deve disponibilizar seus módulos nos sistemas uns dos outros e no canteiro de obras. A coordenação de produção requer que um gerente geral coordene estes modelos, a fabricação e a logística.
- 4. Documentação do empreendimento:** à medida que, em número crescente, pessoas se especializam em projeto e produção BIM e a quantidade e complexidade das informações do modelo aumentam, espera-se que os bancos de dados de modelos sejam mais comuns no gerenciamento do empreendimento. A tecnologia de servidores deve prover uma transição mais suave de uma plataforma baseada em servidor proprietário para uma plataforma baseada na Internet (*cloud computing*). A gestão destas capacidades será de responsabilidade dos Diretores BIM das firmas projetistas, das construtoras e fabricantes.
- 5. Superposição conflitante entre projeto e compras:** em projetos de execução muito rápida, envolvendo matérias com longa data de entrega e pré-fabricações complicadas fora do canteiro de obras, é atrativo começar a fabricação de algumas partes enquanto o projeto ainda está em andamento. Nestes casos, partes do projeto são “travadas” quando vão para produção. Isto requer uma coordenação conjunta entre o Gerente de Modelagem e o Gerente de Construção.

Vale observar que essas mudanças não ocorrerão todas da noite para o dia. Embora algumas já estejam disponíveis para serem implementadas, elas requerem novas formas de colaboração entre as partes da indústria da construção. Arquitetos, construtores e fabricantes precisam pensar em como responderão a estas novas



práticas. Gerentes BIM liderarão suas equipes nas corporações utilizando padronizações de interoperabilidade desenvolvidas e estabilizadas por organizações do BIM de âmbito nacional e global. Estas padronizações serão usadas nas negociações de contrato e no planejamento do fluxo de trabalho.

À medida que o uso do BIM cresce na indústria da construção, haverá uma enorme necessidade de formação e treinamento de líderes de empresas e de profissionais de projeto, construção e fabricação. Além disso, os fabricantes de produtos utilizados na indústria de construção devem disponibilizar modelos que serão utilizados pelas equipes nas empresas projetistas. Esta transição de uma prática baseada em desenhos para uma prática baseada em modelos de projeto e construção virtuais requer muito esforço e tempo, mas resulta numa indústria da construção muito melhor.

## **2.10 Planejamento de execução de um empreendimento BIM**

Para se implantar um empreendimento com sucesso utilizando-se a tecnologia BIM, uma equipe deve antes desenvolver um planejamento detalhado e completo. Um plano completo deve definir direitos autorais, estimativas de custos e coordenação de projetos, além de planejar como se utilizarão durante o ciclo de vida do empreendimento os documentos gerados. Após o planejamento, as equipes executam e monitoram o progresso comparando o planejado com o realizado, para que assim se possa obter o máximo de benefícios da implementação do BIM (CIC, 2010).

O objetivo principal de se desenvolver este procedimento é estimular a comunicação entre os membros das equipes de projetos durante as fases iniciais do empreendimento. A equipe que está liderando o processo de planejamento deve incluir representantes de todos os agentes que têm um papel significativo no empreendimento. Pelo fato de não haver um método que seja o melhor, deve-se projetar uma estratégia de execução específica para cada caso, conforme os objetivos e características do empreendimento e as capacitações dos membros das equipes. O documento *BIM Execution Planning Guide* é um manual prático que pode ser usado para se projetarem estratégias de execução de um empreendimento utilizando-se a tecnologia BIM (CIC, 2010).

Em empreendimentos nos quais não se fez um planejamento adequado da implementação do BIM, registra-se aumento de custo dos serviços de modelagem e atrasos de

cronograma devido à falta de informações. Implementação do BIM requer planejamento detalhado e profundas modificações no processo de projeto nas equipes técnicas para que se obtenham benefícios reais. Implementa-se a tecnologia em várias fases do empreendimento, mas na determinação das áreas e níveis de detalhes no processo de modelagem da informação devem-se considerar o treinamento e os custos de implementação.

Na fase de planejamento da tecnologia BIM, torna-se fundamental descrever os objetivos gerais e detalhar a sua implantação. O planejamento deve-se desenvolver nos estágios preliminares e monitorado e revisado ao longo das fases de implantação do empreendimento. Alguns benefícios são: (1) todos os agentes podem entender e comunicar claramente os alvos estratégicos desejados; (2) as organizações compreenderão suas responsabilidades e funções na implementação; (3) a equipe poderá projetar processos de execução adequados a cada equipe; (4) o planejamento apresenta um esboço dos recursos e treinamentos adicionais necessários; (5) serve como referência para futuros empreendimentos; (6) definição de contratos que garantam que todos os agentes cumpram suas obrigações; e (7) fornecer recursos para medição do progresso da evolução do empreendimento. A Figura 26 mostra as quatro fases do planejamento de execução de um empreendimento utilizando-se a tecnologia BIM (CIC, 2010).

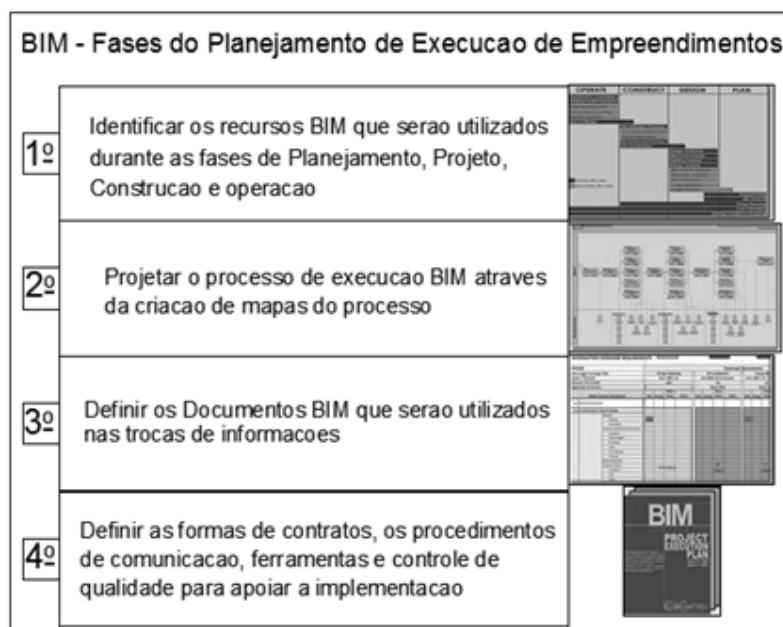


Figura 26 – Fases do planejamento de empreendimentos (Fonte: Adaptado de CIC, 2010)

**1.ª fase:** Um dos passos mais importantes é a definição dos benefícios que se pretendem e objetivos a se alcançarem, que podem ser, entre outros: redução de prazos, aumento da produtividade, melhoria na qualidade, redução do custo de retrabalhos, obtenção de informações importantes para a fase de operação pós-ocupacional da edificação, aumento das habilidades dos membros das equipes de trabalho, modelamento 4D, estimativa de custos, gestão de espaço físico, eficiência energética, conforto térmico, etc. Após a equipe ter definido alvos mensuráveis e priorizá-los, tanto para o empreendimento quanto para a empresa, está apta a decidir quais recursos BIM se utilizarão (CIC, 2010).

**2.ª fase:** Após a definição do que será feito, devem-se criar diagramas para mapear o processo. Isto possibilita que cada membro da equipe entenda claramente como seu trabalho irá interagir com os demais. Estes diagramas podem ser feitos em vários níveis de detalhamento tanto para atender às necessidades da alta gerência em saber informações globais resumidas como fornecer detalhes específicos de interesse de operadores e operários. Este planejamento também se pode fazer para atender a uma única organização (o que seria, por exemplo, o caso de uma empresa responsável pela eficiência energética) ou a várias organizações envolvidas no empreendimento (CIC, 2010).

**3.ª fase:** Nesta fase, define-se como será a comunicação entre os participantes do empreendimento. É importante que cada agente entenda claramente cada informação que recebe e tenha a garantia de que receberá a informação de que necessita (CIC, 2010).

**4.ª fase:** A última fase é identificar e definir a infraestrutura necessária para se desenvolver um empreendimento utilizando a tecnologia BIM, conforme se planejou nas fases anteriores, tais como: infraestrutura tecnológica, procedimentos colaborativos, controle de qualidade, formas, estruturas e cláusulas dos contratos, definições de atribuições e responsabilidades (CIC, 2010).

Depois de pronto, o Plano da Execução do Empreendimento utilizando-se a tecnologia BIM deve conter as seguintes categorias de informações (CIC, 2010):

- (1) documento contendo as razões para se criar o Plano;
- (2) informações críticas do empreendimento, como: localização, descrição, datas de referência mandatórias, etc.;
- (3) identificação e contatos das pessoas-chaves envolvidas no empreendimento;

(4) alvos e validações estratégicos do empreendimento e objetivos a alcançar com o BIM;

(5) descrição de cargos, atribuições e responsabilidades. Deve-se começar com a definição do(s) coordenador(es) do planejamento BIM e da execução dos processos nos vários estágios do empreendimento. Isto é importante para se identificarem as características necessárias dos profissionais para o sucesso da execução do plano;

(6) projeto dos processos de execução por meio de cronogramas de barras ou rede PERT/CPM;

(7) nível de detalhe requerido nas trocas de informações, visando aos objetivos propostos inicialmente;

(8) as exigências do proprietário devem ser documentadas e entendidas claramente;

(9) as equipes devem desenvolver os procedimentos para um trabalho colaborativo e troca e registro de documentos eletrônicos. Isto inclui a definição de estruturas dos arquivos e permissões de acesso, bem como agenda de reuniões;

(10) procedimentos para o controle da qualidade do modelo. Planejar um sistema de monitoramento para garantir que os agentes exerçam as atribuições que lhes são requeridas;

(11) *Hardware, software* e infraestrutura de rede necessários;

(12) as equipes devem discutir e documentar itens como: nomenclatura de arquivos, padrões e bibliotecas para o modelamento, sistemas de coordenadas;

(13) estratégias de medições de serviços executados e faturamentos;

(14) contratos *design-build* ou *design-bid-build* terão diferentes impactos na implementação, bem como diferentes cláusulas.

Para se desenvolver o Plano, deve-se montar uma equipe nos primeiros estágios do empreendimento. Esta equipe deve ter representantes dos principais agentes, incluindo proprietários, projetistas, construtores, engenheiros, especialistas de disciplinas críticas, gerente do contrato e gerente de operações pós-ocupacionais. É extremamente importante que todos apoiem o processo de planejamento. Nas reuniões iniciais, para que os alvos e objetivos sejam claramente definidos, os responsáveis por tomar decisões, de cada organização ou equipe, devem estar presentes ou estar sendo representados.

As reuniões seguintes, quando que se faz o detalhamento do plano, podem-se realizar pelos líderes BIM de cada agente. Deve-se escolher um líder para sumarizar e redigir o plano, que pode ser o proprietário, o arquiteto ou o construtor. Em projetos mais complexos, esse papel pode-se desempenhar inicialmente por um agente (por exemplo, o proprietário) e depois por outro especialista (por exemplo, o gerente de projeto ou o arquiteto). Em alguns casos, se a equipe é inexperiente, pode-se contratar um terceiro como facilitador do processo (CIC, 2010).

Um planejamento nunca deve se desenvolver isoladamente. Ninguém pode executar o planejamento sozinho e obter sucesso em sua implantação. Para que a implantação de um empreendimento utilizando a tecnologia BIM tenha sucesso, é absolutamente necessária uma completa colaboração e coordenação entre todos os agentes envolvidos. Para a maioria dos empreendimentos, é necessário um mínimo de duas ou três reuniões para se criar o Plano geral de alvos e objetivos, nas quais devem estar presentes os tomadores de decisões. As reuniões, em seguida, podem ter menos participantes e ser mais focalizadas em detalhes (CIC, 2010).

### **1.ª Fase: identificação dos benefícios do BIM para um empreendimento**

Um grande desafio enfrentado pela equipe de planejamento é selecionar os benefícios que se pretendem com a tecnologia BIM. Para tanto, apresenta-se a seguir uma lista de vinte e um benefícios (CIC, 2010):

(1) **Planejamento de manutenção preventiva**: processo no qual toda a funcionalidade estrutural do edifício (paredes, pisos, coberturas, etc.) e instalações (elétricas, hidráulicas, mecânicas, etc.) recebem manutenção ao longo da vida da edificação. Um bom programa de manutenção melhora o desempenho, reduz reparos e o custo geral de manutenção;

(2) **Análise dos sistemas do edifício**: processo que compara o desempenho de um edifício com as especificações do projeto. Análise dos sistemas mecânicos, energéticos, ventilação, iluminação, fluxo de ar, insolação;

(3) **Gerenciamento de ativos**: processo no qual um sistema de gestão organizado ajudará na manutenção e operação do patrimônio. Os dados contidos no modelo ajudam a eficientemente determinar custos e implicações de mudanças e aprimoramentos nos edifícios, seus sistemas, equipamentos e acessórios;

(4) **Gerenciamento de espaço**: o modelo BIM ajuda os gestores do edifício a analisar e rastrear a utilização de espaços ao longo da vida útil do edifício;

(5) **Planejamento de emergências**: processo em que equipes de socorro terão acesso a informações vitais do edifício. O modelo contendo estas informações pode ser acessado remotamente;

(6) **“as built” do modelo**: representação precisa das condições físicas, ambientes e patrimônios do edifício. O modelo contém informações arquitetônicas, estruturais, instalações elétricas, hidráulicas, mecânicas, e equipamentos. Se o modelo é continuamente atualizado, pode ainda conter registros históricos de manutenções;

(7) **Planejamento do canteiro de obras**: um modelo 4D é utilizado para planejar a construção, entrega de material, localização de equipamentos e trabalhadores;

(8) **Projeto de sistemas construtivos**: sistemas complexos do edifício podem ser projetados, simulados com *softwares* 3D; Projeto de sistemas de Construção e *software* de projeto 3D são usados para simulação da construção de sistemas de edifícios complexos para aumentar a construtibilidade e produtividade;

(9) **Fabricação Digital**: processo que utiliza TI para fabricar objetos diretamente a partir de um modelo 3D;

(10) **Planejamento e controle 3D (Layout Digital)**: processo que cria desenhos 2D e 3D para mestres de obra utilizarem no canteiro;

(11) **Coordenação 3D**: compatibilização. Comparar modelos 3D para identificar interferências;

(12) **Criação de projetos**: o primeiro passo em direção ao BIM. Conexão de modelos 3D com propriedades de bancos de dados poderosos, quantidades, métodos, custos e cronogramas;

(13) **Análises e simulações de Engenharia**: ferramentas de simulação e análises para aumentar a eficiência de projetos de sistemas do edifício ao longo de sua vida útil, baseado na engenharia de especificações e normas técnicas de Estruturas, Iluminação, Energia, Mecânica, Evacuação de emergência e outros;

(14) **Certificação de sustentabilidade**: avaliar pelos critérios LEED a sustentabilidade de um empreendimento. Pode ser feita em qualquer fase (planejamento, projeto, construção e operação), porém é mais eficiente quanto feita nos estágios iniciais;

(15) **Conformidade com normas técnicas**: verificar se os parâmetros do modelo atendem às normas técnicas. Esta função ainda é muito incipiente, mas cresce à medida que os recursos computacionais se desenvolvem;

(16) **Prototipagem**: utilização do modelo para apresentar aos *stakeholders* análises preliminares de opções de tecnologia, custos, ergonomia, iluminação, segurança, acústica, textura, cor, etc. Constroem-se protótipos virtuais;

(17) **Análise de volumetria**: processo em que um programa permite analisar e compreender a complexidade das regulamentações de espaços;

(18) **Análise geográfica**: processo em que ferramentas BIM e de geoprocessamento conjugadas são utilizadas para analisar uma área e determinar a melhor localização de um empreendimento. Os dados coletados são utilizados para selecionar o local e então posicionar o edifício;

(19) **Planejamento executivo das fases**: processo em que um modelo 4D (3D mais dimensão de tempo) é utilizado para planejar as fases de construção, ocupação, reforma;

(20) **Estimativa de custos**: um modelo BIM pode ser utilizado para gerar lista de materiais e estimativa de custos nas fases iniciais do projeto. Permite aos projetistas verificarem antecipadamente como suas soluções técnicas afetam os custos. Verificação de custos em qualquer fase;

(21) **Modelamento de edificações existentes**: para manutenção de edificações históricas, ampliação de edifícios ou documentação para uso futuro.

Uma excelente oportunidade para a equipe do planejamento nos estágios iniciais do empreendimento é definir os benefícios que se pretendem de acordo com as características do empreendimento e das capacitações dos envolvidos. São muitos os benefícios que se podem obter nas diversas fases do ciclo de vida do empreendimento. A Figura 27 apresenta uma lista de vinte e três.

PLANEJAMENTO	PROJETO	CONSTRUÇÃO	OPERAÇÃO
Modelamento de Edificações existentes			
Estimativas de custos			
Planejamento executivo das fases			
Prototipagem			
Análise de volumetria			
Análise Geográfica			
Criação de Projetos			
Análises energéticas			
Análises estruturais			
Análises mecânicas, elétricas e tubu			
Certificação de Sustentabilidade			
Conformidade com Normas Técnicas			
Coordenação 3D			
		Planejamento do canteiro de obras	
		Projeto do sistema construtivo	
		Fabricação Digital	
		Planejamento e controle 3D	
		"as built" do modelo	
			Planejamento de manutenção Prevent
			Análise dos sistemas do edifício
			Gerenciamento de ativos
			Gerenciamento de espaços
			Planejamento de Emergências

Figura 27 – Benefícios do BIM no ciclo de vida da edificação (Fonte: Adaptado de CIC, 2010)

Antes, porém, de se definirem os benefícios relativos à tecnologia BIM, é necessário salientar os alvos específicos e mensuráveis do empreendimento. Pode-se: reduzir o tempo de execução ou o custo da construção; aumentar a qualidade da obra; desenvolver um melhor projeto de eficiência energética; ou obter mais qualidade nas instalações elétricas e hidrossanitárias por meio de uma coordenação 3D detalhada. Esta é apenas uma lista sugestiva que as equipes que não estão familiarizadas com o BIM podem utilizar ao decidir como implementar a tecnologia BIM em um empreendimento. Para cada benefício, devem-se identificar os recursos e qualificações profissionais necessários (CIC, 2010).

Para implementar com sucesso a tecnologia BIM, é fundamental que os membros das equipes compreendam a futura utilização das informações que cada um está desenvolvendo. Por exemplo, quando um arquiteto acrescenta uma parede a um modelo arquitetônico, esta parede poderá conter informações relativas à quantidade de material, propriedades mecânicas, estruturais e outros atributos. O arquiteto precisa saber se esta informação será utilizada no futuro e como será usada.

A utilização futura desses dados pode exercer uma grande influência na forma de desenvolvimento do modelo e requerer controle da qualidade e precisão dos dados para satisfazer aqueles que vão confiar nesses dados. Para enfatizar o ciclo de vida da informação, podem-se analisar os benefícios do BIM no ciclo de vida da edificação sob a perspectiva de



“começar com o fim em mente”, o que é ilustrado pela Figura 28, em que as equipes fazem uma análise das fases do empreendimento em ordem cronológica invertida para entenderem primeiramente a importância de cada informação nas últimas fases do empreendimento.

OPERAÇÃO	CONSTRUÇÃO	PROJETO	PLANEJAMENTO
Planejamento de manutenção Preventiva			
Análise dos sistemas do edifício			
Gerenciamento de ativos			
Gerenciamento de espaços			
Planejamento de Emergências			
"as built" do modelo			
	Planejamento do canteiro de obras		
	Projeto do sistema construtivo		
	Fabricação Digital		
	Planejamento e controle 3D		
	"as built" do modelo		
		Criação de Projetos	
		Análises energéticas	
		Análises estruturais	
		Análises mecânicas, elétricas e tubulações	
		Certificação de Sustentabilidade	
		Conformidade com Normas Técnicas	
		Análise Geográfica	
			Prototipagem
			Análise de volumetria
	Planejamento executivo das fases		
Estimativas de custos			
Modelamento de Edificações existentes			

Figura 28 – Cronologia inversa dos benefícios do BIM no ciclo de vida do edifício (Fonte: Adaptado de CIC, 2010)

Portanto, a equipe deve começar com a fase de Operação, identificar o valor de cada um dos benefícios classificando-os por prioridades alta, média e baixa, e seguir com as outras fases (Construção, Projeto e Planejamento). Esta metodologia permite definir melhor as informações que se gerarão nos estágios iniciais e se utilizarão nos estágios finais do ciclo de vida da edificação (CIC, 2010).

## 2.<sup>a</sup> Fase: projetando o processo de execução do empreendimento

Após identificar os benefícios que se pretendem com o BIM, é necessário entender o processo de implementação de cada um deles e os processos de implantação do empreendimento como um todo. Os diagramas desenvolvidos nesta fase permitem à equipe ter uma visão global dos processos, identificar as trocas de informações que ocorrerão entre os agentes e definir claramente os vários processos a se executarem, a estrutura dos contratos, as exigências dos clientes, a infraestrutura de TI e as habilitações requeridas dos profissionais a se contratarem. Desenvolvem-se os diagramas em dois ou mais níveis.

O primeiro nível é um diagrama-resumo que contém as informações de interesse da alta gerência ao longo do ciclo de vida do empreendimento. A partir do segundo nível, detalham-se os processos até que se defina claramente a sequência dos diversos processos a se executarem. Os passos para se criar um diagrama-resumo do primeiro nível são: (1) inserir todos os benefícios definidos anteriormente em um diagrama – pode-se utilizar o *software* Microsoft Visio ou outro qualquer; (2) ordenar os benefícios na sequência das fases do empreendimento: Planejamento, Projeto, Construção e Operação; e (3) identificar os responsáveis por cada processo, que deverão definir claramente as informações necessárias para executar o processo e as informações que esse processo produz. A representação gráfica do processo mostra-se na Figura 29 (CIC, 2010).

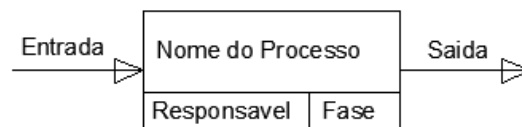


Figura 29 – Diagrama para um processo em um diagrama-resumo (Fonte: Adaptado de CIC, 2010)

Para se desenvolver o diagrama detalhado, a equipe deve seguir os seguintes passos: (1) decompor hierarquicamente os processos do diagrama-resumo; (2) definir as dependências entre os processos; (3) desenvolver o diagrama detalhado contendo os recursos e informações necessários, as informações fornecidas e os responsáveis por cada processo; e (4) incluir pontos de decisão para verificação dos objetivos, conforme ilustrado na Figura 30 (CIC, 2010).

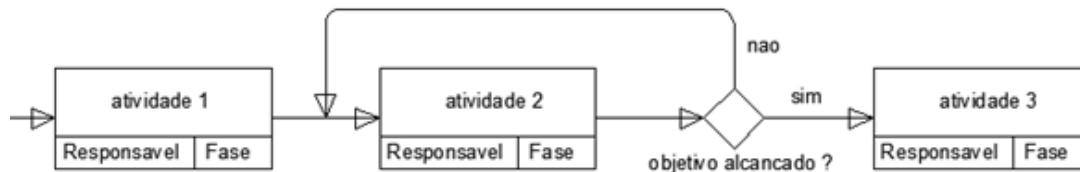


Figura 30 – Pontos de decisão em diagrama de processos (Fonte: Adaptado de CIC, 2010)

### 3.<sup>a</sup> Fase: desenvolvendo o sistema de troca de informações

Após a definição dos diagramas de processos, é necessária a definição clara das informações que fluem de um processo para outro e da troca de informações entre processos.

A equipe de planejamento precisa entender quais informações são necessárias para executar cada processo em cada benefício. Para ajudar nesta tarefa, a planilha Excel pode ser muito útil. Ao longo do empreendimento, os benefícios e informações a jusante são diretamente afetados pelo que é realizado a montante. Se a informação do modelo necessária para se implementar um certo benefício do BIM não é fornecida por um membro da equipe a montante do processo, então o líder da equipe tem o dever de fornecer a informação (CIC, 2010).

Os procedimentos para se desenvolverem as trocas de informações são: (1) analisar os processos no diagrama nível 1 e identificar as trocas de informações entre os agentes; (2) analisar os diagramas nível 2 e identificar as trocas de informações e os responsáveis por recebê-las e gerá-las; (3) analisar os *softwares* que serão utilizados em cada processo, para se prever a solução de problemas relativos à interoperabilidade; (4) classificar as informações por níveis de detalhe e precisão, conforme Quadro 2; e (5) definir o responsável por cada informação, conforme ilustrado no Quadro 3. A responsabilidade por criar uma informação deve estar sobre quem a produz com mais eficiência. O tempo em que a informação deve estar disponível é baseado no cronograma dos processos. Pode-se ainda ordenar a planilha por responsável, para se determinar o escopo de cada um (CIC, 2010).

INFORMAÇÃO	
A	Dimensões e locações precisos. Incluir materiais e parâmetros de objetos
B	Dimensões e locações sem necessidade de precisão. Incluir parâmetros de objetos
C	Dimensões e locações vagos, simplificados

Quadro2 – Níveis de detalhes da informação (Fonte: CIC, 2010)

RESPONSÁVEL	
AR	Arquiteto
Cs	Construtor
EC	Engenheiro Civil
GU	Gerente da Unidade
EM	Engenheiro Mecânico
EE	Engenheiro Estrutural
Cm	Comprador

Quadro 3 – Lista de potenciais responsáveis pela informação (Fonte: CIC, 2010)

#### **4.ª Fase: definição da infraestrutura de suporte para uma implementação do BIM**

A infraestrutura necessária para efetivamente implantar um empreendimento utilizando a tecnologia BIM pode-se condensar em quatorze categorias, que podem variar significativamente para cada projeto, e são apresentadas aqui para facilitar a discussão entre as equipes (CIC, 2010):

(1) Resumo do Plano: é importante que cada agente envolvido em um empreendimento compreenda as razões para se implementar o BIM. Portanto, deve-se criar um documento sumarizado com este objetivo;

(2) Informações do empreendimento: ao se desenvolver o Plano de Execução do Empreendimento, a equipe deve gerar e manter atualizado um documento com as informações cruciais, que servirão de referência tanto para os atuais quanto para os futuros participantes do empreendimento, e que deve conter: nome do proprietário / nome do empreendimento / localização / tipos de contrato / descrição resumida do empreendimento / valores / cronograma / fases / marcos e qualquer informação adicional que a equipe julgue ser de fundamental importância;

(3) Contatos Principais: pelo menos um representante de cada *stakeholder* deve ser identificado, incluindo proprietário, projetistas, consultores, principais construtores, subcontratados, fabricantes, fornecedores, gerentes de projeto, gerentes BIM e chefes de equipe. As informações dos contatos devem ser disponibilizadas, amplamente divulgadas e postadas em um ambiente colaborativo via Internet;

(4) Objetivos e Benefícios do BIM: tudo que foi feito nas fases anteriores do planejamento deve ser documentado;

(5) Cargos e Responsabilidades: documento contendo para cada processo os profissionais necessários e a estimativa de horas de trabalho;

(6) Diagramas dos benefícios do BIM;

(7) Atributos referentes às informações trocadas entre processos;

(8) Requisições BIM específicas feitas pelo proprietário;

(9) Sistema Colaborativo: revisões de documentos, agendas, reuniões, transferência e registro de arquivos, comunicação; Local de Trabalho: espaço físico necessário, computadores, projetores, mesas;

(10) Controle de Qualidade: estratégia geral para controle de qualidade do modelo;

(11) Tecnologia de Informação: *hardware*, *software*, redes, versão de IFC; formatos de arquivos para transferência de informação e um acordo acerca das atualizações de versões dos *softwares* devem ser estudados previamente, para se evitarem problemas de interoperabilidade;

(12) Modelo: precisão, abrangência, nomenclaturas, sistema de medidas, sistema de coordenadas;

(13) Medições de serviços: definir junto com o proprietário fases e datas;

(14) Estratégias de Medições e Contratos: Estrutura Analítica de Partição de Projetos, Cláusulas contratuais adequadas ao BIM, formas de pagamentos, sistemas de compras, seleção de pessoal.

## **2.11 Algumas considerações sobre processos BIM em outras localidades**

Nesta seção, abordar-se-ão algumas experiências BIM no Brasil e no Exterior.

### **França**

Na França, esforços no sentido de incentivar o desenvolvimento e implementação de Tecnologias de Informação, tanto na academia quanto na indústria da construção, buscam promover a migração progressiva para o universo BIM. A associação internacional buildingSMART, com o seu setor francês, que se chama Mediaconsult, promove pesquisas e projetos-pilotos com o objetivo de desenvolver e disseminar soluções para interoperabilidade entre *softwares* utilizados na Arquitetura, Engenharia e Construção, por meio das IFC (Industry Foundation Classes), que se podem entender como um formato de comunicação de dados de domínio público e *freeware*, considerado o mais promissor no contexto BIM (MARQUES; FERRIES, 2011).

## **Canada**

Hotel de 1.670 m<sup>2</sup> em 3 pavimentos no Jasper National Park projetado com a tecnologia BIM. A equipe de projeto escaneou um mapa topográfico para criar um modelo geográfico da região, e fez estudos do movimento solar em um ano. Como resultado, a equipe otimizou a orientação do edifício para maximizar as sombras da tarde no sol quente de verão e projetou a dimensão exata dos telhados para minimizar a insolação. Foram feitas simulações de várias opções de projeto e seu impacto nas necessidades de energia. Após os cálculos do consumo de energia, confirmou-se um desempenho 50% melhor que em uma edificação convencional. Stantec é uma empresa canadense que começou a implementar o BIM em julho de 2006 e usa a tecnologia para as disciplinas de arquitetura, estrutura, mecânica, elétrica e tubulação. Dois outros exemplos de projetos executados são o Weastin Kelowna Hotel, em British Columbia, e a renovação e expansão do prédio de 7.646m<sup>2</sup>, onde era a Galeria de Arte de Edmonton (PARTRIDGE, 2012).

## **Estados Unidos**

Novas profissões surgiram, e as empresas estão procurando profissionais com os títulos de *BIM Specialist*, *BIM Administrator*, *4D Specialist* e *Manager of Virtual Design and Construction* (Especialista em BIM, Administrador BIM, Especialista em 4D e Gerente de Projeto e Construção Virtual). Oferecem-se ótimos salários, embora as responsabilidades relativas a estes cargos não estejam ainda bem definidas. Isto é indicativo de um mercado em definição. Estes profissionais têm como objetivo ajudar as empresas de AEC na transição das práticas correntes para o BIM, integrando-o nas organizações (EASTMAN, 2008).

## **Brasil – São Paulo**

No projeto do edifício It Flamboyant, construído na cidade de Goiânia, em Goiás, se utilizou os *softwares* Revit Architecture, Revit Structure e Revit MEP para o modelo arquitetônico, o projeto de alvenaria estruturada e os projetos de instalações elétricas,

hidráulicas e mecânicas. No projeto do edifício Euclides da Cunha, em São Paulo, utilizou-se o *software* ArchiCAD para o modelo arquitetônico, o projeto de alvenaria estruturada e os projetos de instalações elétricas, hidráulicas e mecânicas. Para se evitar atrasos nos cronogramas dos empreendimentos, estes projetos-pilotos foram desenvolvidos paralelamente ao sistema 2D tradicional. Dentre os desafios enfrentados nestes projetos, destacam-se: (1) bibliotecas de objetos nos padrões norte-americanos e europeus, que são diferentes dos sistemas brasileiros; (2) falta de ferramentas adequadas para integrar os cálculos de dimensões e quantidades de tubulação, fios e eletrodutos aos objetos geométricos; e (3) diferenças de representação gráfica entre projetos brasileiros e norte-americanos comprometem a detecção de interferências e dificultam a elaboração de listas de materiais. Vale ressaltar o exemplo de uma construtora que aderiu à tecnologia BIM assumindo a tarefa de modelagem dos projetos que recebe em tradicionais 2D; este processo se justifica, pois nos atrasos causados por incompatibilidades de projetos, o ônus do processo é da construtora (CONSTRUÇÃO MERCADO, 2011).

## **2.12 Conclusão do capítulo**

Neste capítulo, apresentou-se uma revisão bibliográfica sobre estratégias de implementação, desafios e benefícios da Modelagem da Informação da Construção – BIM. Dentre os fundamentos teóricos, apresentaram-se informações conceituais. A pesquisa mostrou que primeiro surgiram os conceitos relacionados à tecnologia, e depois, com os avanços na ciência da computação, surgiram as ferramentas. Uma das características principais da tecnologia BIM é a parametrização, que define critérios de construtibilidade e processos construtivos. Um requisito fundamental para a viabilização da tecnologia que ainda está sendo desenvolvido e aprimorado pela ciência da computação é a interoperabilidade.

Incluíram-se também neste capítulo as fases de implementação que Tobin (2008) chama de BIM 1.0, BIM 2.0 e BIM 3.0. Dentre os desafios a se enfrentarem no processo de implementação do BIM, vale a pena destacar a importância da existência de um ambiente de trabalho colaborativo. Eastman (2008) faz uma análise dos passos a se seguirem na adoção do BIM. Neste contexto, o documento CIC (2010) faz uma análise detalhada e extensiva do processo de implantação de um empreendimento utilizando-se a tecnologia BIM.

### 3 MÉTODO DE PESQUISA

Neste capítulo, apresentar-se-á o tipo da pesquisa, descrevendo-se a estrutura do trabalho, a sequência das atividades, a realização das pesquisas, a estratégia de análise dos dados coletados, o estudo preliminar, os critérios de seleção dos profissionais e empresas participantes da pesquisa e as dificuldades enfrentadas na coleta de dados.

Segundo Gil (1999), as mais diversas pesquisas podem-se classificar em três grupos: (1) exploratória: tem como principal objetivo desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias para se formularem problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para sugestões de estudos futuros. São as que possuem menor rigidez no planejamento e envolvem levantamento bibliográfico, documental, estudos de campo e estudos de caso. Proporcionam uma visão geral e aproximada de determinado fato, e muitas vezes constituem a primeira etapa de uma investigação mais ampla; (2) descritiva: o objetivo principal é descrever as características de uma população ou fenômeno e demonstrar relações entre variáveis, utilizando-se técnicas padronizadas de coletas de dados. Simplesmente identificam a relação entre as variáveis, sem determinar a natureza desta relação; e (3) explicativa: tem como objetivo identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência dos fenômenos. Visa explicar a razão e o porquê das coisas, sendo, portanto, o tipo mais complexo e delicado, pois os riscos de erros são grandes. O conhecimento científico está baseado nos resultados obtidos por pesquisas explicativas, mas isso não significa que os tipos exploratório e descritivo tenham menos valor, pois quase sempre constituem as etapas preliminares (GIL, 1999).

Neste contexto, este trabalho tem características descritivas, ao fornecer informações sobre as distribuições das características dos indivíduos selecionados e interrogados, de uma amostra do universo pesquisado relativas ao processo de implementação da tecnologia BIM. O procedimento adotado nesta pesquisa foi o estudo de campo.

#### 3.1 Estratégias e atividades da pesquisa

A sequência das atividades que se desenvolveram na pesquisa foi: (1) Revisão bibliográfica; (2) Definição do questionário; (3) Consulta a associações e sindicatos; (4) Envio de questionário por correio eletrônico; (5) Análise das respostas recebidas; (6) Consulta



aos respondentes do questionário, convidando-os para uma entrevista; (7) Realização das entrevistas; (8) Análise dos dados; e (9) Conclusões e elaboração de propostas de melhorias.

Realizou-se inicialmente uma revisão bibliográfica sobre Tecnologia de Informação aplicada à Construção, os conceitos principais da filosofia *Lean* e a sua interface com a tecnologia BIM, e ainda os principais métodos de contratação de serviços praticados na Arquitetura, Engenharia e Construção relacionados à tecnologia BIM. Enviou-se um questionário por correio eletrônico, realizaram-se entrevistas, tendo por base o questionário, e fez-se uma comparação entre as informações obtidas pelos dois meios de pesquisa utilizados. Buscou-se contatar as entidades representativas de empresas e profissionais de Arquitetura, Engenharia e Construção de Belo Horizonte. Enviaram-se os questionários por correio eletrônico, iniciando-se a coleta de dados. Algumas empresas encaminharam o questionário aos engenheiros e projetistas, mas outras não se manifestaram.

Com base no questionário enviado pelo correio eletrônico, fizeram-se as entrevistas, as quais foram gravadas com a anuência dos entrevistados e transcritas para facilitar a análise descritiva dos dados, que serviram de base para a compreensão dos processos de implementação da Modelagem da Informação da Construção em Belo Horizonte, além de possibilitarem a apresentação de algumas propostas de melhorias.

Dentre os profissionais contatados pelo correio eletrônico, 40% responderam ao questionário. Os profissionais entrevistados fazem parte de empresas que possuem equipes multidisciplinares nas áreas de estruturas de concreto, estruturas metálicas, eletricidade e mecânica de projetos de edifícios industriais. Também responderam ao questionário e foram entrevistados arquitetos e engenheiros calculistas, construtores e consultores de pequenos escritórios especializados em projetos residenciais e comerciais.

O questionário, apresentado no Anexo 2, continha questões relativas ao conhecimento da tecnologia BIM, tais como *softwares* disponíveis no mercado, envolvimento com a tecnologia, desafios, e dificuldades enfrentadas no processo de implementação e fase de transição da forma tradicional (2D) para a Modelagem 3D. Ao se realizarem as primeiras entrevistas, identificaram-se diferenças terminológicas entre a academia e o mundo empresarial. O questionário apresentava algumas terminologias que os entrevistados desconheciam. Fizeram-se alguns ajustes no questionário para adequação das terminologias, cujo principal ajuste diz respeito ao termo BIM, que para muitos é confundido com modelagem 3D.

O questionário com formatação final, apresentado no Anexo 3, foi enviado por correio eletrônico junto com uma breve explicação da pesquisa. Constatou-se que a maioria dos *e-mails* não chegou aos destinatários, e o diagnóstico realizado indicou que a causa foi a barreira imposta por sistemas *AntiSpam*, que bloqueavam *e-mails* com arquivos anexados. O questionário foi reenviado no corpo do *e-mail*, obtendo-se resultados satisfatórios.

A Figura 31, a seguir, apresenta o fluxograma da coleta de dados. O questionário utilizado foi desenvolvido pelo pesquisador por meio de um teste-piloto aplicado na fase preliminar da pesquisa, o qual se encontra no Anexo 2.

A estrutura do questionário se divide em duas partes: (1) Questões gerais elaboradas para identificar as características do profissional, da empresa e as ferramentas que utiliza; e (2) Questões específicas sobre modelamento 3D: dificuldades encontradas, motivos que incentivaram o uso de modelamento, mudanças já experimentadas e características relevantes desta nova tecnologia.

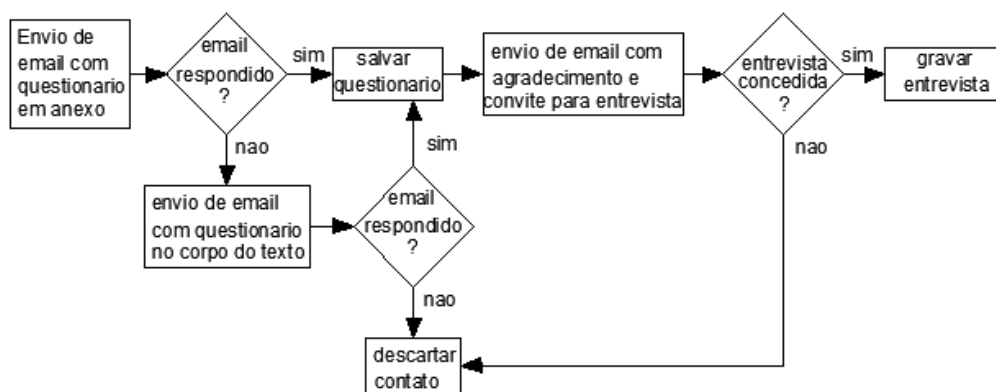


Figura 31 – Fluxograma do Protocolo de Coleta de Dados

Segundo Gil (1999), de um modo geral em uma pesquisa o universo (conjunto de todos os elementos que possuem determinadas características) é tão grande, que se torna impossível abranger a sua totalidade, devido a limites de custos financeiros, tempo necessário ao trabalho e espaço físico. Por causa disso, comumente se trabalha com amostras (subconjunto do universo, por meio do qual se estimam as características do universo).

O primeiro critério de seleção dos objetos deste estudo foi determinar a área de atuação das empresas a serem pesquisadas. Optou-se por pesquisar empresas que realizam projetos de edificações residenciais e projetos industriais. O segundo critério de seleção foi determinar o local de atuação das empresas. Optou-se por limitar o universo de empresas

àquelas que atuam em Belo Horizonte. Para se determinar a população de empresas relativas a este estudo, fizeram-se, a partir do dia 29 de março de 2011, consultas a associações e sindicatos regionais de empresas e profissionais de Arquitetura, Engenharia de projetos, construção e Consultoria por meio de *e-mails* e telefonemas identificando o objetivo acadêmico da pesquisa e solicitando que a associação fornecesse uma lista de associados ou enviasse o questionário aos membros, associados e colaboradores.

A pesquisa por correio eletrônico iniciou-se em 14 de agosto de 2011 e estendeu-se até 23 de dezembro do mesmo ano. Junto com o questionário, enviou-se uma carta de apresentação da pesquisa e seu caráter acadêmico, como se pode ver no Anexo 1. Conforme se pode ver no Quadro 4, foram contactados um total de 121 profissionais. Dentre os 36 indivíduos que responderam ao questionário, 16 foram convidados para uma entrevista presencial cuja finalidade era obter informações mais detalhadas, e todos se dispuseram à entrevista. Os dados coletados dos questionários foram tabelados e apresentados em forma de gráficos:

COLETA DE DADOS		
Profissionais		Histórico
%	Amostragem	
29.8%	36	Responderam ao questionario
6.6%	8	Não responderam por não receberem o email
50.4%	61	Não desejaram participar da pesquisa
13.2%	16	Responderam questionario e concederam entrevista
100.0%	121	Total de profissionais contactados

Quadro 4 – Percentuais da coleta de dados

### 3.2 Estudos de campo

Para a seleção dos estudos de campo adotaram-se critérios relativos aos tipos de projetos que a empresa oferece. Escolheu-se analisar os 16 entrevistados que trabalham em 12 empresas diferentes, sendo 7 empresas de projetos industriais e 5 empresas de projetos residenciais e comerciais.

Analisaram-se os dados descritivamente, apresentando-se os profissionais entrevistados no contexto da empresa em que trabalham. Gráficos e tabelas resultaram dos questionários respondidos, agrupados com relação ao setor da empresa em que cada participante trabalha, sendo do grupo 1 os profissionais que trabalham em empresas de projetos de edifícios industriais, e do grupo 2 os profissionais que trabalham em empresas de projetos de edifícios residenciais e comerciais. Das observações nas entrevistas e análise de questionários foi possível se estabelecerem características de cada grupo e visualizarem-se suas principais semelhanças e diferenças. O objeto de análise deste trabalho é o uso da tecnologia BIM.

A perspectiva inicial da pesquisa foi enviar o questionário por meio de correio eletrônico a todos os profissionais de empresas de projeto para se conhecer o estado de desenvolvimento da tecnologia BIM em Belo Horizonte, mas o número de profissionais e empresas que não se manifestaram para responder ao questionário foi muito elevado. Optou-se, então, por alterar a metodologia de trabalho inicial, que era de questionários respondidos *online*, substituindo-a por entrevistas presenciais e estudos de caso. Ainda, substituíram-se as análises quantitativas por análises qualitativas dos profissionais e empresas que já iniciaram o processo BIM.

## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A análise da pesquisa foi dividida em cinco partes: (1) Caracterização dos entrevistados e das empresas pesquisadas; (2) Utilização de ferramentas BIM; (3) Desafios da tecnologia BIM; (4) Benefícios da tecnologia BIM; e (5) Caracterização do processo de implementação.

### 4.1 Caracterização dos entrevistados e das empresas pesquisadas

Mais da metade das empresas que responderam ao questionário executam projetos industriais (59,5%), com destaque para projetos de empreendimentos das indústrias siderúrgicas e mineração, conforme o Gráfico 1. Segundo opinião dos entrevistados, projetos de usinas siderúrgicas e mineração, de modo geral, são mais bem remunerados do que projetos residenciais e comerciais, sendo de riscos mais elevados, o que requer projetos mais precisos. Os entrevistados também afirmaram que as empresas especialistas em projetos industriais estão mais avançadas no processo de implementação da tecnologia BIM. Possivelmente estes fatores estão relacionados ao fato de que um maior número de profissionais projetistas industriais se dispôs a responder ao questionário e conceder entrevistas.

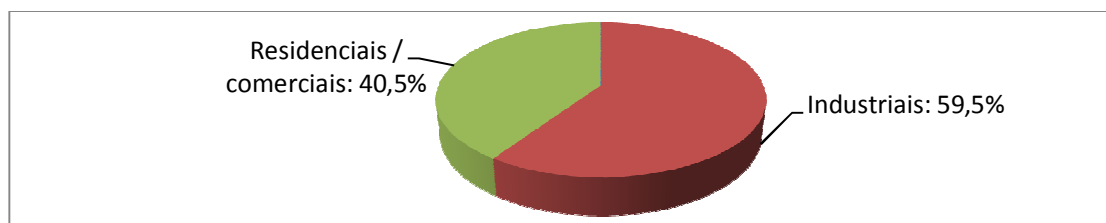


Gráfico 1 – Tipos de projeto

O Gráfico 2 e o Quadro 5 mostram que os participantes da pesquisa em sua maioria possuem formação em arquitetura (47,2%), somando-se, entre arquitetos e engenheiros, um total de 83,3%. Na categoria Outros(16,7%), estão projetistas e tecnólogos. Relativamente à predominância de arquitetos entre os profissionais que estão no processo de assimilação da

tecnologia BIM, o entrevistado K1, da empresa K, observa que os arquitetos estão assumindo o gerenciamento do empreendimento, e a tendência é de se envolverem dando suporte profissional antes da compra do terreno e passando a ter o controle de todo o processo de projeto e construção. Em projetos industriais há um equilíbrio entre o número de arquitetos e engenheiros que responderam o questionário, enquanto em projetos residenciais e comerciais, a maioria dos que responderam o questionário são arquitetos.

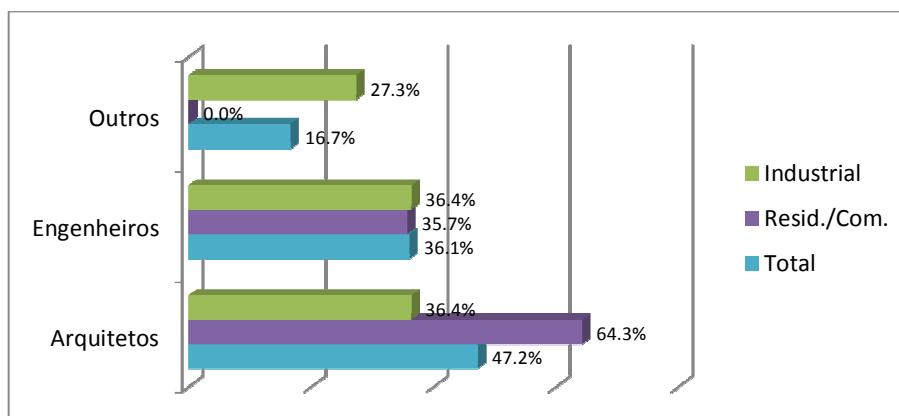


Gráfico 2 – Formação dos profissionais

Formação dos profissionais	Industrial	Resid./Com.	Total
Arquitetos	36.4%	64.3%	47.2%
Engenheiros	36.4%	35.7%	36.1%
Outros	27.3%	0.0%	16.7%

Quadro 5 – Formação dos profissionais

Questionados quanto à atuação na empresa, 87,9% atuam como projetistas, sendo 75,8% especialistas em projetos e 12,1%, além de projetistas, são também construtores, o que se pode verificar no Gráfico 3. Vale destacar que nenhum dos entrevistados atua em planejamento ou orçamentos de obras. O fato de que profissionais da área de planejamento e orçamento de obras não estarem comprometidos com a tecnologia BIM entende-se ser um indicativo de que o processo de implementação do BIM nas empresas está na fase BIM 1.0, conforme classificação de Tobin<sup>64</sup> (2008).

<sup>64</sup> Ver referência bibliográfica do autor na página 154.

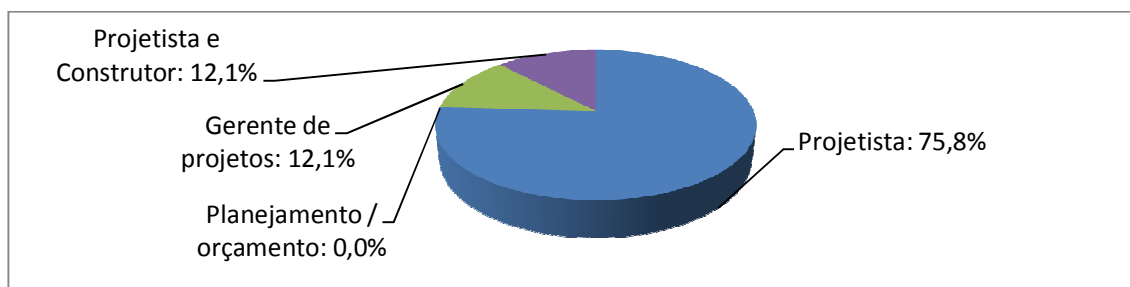


Gráfico 3 – Áreas de atuação na empresa

As funções dos entrevistados nas empresas estão caracterizadas no Quadro 6, em que arquitetos e engenheiros correspondem a 35% e 30%, respectivamente. Projetistas, analistas de suporte de TI e gerentes somam 35% dos entrevistados. Os profissionais com outras formações (33,3%), mostrados no Gráfico 2, são projetistas<sup>65</sup> e tecnólogos<sup>66</sup>.

ENTREVISTADO	FUNÇÃO
A1	Projetista e analista de suporte de TI
A2	Especialista em modelamento
B1	Gerente de TI
B2	Engenheiro especialista em TI
B3	Soporte tecnico em ferramentas BIM
C1	Projetista de estruturas metálicas
D1	Engenheiro Sócio-fundador da empresa D
E1	Engenheiro projetista
F1	Engenheiro projetista
G1	Projetista
H1	Arquiteta
J1	Arquiteto e Gerente de projetos
K1	Arquiteto sócio-fundador da empresa K
L1	Engenheiro-arquiteto
M1	Arquiteto
M2	Arquiteto e Gerente de projetos

Quadro 6 – Funções dos entrevistados

Embora os participantes da pesquisa trabalhem ou possuam conhecimento da tecnologia de Modelagem da Informação da Construção, cerca de 25% das respostas indicam

<sup>65</sup> Projetista: Desenvolvimento de projetos em áreas específicas, implantando e controlando a documentação do projeto. Trabalha de acordo com normas e procedimento técnicos. Possui formação técnica e conhecimentos avançados em *softwares* específicos.

<sup>66</sup> Tecnólogo: Modalidade de graduação de nível superior que se concentra em uma área específica do conhecimento e é voltada para o mercado de trabalho. Curso com duração menor que a dos cursos de graduação tradicionais.

desconhecimento do termo BIM, e 55,6% afirmaram categoricamente que trabalham com a tecnologia BIM, conforme percentuais apresentados no Gráfico 4 e Quadro 7. A maioria dos profissionais de projetos industriais responderam que já trabalham com o BIM (72,7%), enquanto a maioria dos profissionais de projetos residenciais e comerciais apenas leu sobre o assunto (42,9%).

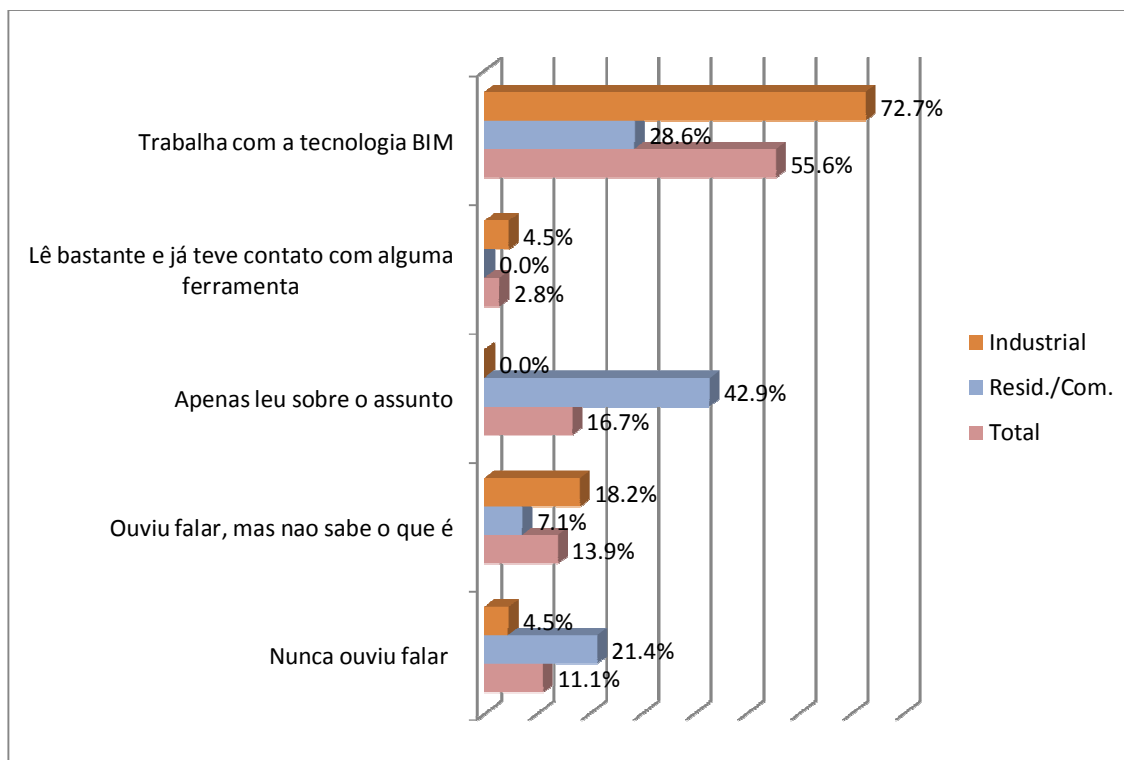


Gráfico 4 – Familiaridade com o BIM

Familiaridade com BIM	Industrial	Resid./Com.	Total
Nunca ouviu falar	4.5%	21.4%	11.1%
Ouvir falar, mas não sabe o que é	18.2%	7.1%	13.9%
Apenas leu sobre o assunto	0.0%	42.9%	16.7%
Lê bastante e já teve contato com alguma ferramenta	4.5%	0.0%	2.8%
Trabalha com a tecnologia BIM	72.7%	28.6%	55.6%

Quadro 7 – Familiaridade com o BIM

Porém, ao se fazer uma análise comparativa das questões relativas ao comprometimento da empresa com o BIM (informações do Gráfico 5 e Quadro 8) com as questões referentes à familiaridade do entrevistado com a tecnologia BIM (informações do Gráfico 4), percebe-se uma correspondência entre as respostas do Gráfico 4, em que 58,8%



dos profissionais afirmam possuir familiaridade com o BIM (2,8% afirmaram que leem bastante sobre o assunto, e 55,6% disseram que já trabalham com a tecnologia) e as respostas do Gráfico 5, em que 61,1% dos entrevistados afirmam que a empresa na qual trabalham já está, de certa forma, comprometida com a tecnologia BIM (11,1% afirmam que a empresa já implantou, e 50% afirmam que a empresa está em fase de implementação do BIM). Esta correspondência está no fato de que se pressupõe que os funcionários de uma empresa comprometida com a tecnologia BIM tenham familiaridade com a tecnologia.

O Gráfico 5 mostra que em 68,2% dos questionários, as empresas de projetos industriais estão em fase de implantação do BIM, e em projetos residenciais e comerciais, existe 57,1% de interesse em migrar para o BIM. A análise destes gráficos indica que as empresas de projetos industriais estão em uma fase mais avançada no processo de implementação BIM.

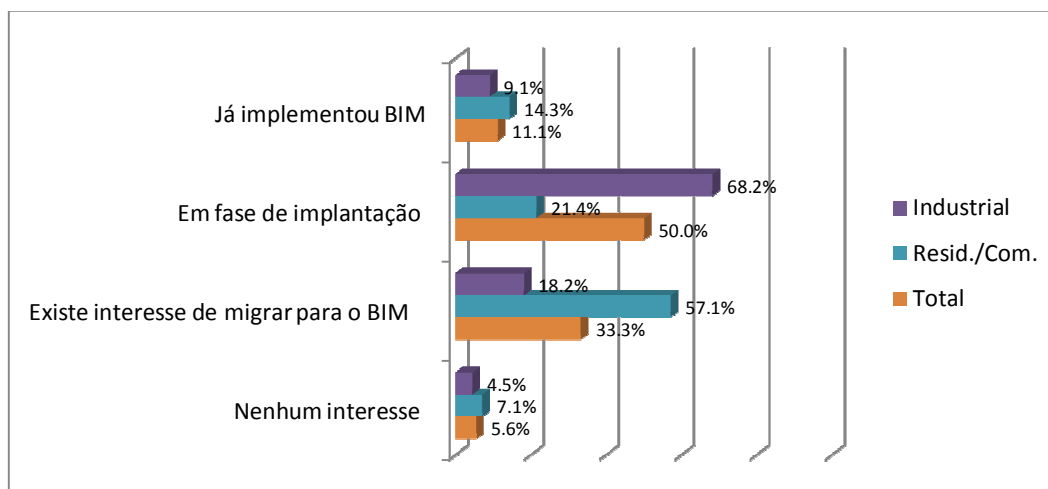


Gráfico 5 – Envolvimento da empresa com o BIM

INTERESSE DA EMPRESA NO BIM	Industrial	Resid./Com.	Total
Nenhum interesse	4.5%	7.1%	5.6%
Existe interesse de migrar para o BIM	18.2%	57.1%	33.3%
Em fase de implantação	68.2%	21.4%	50.0%
Já implementou BIM	9.1%	14.3%	11.1%

Quadro 8 – Envolvimento da empresa com o BIM

No que se refere à identificação das empresas entrevistadas, a empresa A (Quadro 9) é uma multinacional europeia que está entre os maiores produtores de aço do mundo, e atua no Brasil oferecendo soluções na extração, manuseio, estocagem e processamento de matéria-prima e estéril de mineração, assumindo a gestão integral do projeto, que vai desde o planejamento até o início das operações de equipamentos e plantas. Fornece também equipamentos para britagem, descarregamento de navios, transporte, manuseio e estocagem de minérios.

EMPRESA	ANO DE FUNDAÇÃO	TIPOS DE PROJETOS	PERFIL DOS CLIENTES	EQUIPE DE PROJETO	OUTRAS CARACTERÍSTICAS	PRINCIPAIS SOFTWARES UTILIZADOS
<b>A</b>	Fundada a mais de 100 anos	Projetos industriais multidisciplinares, gestão integral de projetos	Indústrias de mineração, metalurgia, Siderurgia, Equipamentos e edifícios industriais	Equipes multidisciplinares: Arquitetura, Estruturas, mecânica, tubulação, caldeiraria, instalações	assume gestão de projetos de equipamentos e plantas	TEKLA, SMARTPLANT_3D, PROENGINEER, INVENTOR, REVIT, PDMS, ARCHICAD, AUTOCAD

Quadro 9 – Características da empresa A

A empresa B (Quadro 10) atua em diferentes áreas (projetos de engenharia multidisciplinar<sup>67</sup>, gerenciamento e suprimentos) e em diversos segmentos de atuação (mineração, siderurgia, metalurgia, óleo, gás, infraestrutura, celulose, energia, portos e estaleiros), oferecendo soluções integradas de engenharia, equipamentos e serviços para implantação, melhoria, manutenção e ampliação de empreendimentos. Possui filiais nos estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro. No escritório de Belo Horizonte, predominam projetos para indústrias siderúrgicas e de mineração.

EMPRESA	ANO DE FUNDAÇÃO	TIPOS DE PROJETOS	PERFIL DOS CLIENTES	EQUIPE DE PROJETO	OUTRAS CARACTERÍSTICAS	PRINCIPAIS SOFTWARES UTILIZADOS
<b>B</b>	Década de 70	Projetos industriais multidisciplinares, Gerenciamento de empreendimentos	Mineração, Siderurgia, Metalurgia, Óleo, Gás, Infraestrutura	Equipes multidisciplinares: Arquitetura, Estruturas, mecânica, tubulação, instalações elétricas	gerenciamento de empreendimentos para empresas de grande porte	PDMS, PLANT3D, REVIT, SMARTPLANT_3D, NAVISWORK, AUTOPLANT, AUTOCAD, 3DMAX, INVENTOR, CIVIL3D

Quadro 10 – Características da empresa B

<sup>67</sup> Equipe de trabalho de diversas disciplinas de engenharia e arquitetura, tais como estruturas de concreto, metálicas, equipamentos mecânicos, instrumentação e elétricos.

A empresa C (Quadro 11) é uma empresa de engenharia de projetos industriais multidisciplinares, atuando principalmente no setor mineral nas áreas de segmentos de projetos<sup>68</sup>, etapas de projetos<sup>69</sup> e operações e sistemas<sup>70</sup>.

EMPRESA	ANO DE FUNDAÇÃO	TIPOS DE PROJETOS	PERFIL DOS CLIENTES	EQUIPE DE PROJETO	OUTRAS CARACTERÍSTICAS	PRINCIPAIS SOFTWARES UTILIZADOS
C	Década de 80	Projetos industriais multidisciplinares, de pequeno, médio e grande porte	Mineração, Siderurgia, Metalurgia, Obras civis industriais, indústrias de cimento e petroquímica	Equipes multidisciplinares: Arquitetura, Estruturas, instrumentação, tubulação, mecânica, instalações elétricas	Consultoria engenharia Geotécnica	TECNOMETAL, REVIT, AUTOCAD, INVENTOR, XTEEL, SOLIDWORKS, SMARTPLANT_3D

Quadro 11 – Características da empresa C

A empresa D (Quadro 12), especializada em projetos de instalações e equipamentos industriais para os diversos segmentos das indústrias de bens de capital<sup>71</sup>, além de serviços de inspeção, orçamentos, estudos e consultoria para melhorias de processos, instalações e meio ambiente<sup>72</sup>, fornece serviços de mão de obra especializada<sup>73</sup> para formação e/ou complementação de equipes no desenvolvimento dos serviços nas instalações dos clientes.

EMPRESA	ANO DE FUNDAÇÃO	TIPOS DE PROJETOS	PERFIL DOS CLIENTES	EQUIPE DE PROJETO	OUTRAS CARACTERÍSTICAS	PRINCIPAIS SOFTWARES UTILIZADOS
D	Década de 80	Projetos industriais: instalações e equipamentos industriais	Equipamentos, Sistemas e Estruturas para Indústrias de Bens de Capital. Mineração, Siderurgia, metalurgia, Cimento	Estruturas metálicas, Mecânica, Tubulação, Civil, Saneamento Básico	gerenciamento e execução de projetos industriais, Planejamento e controle de custos	AUTOCAD, SOLIDWORKS, TEKLA

Quadro 12 – Características da empresa D

<sup>68</sup> Plantas de beneficiamento, concentração de minérios, pelotização, siderurgia e metalurgia de não ferrosos.

<sup>69</sup> Projetos conceituais, estudos econômicos, engenharia básica, engenharia detalhada, apoio técnico relativo a suprimentos, *startup* e operação de plantas.

<sup>70</sup> Fluxograma de processos, manuseio, transporte, estocagem, homogeneização e recuperação de sólidos, líquidos e gases. Obras viárias e sistemas de automação industrial.

<sup>71</sup> Indústrias que produzem produtos utilizados na produção de bens de consumo. Exemplos: mineração, siderurgia, metalurgia, cimento, papel e celulose, óleo, gás e petroquímica.

<sup>72</sup> Infraestrutura e saneamento básico.

<sup>73</sup> Serviço oferecido na forma de subcontratação e/ou terceirização.

Há cerca de 50 anos, a empresa E (Quadro 13) oferece soluções em empreendimentos industriais com foco em engenharia de projetos, gerenciamento, estudos e consultoria. A empresa possui escritórios nas maiores companhias siderúrgicas do País. A empresa possui também um corpo técnico altamente especializado nas disciplinas de Estruturas de Concreto Armado, Estruturas metálicas, Elétrica, Instrumentação e Mecânica. Segundo o entrevistado E1, a alta gerência da empresa não demonstrou ainda interesse pela tecnologia BIM.

EMPRESA	ANO DE FUNDAÇÃO	TIPOS DE PROJETOS	PERFIL DOS CLIENTES	EQUIPE DE PROJETO	OUTRAS CARACTERÍSTICAS	PRINCIPAIS SOFTWARES UTILIZADOS
<b>E</b>	Década de 60	Projetos industriais multidisciplinares, Engenharia Consultiva	Siderurgia, Mineração, Metalurgia, Infraestrutura, Gas natural e petróleo, Celulose	Equipes multidisciplinares: Arquitetura, Estruturas, mecânica, tubulação, instalações	Bens de Capital, Estudos e Consultoria, Gestão integradora de parcerias, Auditorias em empreendimentos industriais	AUTOCAD, REVIT, XSTEEL, SOLID WORKS, TEKLA, CADMATIC, INVENTOR, PROENGINEER, TEKLA

Quadro 13 – Características da empresa E

A empresa F (Quadro 14) é uma sociedade de engenheiros e consultores que possui em média trinta e cinco anos de experiência em projetos industriais e oferece serviços de engenharia de projetos, gerenciamento e consultoria para fornecedores de bens de capital (siderurgia, mineração, cimento e metalurgia).

EMPRESA	ANO DE FUNDAÇÃO	TIPOS DE PROJETOS	PERFIL DOS CLIENTES	EQUIPE DE PROJETO	OUTRAS CARACTERÍSTICAS	PRINCIPAIS SOFTWARES UTILIZADOS
<b>F</b>	Década de 70	Engenharia de projetos de instalações e equipamentos; apoio técnico a implantação de empreendimentos;	Edifícios, Instalações e equipamentos de Mineração e Siderurgia; nacionalização de projetos estrangeiros	Equipes multidisciplinares: Arquitetura, Estruturas, mecânica, tubulação, elétrica	consultoria de Projetos conceitual, básico e executivo; fiscalização de obra e gestão da qualidade; projetos de manutenção	INVENTOR, TEKLA, AUTOCAD, SOLIDWORKS

Quadro 14 – Características da empresa F

A empresa G (quadro 15) pertence a um grupo líder em engenharia e implantação de empreendimentos de grande porte ao redor do mundo, notadamente serviços de infraestrutura. Ao ser questionado sobre treinamento da mão de obra, o entrevistado G1 afirma que a empresa preferencialmente busca recrutar profissionais especializados nas novas tecnologias, utilizando *sites* sociais como Facebook, Twitter e LinkedIn, que atraem especialmente os

profissionais mais jovens. Ela não utiliza o processo tradicional de anunciar uma vaga e esperar pelos candidatos, mas estimula seus empregados a indicarem candidatos para o seu processo seletivo com uma recompensa, caso o indicado seja contratado.

EMPRESA	ANO DE FUNDAÇÃO	TIPOS DE PROJETOS	PERFIL DOS CLIENTES	EQUIPE DE PROJETO	OUTRAS CARACTERÍSTICAS	PRINCIPAIS SOFTWARES UTILIZADOS
<b>G</b>	Década de 80	Projetos industriais multidisciplinares, conceituais, viabilidade, apoio a suprimentos, construção, montagem	Mineração e metalurgia; empresas nacionais ou globais	Equipes multidisciplinares: Geologia, Processos, Estruturas, mecânica, tubulação, elétrica, Instrumentação e Controle	Consultorias, pre-operação e posta-em-marcha de instalações, engenharia básica e detalhada	SMARTPLANT_3D, PM_PLUS, ERP_Oracle, Primavera Project Planner, AUTOCAD

Quadro 15 – Características da empresa G

A empresa H (Quadro 16) é formada por arquitetos, engenheiros civis, eletricitas e administradores, sendo especializada em gestão de processos de projetos. A empresa realiza a maior parte de seus empreendimentos por contratos a preço global, sendo responsável desde a concepção até a conclusão final da obra, afirma o entrevistado H1. Geralmente um arquiteto comanda todo o processo. Segundo o entrevistado H1, o gestor não é um profissional que sabe tudo, mas alguém que tem uma visão global do empreendimento. O entrevistado H1 afirma ainda que, em geral, arquitetos são mais capacitados para gerir um empreendimento do que engenheiros, e explica que o arquiteto não tem a competência para dizer a um engenheiro para alterar a seção de uma viga ou pilar, mas possui habilidade para colocar diferentes profissionais para conversarem. A empresa H possui uma hierarquia na qual a disciplina de estruturas deve atender à disciplina de arquitetura, mas não é uma hierarquia ditatorial, sem diálogo.

EMPRESA	ANO DE FUNDAÇÃO	TIPOS DE PROJETOS	PERFIL DOS CLIENTES	EQUIPE DE PROJETO	OUTRAS CARACTERÍSTICAS	PRINCIPAIS SOFTWARES UTILIZADOS
<b>H</b>	2004	Projetos Residenciais e comerciais, de pequeno, médio e grande porte	Empreendimentos turísticos, institucionais, Imobiliário, Shoppings, Entretenimento e Infraestrutura	Arquitetura, Urbanismo, Engenharia Civil e elétrica,	Gestão de projetos, Convênios com instituições de ensino para Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação; "Lean Production"	SKETCHUP, BRICSCAD, REVIT

Quadro 16 – Características da empresa H

A Empresa J (Quadro 17) atua no mercado de construção civil executando empreendimentos comerciais e residenciais desde a fase de projeto até a construção para os setores de logística, indústria e comércio. Atuando em todas as etapas da cadeia do processo de desenvolvimento do empreendimento, possui equipes multidisciplinares de terraplenagem, de arquitetura e hidrossanitárias. Os demais projetos são executados por cinco empresas parceiras, com as quais interage visando à melhoria da qualidade dos serviços prestados. A empresa oferece aos clientes serviços de aluguel de armazéns e a oportunidade de se tornarem sócios em algum de seus empreendimentos. Os contratos são feitos por administração, preço global e *turn key*.

EMPRESA	ANO DE FUNDAÇÃO	TIPOS DE PROJETOS	PERFIL DOS CLIENTES	EQUIPE DE PROJETO	OUTRAS CARACTERÍSTICAS	PRINCIPAIS SOFTWARES UTILIZADOS
J	1981	Projetos Residenciais e comerciais, de pequeno, medio e grande porte; Cross-docking, armazem logistico	Empreendedores imobiliarios dos setores de logística, Indústria e Comercio	Arquitetura, Engenharia Civil e eletrica,	Construção e administração de imóveis; centros de comercio, centros de distribuicao	AUTOCAD, SKETCHUP, REVIT, CIVIL3D, TQS

Quadro 17 – Características da empresa J

A empresa K (Quadro 18) é um escritório de arquitetura e também um centro de treinamento autorizado da Autodesk, divulgando o Revit e a tecnologia BIM por meio de cursos, desenvolvimento de projetos e consultorias. O entrevistado K1 recorda que inicialmente o trabalho era mais árduo porque a tecnologia BIM era completamente desconhecida em BH, mas hoje a demanda por cursos aumentou. O perfil dos profissionais que procuram a empresa também mudou. Anteriormente, engenheiros e arquitetos, em iniciativa individual, desejavam se capacitar em novas ferramentas, mas agora a alta gerência das empresas tem interesse em capacitar seus projetistas. Conforme observação do entrevistado K1, as construtoras de Belo Horizonte estão valorizando em seu processo de recrutamento os projetistas que possuem habilidades com alguma ferramenta BIM.

EMPRESA	ANO DE FUNDAÇÃO	TIPOS DE PROJETOS	PERFIL DOS CLIENTES	EQUIPE DE PROJETO	OUTRAS CARACTERÍSTICAS	PRINCIPAIS SOFTWARES UTILIZADOS
K	2007	Projetos Residenciais e comerciais; Treinamento e consultoria	Projetos de pequeno e medio porte para pessoas físicas e Jurídicas	Arquitetura e coordenacao de projetos	Centro de treinamento e pesquisa em softwares no setor de construcao civil	REVIT, AUTOCAD

Quadro 18 – Características da empresa K

A empresa L (Quadro 19) é uma pequena empresa composta por profissionais altamente especializados que atuam também na área acadêmica em pesquisas e docência. O processo de projeto da empresa se constitui na criação de modelos em Revit e na geração automática de arquivos CAD 2D, que são utilizados na elaboração dos projetos estruturais e de instalação. Em alguns empreendimentos, assume a responsabilidade de construção. O entrevistado L1 pertence a um grupo de pesquisadores que atua em estudos de ambientes de imersão virtual aplicada em arquitetura.

EMPRESA	ANO DE FUNDAÇÃO	TIPOS DE PROJETOS	PERFIL DOS CLIENTES	EQUIPE DE PROJETO	OUTRAS CARACTERÍSTICAS	PRINCIPAIS SOFTWARES UTILIZADOS
L	1994	arquitetura de interiores, Projetos executivos e detalhamento; especificacao de materiais	Projetos Residenciais e comerciais, Processos de Projetos	Arquitetura, Engenharia civil	Arquitetura e Planejamento, Sustentabilidade, Certificação de edificações	NAVISWORKS, ECOTECT, SKETCHUP, VOLARE, MS_PROJECT

Quadro 19 – Características da empresa L

A empresa M (Quadro 20), desenvolve projetos de arquitetura, urbanismo, paisagismo, engenharia, gerenciamento de obras e consultoria. Possui um corpo técnico multidisciplinar que presta serviços hidrossanitários, de estudos de viabilidade, em projetos de instalações prediais elétricas, projeto estrutural, prevenção e combate a incêndio, climatização e licenciamento ambiental. Conforme o entrevistado M1, a empresa desenvolve e gerencia projetos conforme os preceitos da engenharia simultânea, e oferece consultoria especializada em processos de certificação de eficiência energética conforme diretrizes do Green Building Council.

EMPRESA	ANO DE FUNDAÇÃO	TIPOS DE PROJETOS	PERFIL DOS CLIENTES	EQUIPE DE PROJETO	OUTRAS CARACTERÍSTICAS	PRINCIPAIS SOFTWARES UTILIZADOS
M	2005	Projetos Residenciais e comerciais; Urbanismo; Engenharia simultanea,	Projetos de pequeno e medio porte para pessoas fisicas e Juridicas	Arquitetura, instalacoes eletricas, hidrosanitarias, estrutural, incendio, climatizacao,	estudos de viabilidade, certificacao verde, licenciamento ambiental	REVIT, ARCHICAD, AUTOCAD

Quadro 20 – Características da empresa M

#### 4.2 Caracterização da implementação da tecnologia BIM

Procurou-se também a identificação das características do processo de implementação da tecnologia BIM nas diversas empresas de projetos pesquisadas. O Gráfico 6 mostra que 91% das mudanças começam testando-se a tecnologia com um modelo de um edifício cujo projeto tradicional 2D já tenha sido desenvolvido ou esteja em fase de desenvolvimento ou implementação. Este método permite que se façam comparativos e se adquira confiança progressiva na nova tecnologia.

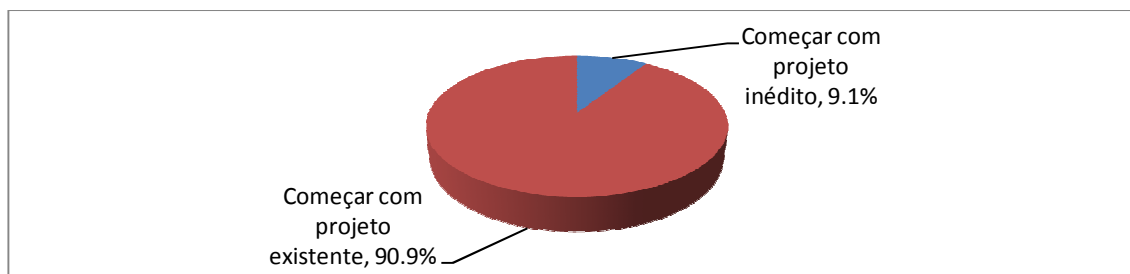


Gráfico 6 – Forma de mudança

A análise dos questionários e as informações obtidas nas entrevistas presenciais dão indícios de que a implementação do BIM através da criação de um modelo de um projeto inédito, pressupõe um período preliminar de pesquisas, treinamento e planejamento. Estes procedimentos não constituem uma prática comum, o que pode ser observado no Quadro 21.



FORMA DE MUDANÇA	Industrial	Resid./Com.	Total
Começar com projeto inédito	14.3%	0.0%	9.1%
Começar com projeto existente	85.7%	100.0%	90.9%

Quadro 21 – Forma de implementação

A outra forma de implementação é a criação de um modelo de um grande edifício industrial ou uma fábrica, envolvendo várias disciplinas (arquitetura, estruturas de concreto, estruturas metálicas, tubulação, elétrica, etc.). Este processo é precedido de um período de investimentos em pesquisas e treinamento dos funcionários. Na empresa B, esta fase inicial durou três anos. Houve bastante cautela por parte da alta administração devido às incertezas e riscos naturais em qualquer tecnologia nova. Todos na empresa se envolveram no processo. A empresa criou um plano intensivo de treinamento de funcionários na utilização dos *softwares*, e, embora tenha perdido muitos funcionários para um mercado de trabalho ávido por profissionais que dominem as ferramentas BIM, ela continua com o treinamento, pois este é um investimento menor do que buscar um profissional pronto no mercado.

Quanto à coordenação da implementação do BIM, a expectativa inicial do pesquisador era encontrar na maioria das empresas um único líder, como o técnico de um time de futebol, conforme sugerem Pereira e Amorim (2011). Porém, como mostra o Gráfico 7, em 62,5% dos casos a responsabilidade de coordenação da implementação do BIM é compartilhada pelos líderes de cada disciplina.

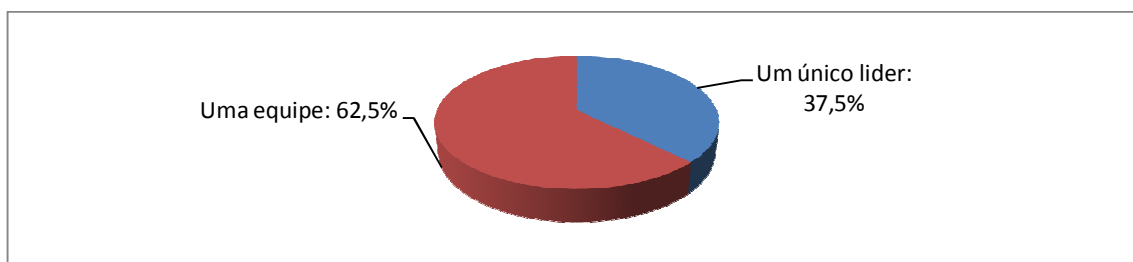


Gráfico 7 – Coordenação do processo

A coordenação do processo de projeto na empresa B é feita em dois ambientes de trabalho: modelamento e gerenciamento. O ambiente de modelagem é dividido por disciplinas. Quando se consolidam os modelos de cada disciplina em um único modelo e se

realiza a detecção de interferências (*clash detection*), os engenheiros fazem a distinção entre interferências reais e irreais. Uma tubulação atravessando uma parede de concreto estrutural é uma interferência real e inadmissível, mas uma tubulação atravessando uma alvenaria de tapamento é uma interferência irreal e admissível.

O ambiente de gerenciamento da empresa B administra o banco de dados que gerencia os diversos níveis de permissões de acesso aos modelos. Todos os envolvidos em um empreendimento possuem permissão de leitura, mas as permissões de se alterar um modelo são restritas e controladas. Neste ambiente, atuam os profissionais mais antigos e experientes da empresa, que, embora tenham dificuldades em utilizar as ferramentas BIM, detêm um conhecimento técnico indispensável ao sucesso do empreendimento que transferem aos jovens engenheiros. O ambiente de gerenciamento também provê suporte técnico nos diversos *softwares* BIM utilizados pela empresa, fazendo análise dos vários *softwares* disponíveis no mercado e procurando identificar se são adequados às necessidades da empresa ou se a empresa pode se adequar a eles.

Buscou-se também identificar se o BIM alterou a forma de projetar e a gestão dos projetos. Conforme o Gráfico 8, a maioria respondeu que sim (71,4%). Conforme Tobin (2008), a alteração na forma de projetar é característica da fase BIM 1.0, e a alteração na gestão de projetos é característica da fase BIM 2.0. Embora esta pesquisa tenha identificado que a maioria das empresas está ainda na fase BIM 1.0, os dados obtidos são coerentes, por se tratar de uma fase temporária de transição.

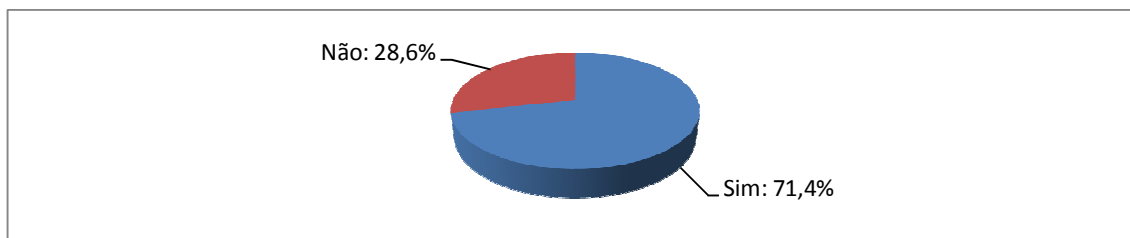


Gráfico 8 – Alterou a gestão e a forma de projetar?

Perguntou-se, aos que responderam que o BIM alterou a forma de projetar e a gestão dos projetos, como se deu esta mudança. Dentre as respostas mostradas no Gráfico 9, destacam-se a melhor comunicação com o cliente, que passou a interagir melhor com os projetistas em todas as fases do empreendimento. Esta foi uma consequência natural de se

terem projetos com mais clareza. Apenas 20% dos entrevistados responderam que a mudança se deu no relacionamento mais colaborativo entre as disciplinas. No item clareza nos processos estão incluídas a melhoria na qualidade dos projetos, e a análise de interferências decorrentes da geometria parametrizada.

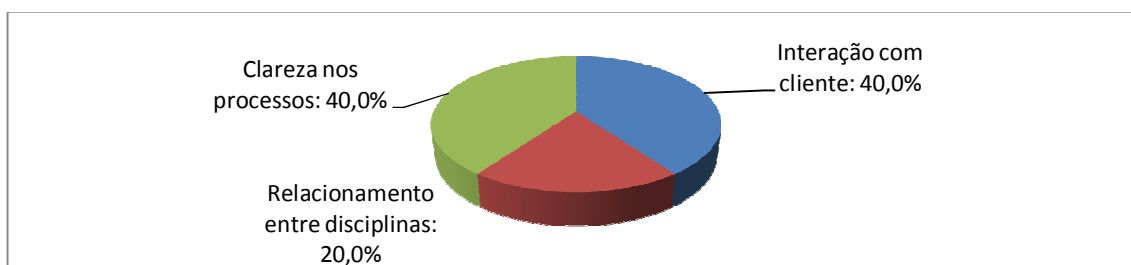


Gráfico 9 – O que alterou?

O Gráfico 10 mostra que algumas ferramentas interagem melhor com as outras. Isto explica a observação feita de que, embora as ferramentas BIM ainda necessitem de melhorias nos protocolos de comunicação de dados, a maioria dos entrevistados (62,5%) não declarou ter dificuldades com importação ou exportação de dados. Isto pode ser explicado com o fato de que os *softwares* interagem diferentemente entre si.

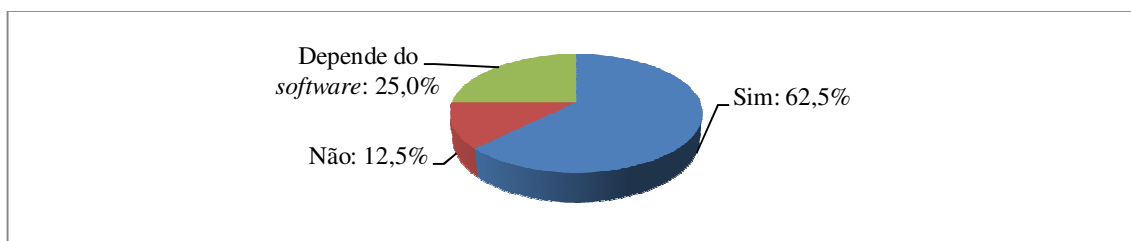


Gráfico 10 – Fácil importação/exportação de dados?

O Gráfico 11 mostra que apenas 25% dos entrevistados compartilham informações de modelos BIM com construtores e fornecedores. A disciplina onde a interoperabilidade está mais desenvolvida é estruturas metálicas, no fornecimento de listas de materiais e geração de arquivos CNC para cortes e furos de chapas e perfis. Pode-se inferir, portanto, que a pouca dificuldade relatada com interoperabilidade reside no fato de que as experiências mais

significativas com interoperabilidade relatadas acontecem entre softwares especialistas em estruturas metálicas.

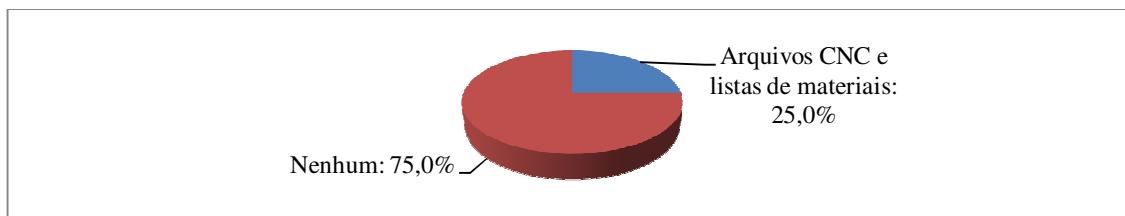


Gráfico 11 – Tipo de interação com construtores e fornecedores

Cada ferramenta BIM é mais adequada às características de determinada disciplina. Por exemplo, a empresa A utiliza para modelamento mecânico o Inventor, mas para modelamento de estruturas metálicas Tekla é o *software* mais utilizado. Um grande cliente, que atua no setor de mineração exige que os modelos de uma fábrica completa sejam entregues no *software* Smartplant\_3D, mas a empresa A concluiu que é inviável, técnica e economicamente, a criação de um modelo completo de um empreendimento industrial em um único *software*. Então, a empresa utiliza protocolos de comunicação e consolida todos os modelos do empreendimento no Smartplant\_3D. Os protocolos que a empresa adota são arquivos no formato IFC (Industry Foundation Classes) e o SDNF (Steel Detailing Neutral Format).

As competências e habilidades requeridas dos projetistas mudaram na empresa A com a implementação da tecnologia BIM. Segundo o entrevistado A1, projetos em papel requeriam dos projetistas boa caligrafia, coordenação motora e visão espacial. Em projeto auxiliado por computador, a caligrafia e coordenação motora se tornaram desnecessárias, mas ainda se requer boa visão espacial para se conseguir representar o mundo real no plano 2D. O BIM requer conhecimentos de engenharia, de programação de computadores e de banco de dados. Mas atividades que anteriormente eram bastante complexas, como detectar interferências em projetos, tornaram-se mais simples.

Após criar os modelos BIM, a empresa A gera os desenhos 2D, que são os documentos contratuais vigentes. Esta é outra característica do processo de implementação da tecnologia BIM. Na fase de transição do projeto a lápis para o CAD, os desenhos precisavam ser impressos, pois os contratos determinavam que os projetos fossem entregues em papel.

Agora, na transição do CAD para o BIM, é necessário gerar desenhos 2D, pois os contratos determinam que os projetos sejam entregues em arquivos DWG.

A primeira fase da implementação do BIM na empresa B durou três anos. Neste período, investiu-se em pesquisas e treinamento dos funcionários. Inicialmente, havia resistência, principalmente por parte da alta gerência devido aos riscos naturais de qualquer mudança. Mas quando a liderança da empresa apoiou a nova tecnologia, todos se envolveram no processo. Conforme palavras do entrevistado B3, "... a sala de treinamento da empresa não fica vazia nunca, e mesmo perdendo funcionários para um mercado ávido por profissionais que dominem as ferramentas BIM, a empresa continua treinando, pois buscar profissionais prontos no mercado é bem mais caro". Embora o estudo dos tutoriais dos *softwares* seja o principal método de aprendizado, a empresa mantém a sala de treinamento onde fabricantes dos *softwares* e funcionários especialistas ministram continuamente treinamento a todos os funcionários da empresa.

Todos os projetistas da empresa B estão envolvidos com o BIM. Embora os antigos tenham mais dificuldade do que os mais novos, eles detêm um conhecimento técnico indispensável, que vai sendo transferido aos jovens. Com o BIM, a empresa precisa de mais engenheiros e menos desenhistas, e como há carência no mercado, ela capacita com treinamento. Os mais experientes são alocados na parte gerencial, e transferem tecnologia para os mais novos, que têm mais habilidade com computadores e recebem suporte técnico da equipe de TI. Assim como acontece na empresa A, na empresa B as habilidades requeridas dos projetistas também estão mudando, pois boa caligrafia, coordenação motora e visão espacial são substituídas pelos conhecimentos de engenharia, de programação de computadores e de banco de dados.

Segundo o entrevistado B3, em Belo Horizonte as empresas de projetos industriais estão mais avançadas na implementação do BIM do que as empresas de projetos residenciais, pois projetos industriais são mais bem remunerados (cerca de 5% do valor da obra) e tem mais investimento em TI.

A história da implementação do BIM na empresa D começou em 2001, quando o entrevistado D1 recebeu em BH a visita de um industrial da cidade de Uberaba, MG, que lhe mostrou alguns modelos feitos em Xsteel (antigo nome do Tekla) e disse: "Tenho alguns projetos para você, mas só quero o modelo 3D. Mande seus técnicos a Uberaba e nós lhes ensinaremos o que fazer". O entrevistado D1 aceitou o desafio, e dez anos depois os modelos

BIM geram arquivos CNC para a fabricação automática de estruturas metálicas, o que, conforme Tobin (2008), é característica da fase BIM 2.0. A licença de utilização do Tekla custou trinta e cinco mil dólares e a empresa paga quinze mil reais por anos de manutenção e atualização de versões.

Apesar da fase BIM 2.0 (TOBIN, 2008) em estruturas metálicas, a empresa D ainda faz projetos da forma 2D tradicional. O entrevistado D1 explica que os engenheiros e projetistas experientes pertencem a uma geração que começou a carreira projetando com lápis, não tem muita aptidão com informática e fez um grande esforço para aprender CAD. “Não compensa treinar estes profissionais, pois eles estão pensando na aposentadoria”, completa D1. A empresa patrocina o aprendizado da nova geração e mantém os experientes gerenciando e transferindo conhecimentos para os mais novos, que além de terem maior interesse em aprender, custam mais barato para a empresa. Estas práticas são cíclicas, comuns e tradicionais na área de projetos, mas com o rápido desenvolvimento de novas tecnologias, o ciclo se torna mais curto. Segundo o entrevistado D1, esta fase de transição deve durar de 5 a 10 anos, que é o tempo médio de aposentadoria dos mais velhos.

A implementação do BIM na empresa F se restringiu ao projeto básico de estruturas metálicas, concreto e mecânica. Sobre o aprendizado, o entrevistado F1 deu destaque aos colegas de trabalho. Um experiente trabalha ao lado de um aprendiz dando suporte e supervisionando. Este método de aprendizado é mais eficiente, embora o tempo de projeto fique maior. Mas adverte que o aprendiz não deve fazer perguntas a todo tempo. É fundamental que primeiro tente resolver o problema sozinho, e só então procure ajuda. Assim, ele não esquece o que aprendeu e interrompe menos o trabalho do experiente. O entrevistado F1 aconselha que na fase de aprendizado não se façam alterações na configuração-padrão do *software*. Isto só deve ser feito quando se possui pleno domínio da ferramenta. O aprendizado é mais eficiente quando se procura descobrir os recursos do *software*, e não quando se procura fazer com que ele se adapte à empresa.

A empresa G começou a implementar o BIM em 2007 por exigência dos clientes. Para definir quais ferramentas seriam mais adequadas às suas necessidades, a empresa contratou especialistas para examinar as opções disponíveis no mercado, e eles recomendaram o Smartplant\_3D. Realizou-se um teste-piloto, consolidando-se os modelos de várias disciplinas para se detectarem interferências. Os especialistas recomendaram que os modelos fossem mantidos em servidores confiáveis, para que as informações pudessem ser acessadas com segurança de qualquer parte do mundo. Concluíram também que havia a necessidade de se

padronizarem terminologias e objetos com a participação de todas as equipes. Segundo o entrevistado G1, a tecnologia BIM tem possibilitado à empresa propor soluções para problemas nos setores de mineração e siderurgia.

A empresa H realiza projetos arquitetônicos e procura incentivar seus parceiros que fazem os projetos das demais disciplinas a também implementarem o BIM, para então consolidar os modelos e compatibilizar os projetos. O desenvolvimento do BIM na empresa sofreu um desgaste devido à dificuldade de se obterem objetos 3D com especificações técnicas, que, segundo o entrevistado H1, deveriam ser disponibilizados pelos fornecedores. O entrevistado H1 afirma que a habilitação da mão de obra não é um fator relevante para a empresa, pois a nova geração de profissionais aprende com facilidade.

Ao iniciar a implementação do BIM, a empresa J estabeleceu como objetivo, na primeira fase, a criação de modelos arquitetônicos, a geração automática de desenhos 2D e o incentivo de suas empresas parceiras a implementar a tecnologia. Os projetos complementares de estruturas e instalações continuam sendo desenvolvidos na forma tradicional. Segundo o entrevistado J1, coordenador da implementação do BIM, “a interoperabilidade foi deixada para a segunda fase, pois implementar o BIM é como trocar o pneu com o carro andando, ou seja, a empresa não pode parar de produzir”. Portanto, a empresa estabeleceu estratégias de curto e médio prazo, está criando bibliotecas de objetos, treinando as equipes, e contratou uma consultoria externa. O entrevistado J1 diz ainda que alguns retrocessos e ajustes fazem parte natural do progresso.

A implementação da tecnologia BIM na empresa K foi precedida por uma fase de aprendizado. O entrevistado K1 acredita que os arquitetos são mais aptos a entender, propor e gerenciar um empreendimento do que os engenheiros, mas constatou que os arquitetos deixaram de lado esta função, pois evitam obra e construção, enquanto os engenheiros já saem da faculdade pensando em gerir a própria construtora. Então o entrevistado K1 se dedicou a aprender o *software* Revit, estudando o tutorial, trocando informações com outros profissionais e participando de fóruns via Internet. Esta fase durou aproximadamente quatro anos, pois o aprendizado do *software* precisou ser interrompido quando surgiram dúvidas de engenharia de construção, do tipo: como são feitas as ligações entre uma viga metálica e um pilar de concreto? Qual a espessura de um reboco? Qual a espessura do rejunte em um revestimento cerâmico? O entrevistado K1 afirma que “a dificuldade foi grande, mas compensou o sacrifício. Dentro de alguns anos não se farão mais projetos em CAD, e quem planta mais cedo, colhe mais frutos”.

A implementação do BIM na empresa M teve início em 2008. Contratou-se uma consultoria para dar suporte e treinamento aos arquitetos da empresa na utilização do *software* Revit. Constatou-se que a implementação da tecnologia BIM requer que arquitetos e engenheiros tenham mais conhecimento de obra. Após a realização do curso, o aprendizado continuou por meio dos tutoriais fornecidos pela Autodesk e pelo estudo de detalhamentos nos processos construtivos.

#### **4.3 Utilização de ferramentas BIM**

Verificou-se, nesta pesquisa, que muitos projetistas aplicam conceitos BIM em seus projetos, mas desconhecem as terminologias da tecnologia. Esta conclusão pode-se exemplificar com o fato de que alguns entrevistados em empresas de projetos industriais disseram não saber o que é o BIM, mas utilizam *softwares* parametrizados para associar geometria 3D a especificações técnicas, checar interferências entre modelos estruturais, elétricos e de tubulações, além de fazer simulações de funcionamento de uma fábrica.

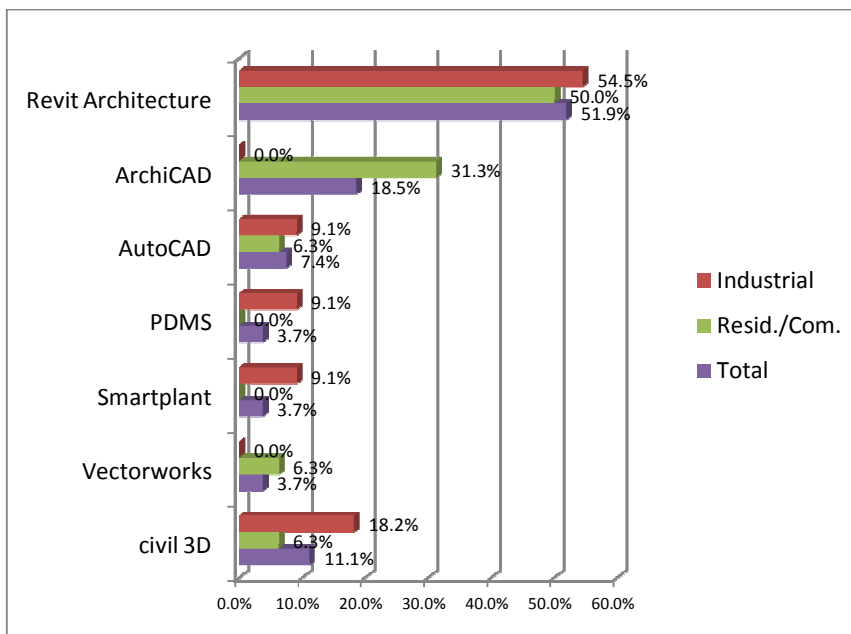
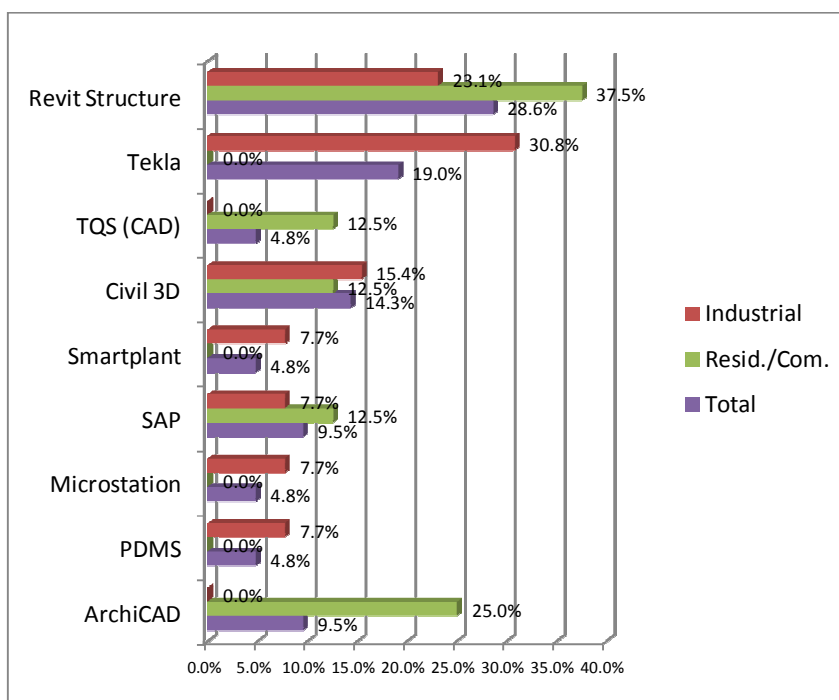
Observou-se também, nesta pesquisa, que os profissionais entrevistados não identificam todos os *softwares* que as empresas utilizam, mas apenas aqueles dos quais a empresa possui licenciamento de uso. O Quadro 22 apresenta os principais softwares utilizados nas empresas, identificados nos questionários e entrevistas. Como ilustração desta premissa, cita-se o fato de que o gerente de uma empresa afirmou que só trabalha com o *software* Tekla na disciplina de estruturas metálicas, mas um projetista da mesma empresa afirmou que utiliza também outros *softwares*. O pesquisador concluiu que possivelmente seja medo de fiscalização por parte das empresas fabricantes de *software*.



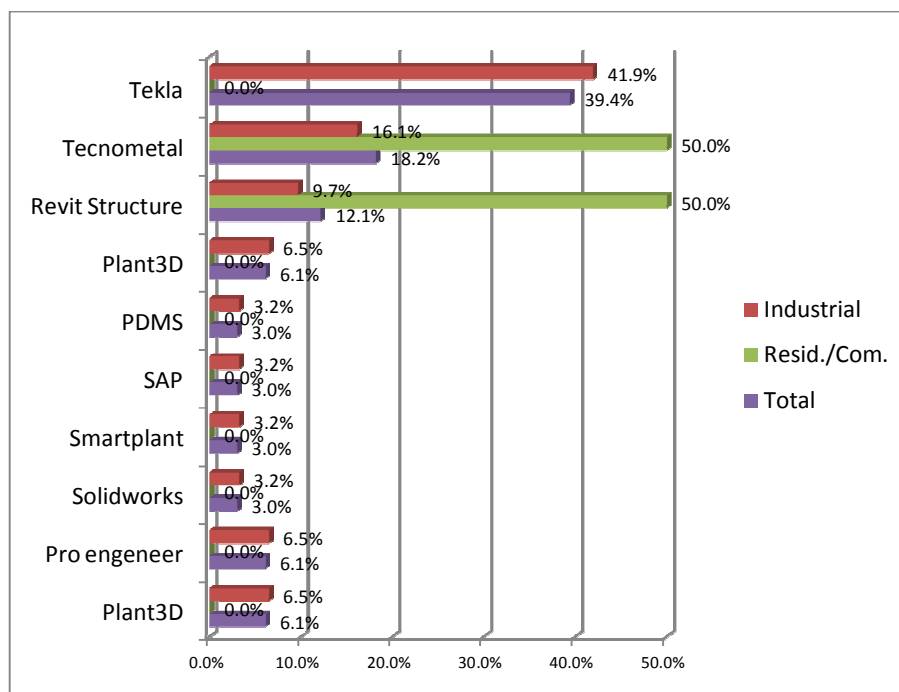
Empresa	Industriais							Resid./Comerc.				
	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M
ArchiCAD	x					x		x	x	x	x	x
Revit	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x
Microstation		x	x		x		x		x		x	
Tekla Structures	x	x	x	x	x	x			x		x	
Smartplant3D	x	x	x				x					
Proengineer	x				x							
Inventor	x	x	x		x	x						
PDMS	x	x										
AutoCAD	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
PLANT 3D		x										
Naviswork		x										x
Autoplant		x										
3D max		x										
Civil 3D		x							x			
Tecnometal			x									
Solidworks			x	x	x	x						
sketchup								x	x	x	x	x
Vectorworks									x		x	

Quadro 22 – Principais softwares utilizados

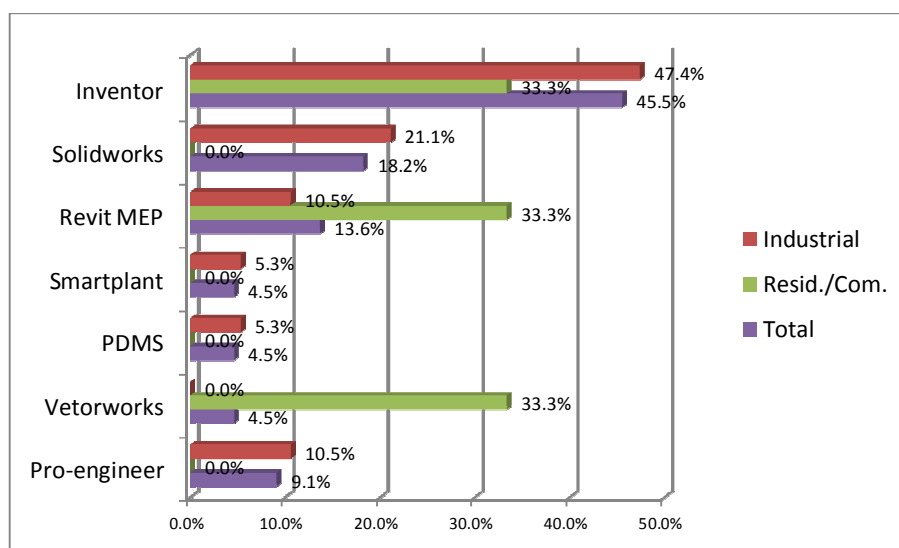
O questionário apresentou uma lista de *softwares* na qual havia um campo para se incluírem outros *softwares* utilizados pelos profissionais entrevistados. O Gráfico 12 mostra que os *softwares* mais utilizados na disciplina de arquitetura são o Revit Architecture (51,9%), seguido do ArchiCAD (18,57%). O Gráfico 13 mostra que os *softwares* mais utilizados nas disciplinas de estruturas de concreto são o Revit Structure(28,6%), seguido do Tekla (19,0%).

Gráfico 12 – *Softwares* mais utilizados – ArquiteturaGráfico 13 – *Softwares* mais utilizados – Estruturas de concreto

Na disciplina de estruturas metálicas, mostrada no Gráfico 14, os *softwares* mais utilizados foram o Tekla (41,9%), seguido do Tecnometal (18,2%) e no terceiro plano, o Revit Estructure(12,1%). O Tecnometal foi apontado pelos entrevistados, embora não seja uma ferramenta BIM, pelo fato de ser um *software* aplicativo sobre a plataforma do CAD.

Gráfico 14 – *Softwares* mais utilizados – Estruturas metálicas

O predomínio da Autodesk volta a ser notado na disciplina de mecânica, mostrado no Gráfico 15, cujo *software* mais utilizado foi apontado como sendo o Inventor (45,5%), seguido do Solidworks (18,2%) e do Revit MEP (13,6%).

Gráfico 15 – *Softwares* mais utilizados – Mecânica

A análise das entrevistas e das informações contidas no Gráfico 16 mostram que o modelamento de tubulação e caldeiraria em projetos industriais é realizado com os *softwares* PDMS e Smartplant. Em projetos residenciais e comerciais, o modelamento é feito no *softwares* Revit MEP, Solidworks e Plant3D. Porém o Plant3D, *software* desenvolvido sobre a plataforma do AutoCAD, não é considerado uma ferramenta BIM, pois não é parametrizado.

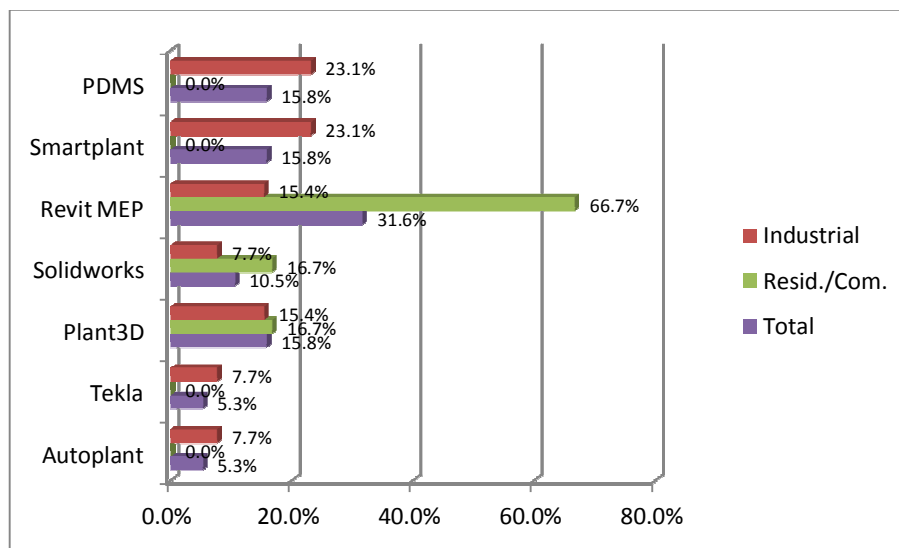


Gráfico 16 – *Softwares* mais utilizados – Tubulação

Para a consolidação de todo o empreendimento em um só modelo, a partir dos modelos criados nas várias disciplinas em vários *softwares*, apontaram-se, no Gráfico 17, em projetos industriais os *softwares* Smartplant(38,1%) e PDMS(33,3%) para a compatibilização de modelos de grandes usinas siderúrgicas e mineradoras, enquanto o Navisworks é predominantemente utilizado na compatibilização de edifícios residenciais e comerciais.

Citaram-se ainda os *softwares* Volare e MSProject, que interagem com orçamento e planejamento, e o *software* de cálculo estrutural TQS, que, segundo os entrevistados, interage bem com as ferramentas BIM. Constatou-se também, nas entrevistas, que todas as empresas que estão em processo de implementação da tecnologia BIM também utilizam intensivamente as ferramentas do processo de projeto tradicional, como AutoCAD, Excel e Sketchup.

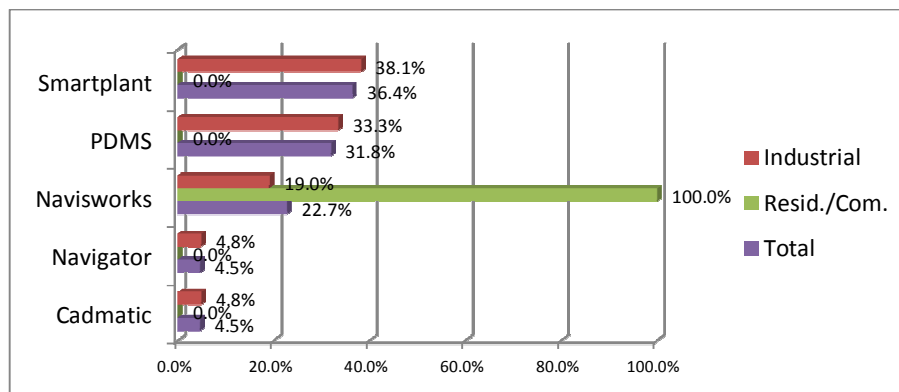


Gráfico 17 – *Softwares* mais usados para compatibilizar e detectar interferências

Apontou-se um percentual de 72,2% para tutoriais e fóruns na Internet como o principal meio utilizado no aprendizado das ferramentas BIM. Os profissionais que afirmaram ter feito cursos na fase inicial do aprendizado (27,8%), nas fases mais avançadas utilizam como recursos tutoriais e consultas a fóruns e aos colegas. Foi possível constatar que a predominância da formação de profissional por tutoriais é um característico de um processo de implementação do BIM. Nesse aspecto, observou-se que o conceito BIM está associado à simples utilização de *softwares*, deixando-se de lado outras questões, como a Gestão do processo de projeto, bem como a integração projeto-obra.

Na empresa A, utilizam-se diferentes *softwares* para as disciplinas de arquitetura, mecânica, tubulação, e estruturas de concreto e metálicas, e posteriormente consolidam-se os modelos para a checagem de interferências e para planejamento do canteiro de obras. O entrevistado A1 utiliza basicamente o *software* Pro-Engineer, e afirma que as interfaces com Inventor e Solidworks são muito semelhantes. Para criar modelos de equipamentos mecânicos, a empresa utiliza os *softwares* Inventor, Revit, PDMS e Smartplant, e no modelamento arquitetônico utiliza tanto o Revit quanto o ArchiCAD. Em modelos de estruturas metálicas, utiliza o Tekla.

Sobre interoperabilidade, a empresa utiliza os protocolos SDF e IFC, mas no processo de importação e exportação de arquivos perde-se muito da inteligência paramétrica. “Não é fácil exportar parâmetros de um *software* para outro”, complementa o entrevistado A2.

O setor de gerenciamento de projetos da empresa B conta com um Administrador de Banco de Dados, que controla os diversos níveis de permissões de acesso aos modelos. Todos possuem permissão de leitura, podendo ver o que cada um está fazendo em cada disciplina,

mas as permissões de alteração são restritas e controladas. A checagem de interferências e a emissão de relatórios são feitas com os *softwares* Navisworks e Navigator.

Equipamentos mecânicos são modelados com o Inventor, Pro-Engineer e PDMS; modelos de tubulação são feitos com Plant3D, Autoplant e PDMS; modelos arquitetônicos são feitos com o Revit Architecture; estruturas de concreto, com Microstation e Civil3D; estruturas metálicas são modeladas em Revit Structure, Tekla, Plant3D e Tecnometal. Estes dois últimos são úteis para modelamento, embora não sejam ferramentas BIM, pois não são parametrizados. PDMS e Smartplant\_3D são as ferramentas mais poderosas e robustas do mercado, mas possuem as licenças mais caras, sendo utilizadas em projetos mais complexos. Os produtos da Autodesk são utilizados em projetos mais simples.

A empresa B mantém convênios com universidades para o desenvolvimento no uso da tecnologia BIM e possui contrato com a Autodesk para utilizar seus produtos, enquanto ajuda no aprimoramento dos *softwares*. Ao ser questionado sobre quais *softwares* predominam no mercado, o entrevistado B3 afirmou que cada *software* tem uma fatia de mercado conforme a disciplina; e diz que a liderança do AutoCAD em projetos 2D em todas as disciplinas se explica pelo fato de se tratar apenas de figuras geométricas. A escolha dos *softwares* em cada projeto depende do cliente, das exigências técnicas, dos recursos disponíveis e de cada disciplina, mas quando o cliente não faz nenhuma exigência, escolhe-se preferencialmente trabalhar com os produtos da Autodesk. Há casos em que um projeto começa com uma ferramenta e termina com outra.

Conforme o entrevistado B3, na escolha das ferramentas considera-se também a interoperabilidade. Embora a interoperabilidade do PDMS seja bastante complexa, ele roda sobre o banco de dados SQL e tem a vantagem de manter o histórico de cada alteração feita no modelo, identificando usuário, data e hora. Para os outros *softwares*, a empresa utiliza o sistema de segurança da Microsoft, em que permissões de acesso são gerenciadas conforme os grupos de usuários. Por meio dos nomes de arquivos e pastas de trabalho, identifica-se a disciplina e o serviço.

A empresa B possui três equipamentos de escaneamento a *laser*, que segundo Groetelaars e Amorim (2011), é uma estação topográfica que gera nuvens de pontos. A partir destes pontos, gera-se o modelo de um edifício existente, conforme ilustrado na Figura 32 e na Figura 33. Este modelo pode ser utilizado para verificar se a construção foi realizada conforme as especificações, ou então em reformas de edifícios que foram projetados na forma

tradicional 2D. A transformação da nuvem de pontos em um modelo é um complicado processo em que o engenheiro utiliza um *software* para associar um grupo de pontos a objetos.

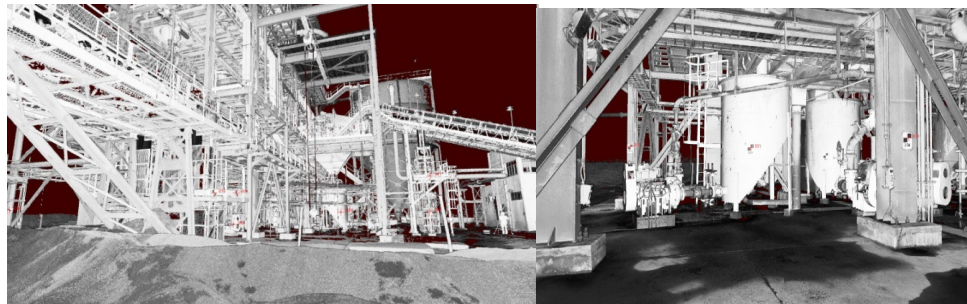


Figura 32 – Nuvem de pontos

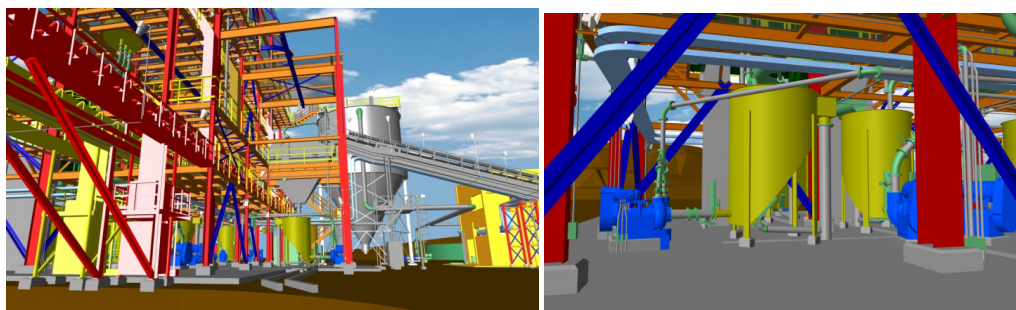


Figura 33 – Modelos gerados a partir da nuvem de pontos

A empresa B possui uma equipe de profissionais cuja responsabilidade é prover suporte técnico das ferramentas BIM, analisar cada *software* disponível no mercado apresentando as vantagens e desvantagens de cada um, e criar mecanismos para a automação de projetos, personalizando cada ferramenta conforme a disciplina. Estas análises ajudam na definição de quais *softwares* serão utilizados em cada empreendimento. No processo de projeto conceitual, algumas imagens e vídeos são renderizados com o *software* 3DMAX, para que o cliente possa ter um vídeo realístico preliminar (com a função apenas de apresentação) de seu empreendimento com texturas e fotografias. Ainda em uma fase embrionária, a empresa está começando a utilizar o BIM em impactos ambientais. Segundo o entrevistado, a empresa está estudando alguns parâmetros do REVIT que permitem identificar componentes que são prejudiciais ao meio ambiente.

Segundo o entrevistado B3, o *software* Navisworks é importante na empresa, pois com ele se fazem simulações de um operário andando por uma fábrica, em que só se pode passar por lugares onde há abertura e altura suficientes, conforme ilustrado na Figura 34. Não requer

computadores de alta capacidade de processamento e memória e pode-se usar para detectar interferências (*clash detector*).



Figura 34 – Modelos de uma fábrica virtual

Na equipe de estruturas metálicas da empresa C, utilizam-se os *softwares* Tekla, que é uma ferramenta BIM para modelagem estrutural, e o Tecnometal, que é um *software* desenvolvido com base no AutoCAD. Na arquitetura, utiliza-se o Revit, na Mecânica o Inventor, e na tubulação se utiliza o Solidworks. Na decisão sobre qual *software* utilizar em cada projeto, se o cliente não faz exigências, as equipes têm a liberdade de escolha. A compatibilização dos projetos se faz após a consolidação de todos os modelos do empreendimento no Smartplant\_3D ou PDMS, conforme a exigência do cliente. Ambos são *softwares* robustos capazes de conter um modelo completo de uma fábrica com todos os edifícios e equipamentos. Um dos clientes, a companhia Vale, exige o Smartplant\_3D; já a Petrobrás requer a utilização do PDMS. O entrevistado C1 afirmou que a forma de aprendizado das ferramentas BIM é basicamente por meio de tutoriais e troca de informações entre colegas de trabalho, principalmente entre os jovens, que têm mais habilidade com ferramentas computacionais do que os projetistas mais experientes.

Segundo o entrevistado D1, a empresa D é pioneira em BH na utilização do *software* Tekla para modelamento de estruturas metálicas e presta serviços de consultoria a empresas que estão iniciando o processo de implementação da tecnologia BIM. Além do modelamento, geram-se desenhos de detalhamento, códigos para máquinas CNC, lista de material e lista de parafusos. As indústrias fabricantes de estruturas metálicas possuem máquinas de controle numérico (CNC) que cortam e furam automaticamente chapas e perfis metálicos. A empresa gera os arquivos CNC para estas máquinas, o que representa rapidez e qualidade na indústria.

O entrevistado D1 diz que na concepção de um empreendimento nas grandes empresas de mineração e siderurgia do país utiliza-se o *software* Smartplant\_3D para a consolidação



dos modelos de todas as disciplinas (estruturas metálicas, estruturas de concreto, instalações elétricas, equipamentos mecânicos, caldeiraria e tubulação), embora cada disciplina utilize *softwares* distintos em seu modelamento. A empresa D já utilizou o *software* Revit Structure, mas o abandonou por ser um *software* que requer computadores com alta capacidade gráfica e de memória, e que tem custos mais elevados. A empresa possui também o *software* Tecnometal, da mesma forma específico para estruturas metálicas, que é mais adequado para estruturas mais simples. O Tekla é um banco de dados que apresenta um bom desempenho mesmo nos computadores comuns, predominantes no mercado.

O entrevistado E1, que é o responsável por modelamento 3D na empresa E, disse que possui conhecimento dos *softwares* Inventor, Revit, Tekla e Navisworks, mas, “o AutoCAD atende às necessidades da empresa”. O entrevistado disse também que, a empresa fez alguns experimentos com o REVIT, mas embora os líderes da empresa tenham consciência da importância da tecnologia BIM, decidiu-se continuar com o AutoCAD. Isto pode ser um indício de que a empresa não executou um planejamento para a implementação do BIM.

Na empresa F, o modelamento de estruturas metálicas é executado com o *software* Tekla, que gera arquivos CNC que são enviados à fábrica de estruturas metálicas para furar, cortar e identificar cada peça da estrutura. No modelamento de equipamentos mecânicos, utilizam-se os *softwares* Inventor e Solidworks. Modelos de estruturas de concreto são feitos com o Revit Structure. A verificação de interferências é feita consolidando-se todos os modelos no *software* Cadmatic por meio de protocolo de comunicação no formato SDNF. Geram-se, a partir dos modelos, desenhos 2D que são os documentos exigidos em contratos.

Na empresa G, os modelos gerados em cada disciplina são consolidados com os *softwares* Smartplant\_3D ou PDMS, conforme o projeto. Estes dois *softwares* são adequados para se desenvolverem eficientemente projetos bastante complexos. O entrevistado G1 afirma que os *softwares* da Autodesk são adequados para projetos residenciais e comerciais, mas ela está procurando entrar no mercado de projetos industriais oferecendo os *softwares* Navisworks, para visualização e identificação de interferências, e o Revit, para arquitetura e estruturas.

Arquitetos e engenheiros na empresa H participam do processo de projeto dentro do conceito de engenharia simultânea. O entrevistado H1 afirma que “não se inicia uma obra sem que todos os projetos estejam prontos e compatibilizados”. A empresa contratou um arquiteto com habilidades em Revit e ArchiCAD para executar um projeto-piloto com vistas à

implementação do BIM. Esta avaliação durou aproximadamente 3 meses, e ao final deste período optou-se pelo Revit, que, segundo os arquitetos da empresa, possui uma interface mais amigável do que o ArchiCAD.

Como responsável pela implementação do BIM na empresa J, o entrevistado J1 foi nomeado coordenador de projeto da empresa, a qual contratou a assessoria de um especialista em Revit e fez parcerias com instituições de ensino. A empresa também comparou os *softwares* ArchiCAD e Revit, e optou pelo Revit, embora tenha concluído que o suporte técnico da Autodesk é ineficiente.

A implementação do BIM da Empresa J vai um passo além da experimentação dos *softwares*, que é o procedimento comum nas empresas. Ela é composta das seguintes fases: levantamento do processo de projeto atual, desenvolvimento de novos processos, criação de bibliotecas de objetos e integração com outros *softwares*. O processo de projeto inicia-se com os estudos topográficos e de terraplenagem, feitos no *software* Civil3D. O projeto arquitetônico, anteriormente executado com os *softwares* Sketchup e AutoCAD, passou a ser modelado no Revit. Os cálculos estruturais são realizados por uma empresa parceira que utiliza o *software* TQS. Esta empresa estuda os protocolos de comunicação para integrá-los com o Revit.

Segundo o entrevistado K1, dentre os alunos que fazem cursos de Revit Architecture predominam os arquitetos, sendo que apenas 5% deles continuam trabalhando com o *software* após o término do curso. E explica a presença minoritária de engenheiros nos cursos dizendo que as disciplinas de engenharia utilizam outros *softwares*. Os engenheiros que aprendem Revit, na empresa K, trabalham em escritórios de projetos em Belo Horizonte que possuem vínculo com empresas estrangeiras e realizam projetos de grande complexidade. Essas empresas estão em fase mais avançada no processo de implementação do BIM.

O *software* Revit (Architecture, Structure e MEP), segundo o entrevistado K1, possui uma interface com o usuário bastante amigável e uma lógica bastante simples, embora ao se compararem as curvas de aprendizagem entre o CAD e uma ferramenta BIM se conclua que são bem diferentes. No CAD, é possível iniciar o aprendizado e simultaneamente começar a projetar, porém no BIM é necessário um conhecimento avançado do *software* antes de se conseguir criar um modelo. Além do mais, afirma o entrevistado K1, as ferramentas BIM são *softwares* que não estão completamente desenvolvidos, e a interoperabilidade é bastante complexa. Como exemplo, cita o fato de que a comunicação entre um modelo arquitetônico

gerado pelo Revit e um modelo estrutural gerado pelo TQS não é fácil, pois a concepção lógica de ambos é diferente. E conclui dizendo que a comunicação entre *softwares* da mesma empresa é razoável, mas a interoperabilidade entre *softwares* de empresas diferentes só virá em longo prazo.

Ao ser questionado sobre a importância das tecnologias modernas, o entrevistado K1 disse que as ferramentas ajudam no processo de projeto, mas não constituem o elemento principal para o sucesso. O entrevistado K1 exemplificou que a complexidade dimensional, construtiva e formal de uma antiga catedral gótica é semelhante à de um complexo edifício moderno, e a grande diferença é que as construções antigas gastavam um tempo bem maior do que as modernas para serem construídas. Afirmar ainda que a diferença entre a tecnologia do lápis e papel e as tecnologias modernas, como o BIM, é que estas permitem armazenar e recuperar uma quantidade de informação muito maior do que aquelas, em tempo menor. No processo de projeto e construção tradicional, a tomada de decisão é muito lenta, mas com as ferramentas BIM a tomada de decisão é mais rápida.

Na empresa L, utilizam-se, para modelos arquitetônicos, estruturais e de instalações os *softwares* Revit Architecture, Revit Structure e Revit MEP, respectivamente. Assim como são necessários materiais para uma construção real, também são necessárias as bibliotecas de objetos 3D para o modelamento, que é uma construção virtual. O Revit possui uma biblioteca em que, embora seja típica da indústria da construção norte-americana, os objetos, segundo a afirmação do entrevistado L1, podem se adaptar aos insumos utilizados na indústria de construção brasileira.

Na empresa M, após a concepção do modelo arquitetônico no Revit, geram-se desenhos 2D para utilização nos projetos complementares das demais disciplinas. O entrevistado M1 aponta duas razões para não se fazer modelamento em engenharia: (1) A interoperabilidade dos *softwares* ainda possui muitas falhas, dificultando a leitura dos modelos arquitetônicos. (2) A criação de modelos BIM requer o detalhamento de processos construtivos que os projetistas não estão acostumados a fazer.

Confirmando o fato de que o BIM não é apenas a utilização de novas ferramentas, mas uma tecnologia que atende às necessidades e características específicas de cada disciplina, incluindo os processos de produção, constatou-se, nesta pesquisa, que em cada disciplina predominam diferentes *softwares*.

#### 4.4 Desafios da tecnologia BIM

Solicitou-se, no questionário, que os participantes avaliassem as dificuldades e os desafios enfrentados na implementação da tecnologia BIM, sendo a nota 0 (zero) equivalente a nenhuma dificuldade, a nota 5 (cinco) a dificuldade razoável, e a nota 10 (dez) a muita dificuldade.

A comparação dos dados do Gráfico 18 com o perfil dos profissionais que responderam ao questionário (observações feitas nas entrevistas presenciais) permite a constatação de alguns fatos significativos: 75% dos profissionais que responderam ao questionário são jovens que desde a infância possuem familiaridade com computadores. Este fato explica as notas dadas ao quesito “medo do desconhecido” (nota 3,0) e ao quesito “tecnologia muito complexa” (nota 3,0). As maiores dificuldades apontadas relativas ao processo de implementação da tecnologia BIM foram a pouca interação entre universidades, empresas e Governo (nota 7,1), a falta de mão de obra especializada (nota 6,9) e a desconformidade das bibliotecas de objetos dos *softwares* em relação às normas técnicas brasileiras (nota 7,1).

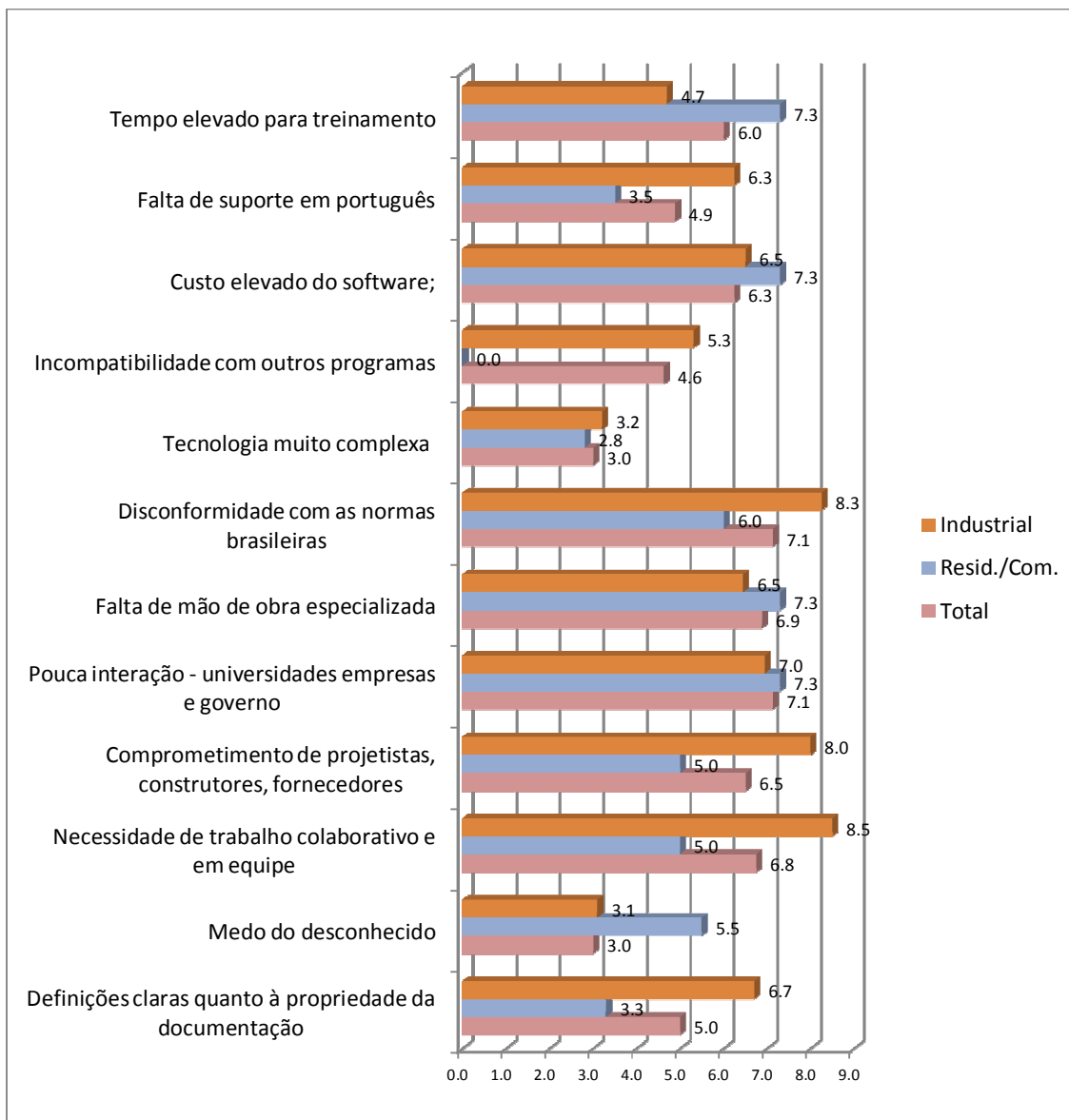


Gráfico 18 – Dificuldades na implementação do BIM (avaliação por notas)

A análise do Quadro 23 mostra que o custo de *softwares* é um desafio menos significativo para projetos industriais (nota 6,5) do que para projetos residenciais e comerciais (nota 7.3). Observa-se também que desafios relativos a interoperabilidade foram mais realçados em projetos industriais (nota 5,3) do que em projetos residenciais e comerciais (nota 3), sendo um reflexo do fato de que as empresas de projetos industriais já se encontram em direção à fase BIM 2.0, que conforme Tobin (2008) é a fase da interoperabilidade.

Desafios da tecnologia BIM	Industrial	Resid./Com.	Total
Tempo elevado para treinamento	4.7	7.3	6.0
Falta de suporte em português	6.3	3.5	4.9
Custo elevado do software;	6.5	7.3	6.3
Incompatibilidade com outros programas	5.3	3,0	4.6
Tecnologia muito complexa	3.2	2.8	3.0
Disconformidade com as normas brasileiras	8.3	6.0	7.1
Falta de mão de obra especializada	6.5	7.3	6.9
Pouca interação - universidades empresas e governo	7.0	7.3	7.1
Comprometimento de projetistas, construtores, fornecedores	8.0	5.0	6.5
Necessidade de trabalho colaborativo e em equipe	8.5	5.0	6.8
Medo do desconhecido	3.1	5.5	3.0
Definições claras quanto à propriedade da documentação	6.7	3.3	5.0

Quadro 23 – Principais desafios na implementação do BIM

Ao serem solicitados a classificar as dificuldades encontradas na implementação do BIM, 46,2% apontaram a utilização de *softwares*, enquanto 53,8% ressaltaram os processos de projeto e construção. Estas respostas, mostradas no Gráfico 20, estão em harmonia com a premissa básica apontada pela revisão bibliográfica de que o BIM não é um novo *software*, mas uma nova maneira de construir. O questionário estimulou o detalhamento dessas respostas e o resultado se apresenta no Gráfico 21, em que as dificuldades relacionadas aos *softwares* contêm o símbolo (S), e as dificuldades relativas aos processos construtivos estão identificadas com o símbolo (P).

As respostas apresentadas nos Gráficos 19 e 20, relativas às dificuldades e aos desafios na implementação do BIM, são um demonstrativo de que há uma predominância de empresas que no processo de implementação se situam na fase BIM 1.0, uma fase que é parte de um amplo processo que Tobin (2008) classifica como BIM 1.0, BIM 2.0 e BIM 3.0.

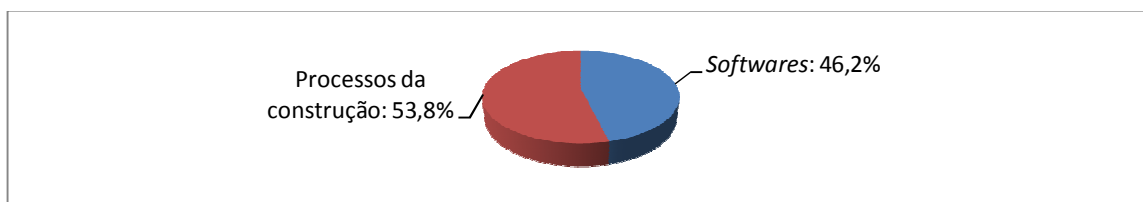


Gráfico 19 – Classificação das dificuldades na implementação do BIM

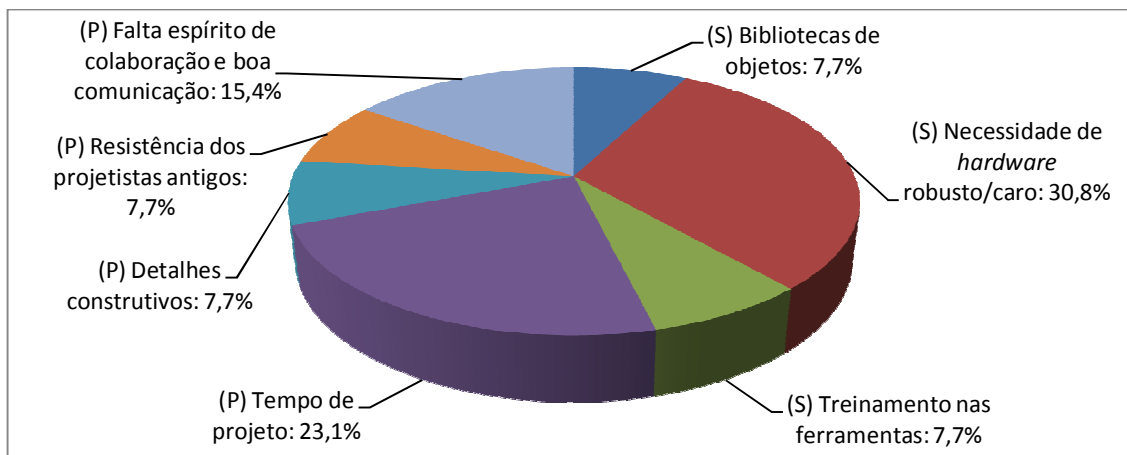


Gráfico 20 – Detalhamento da classificação das dificuldades na implementação do BIM

O fato de todas as entrevistas presenciais terem sido transcritas, possibilitou a identificação e seleção de informações relevantes para a pesquisa.

A mudança no processo de projeto é um grande desafio para se implementar a tecnologia BIM na empresa A. O entrevistado A1 relembra que na transição do projeto em papel para o projeto com o auxílio do computador mantiveram-se muitas práticas antigas e desnecessárias, como, por exemplo, imprimir um desenho para que um projetista experiente faça as correções. O entrevistado A1 acredita que a transição da metodologia atual 2D para a tecnologia BIM será diferente; os projetistas mais experientes continuarão a projetar em 2D até se aposentarem, e os novos profissionais, que têm facilidade para trabalhar com ferramentas 3D, aprender utilizando tutoriais e consultando fóruns na Internet assumirão progressivamente a liderança, mudando o processo de projeto conforme requer a tecnologia BIM.

Segundo o entrevistado B2, um grande desafio da empresa B em implementar o BIM é a carência de mão de obra especializada, notadamente de profissionais com habilidade de importar/exportar modelos de um *software* para outro. Segundo o entrevistado B3, a interoperabilidade é uma deficiência generalizada e um desafio que os fabricantes de *softwares* precisam resolver. As empresas de projetos estão cobrando soluções, mas isso é muito mais complexo do que parece. O entrevistado B3 explica que a concepção de um *software* é feita com base em como os cientistas antevem as tendências no desenvolvimento da tecnologia de *hardware*, ou seja, os *softwares* são desenvolvidos com base em prognósticos. Por essa razão, é comum o desenvolvimento de um *software* seguir uma

engenharia de sistemas, e o de outro *software* seguir outra. Neste caso, a comunicação entre eles se torna muito complexa.

Por exemplo, a Autodesk desenvolveu o Revit com base na premissa de um grande desenvolvimento gráfico e de memória em *hardware*. A empresa Aveva desenvolveu o PDMS com base na premissa de um maior desenvolvimento na capacidade de processamento dos computadores, o que de fato aconteceu. Consequentemente, o PDMS tem um excelente desempenho em computadores menos sofisticados, e o Revit requer computadores caros com muita capacidade de memória e vídeo. Como a engenharia dos *softwares* é diferente, a comunicação entre eles é complexa.

A empresa B está implantando um banco de dados contendo a geometria 3D e as características técnicas de cada objeto que utiliza em modelamento BIM. O desenvolvimento deste sistema ainda está em sua fase preliminar, e como a maioria dos fabricantes e fornecedores não dispõe de modelos 3D dos seus produtos, a empresa B cria os modelos. Este é um trabalho que consome muito tempo e deixa os líderes do projeto ansiosos quanto ao cumprimento de prazos, mas à medida que a biblioteca de objetos vai aumentando, o trabalho vai ficando mais fácil. Conforme o entrevistado B3 afirma, “Este é ainda um processo difícil de gerenciar junto aos clientes, mas faz parte do processo de mudança”.

O entrevistado C1 ilustra um desafio da empresa C dizendo que “Se um equipamento de alta pressão que deve resistir 900 libras for especificado erroneamente para resistir 150, poderá haver um grande prejuízo no *startup* da fábrica. Antes da adoção do BIM, a chance de um fato como esse acontecer era muito maior; mesmo assim os clientes priorizam mais o tempo de execução de projeto do que a qualidade”.

Os projetos representam apenas 5% do custo de um empreendimento industrial, conforme afirma o entrevistado C1. Analisando estes fatos, o pesquisador conclui que a criação de índices de verificação da segurança de um edifício industrial em relação ao tempo de projeto ajudaria os clientes a disponibilizarem mais tempo para o projeto.

O grande desafio citado pela empresa D é a interoperabilidade entre o *software* SAP, utilizado para o cálculo das estruturas, e as ferramentas BIM. O entrevistado D1 explicou que exportam as linhas de centro geradas pelo SAP para o Tekla ou outra ferramenta BIM, onde se cria o modelo da estrutura. Quando se modifica o modelo, calcula-se novamente a estrutura pelo SAP, repetindo-se o ciclo.



As grandes dificuldades que a empresa F enfrenta na implementação da tecnologia BIM são: (1) custo elevado de *softwares* e *hardwares*; (2) os profissionais mais antigos desejam aprender a nova tecnologia, mas sentem muita dificuldade; (3) os curtos prazos praticados nas contratações de serviços de projetos comprometem o aprendizado, que requer tempo. A empresa busca, então, gerenciar o tempo dedicado ao aprendizado das novas ferramentas sem comprometer o cumprimento dos cronogramas de produção. Ao mesmo tempo, procura negociar prazos contratuais mais adequados às necessidades do processo de implementação da tecnologia BIM. O entrevistado F1 cita também como desafio da tecnologia BIM a interoperabilidade, que não é satisfatória. O Inventor e o Revit têm boa compatibilidade entre si, pois são desenvolvidos pela Autodesk, mas os modelos gerados no Tekla e Solidworks não têm boa interação com os *softwares* desenvolvidos pela Autodesk. O entrevistado F1 afirma ainda que, quando se importa um modelo de uma ferramenta para outra, perdem-se muitos parâmetros.

Outro desafio enfrentado pela empresa F é a dificuldade de se manter a integridade entre os modelos BIM e os desenhos 2D, necessários para as disciplinas que não fazem modelamento. O entrevistado F1 afirma que, quando há alguma mudança no projeto básico, o modelo é revisado e os desenhos 2D são gerados novamente, repetindo-se o ciclo mostrado na Figura 35. Caso se façam alterações apenas no modelo ou nos desenhos 2D, ocorrem inconsistências e interferências que só se identificam na fase de construção. Segundo o entrevistado F1, trabalhar com o BIM não é tão simples quanto parece; o aprendizado das ferramentas é difícil, longo, e alterações em um objeto muitas vezes desencadeiam mudanças em outros objetos, às vezes difíceis de se perceberem e verificarem, correndo-se o risco de se obter um modelo confuso. O entrevistado F1 afirma que “os desafios e as dificuldades são muitos, mas ninguém que começa a trabalhar com o BIM deseja voltar a trabalhar em 2D”.

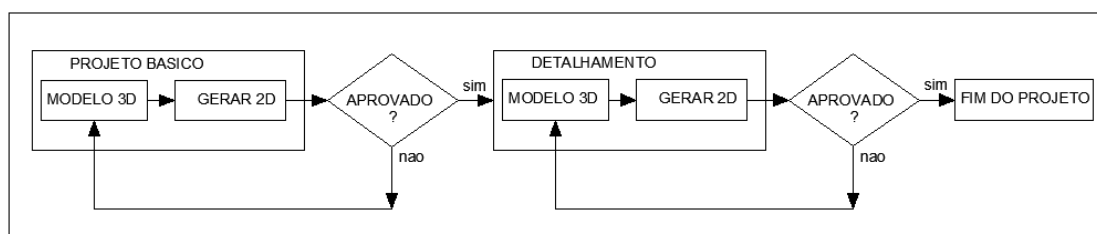


Figura 35 – Ciclo de projetos na empresa F

Um desafio apontado pela empresa G são as revisões de projeto. Quando há necessidade de grandes mudanças, revisa-se o modelo 3D e geram-se os desenhos 2D novamente, mas quando existem apenas pequenos ajustes, estes se fazem apenas nos desenhos 2D. Semelhantemente ao que acontece na empresa F, sempre há o risco de surgir alguma inconsistência que só se detectará na fase de construção.

O principal desafio apresentado pela empresa H é o elevado investimento necessário para o licenciamento dos *softwares*, o que representa uma porcentagem significativa do orçamento da empresa. O entrevistado H1 afirma que os escritórios que permitem o uso de *softwares* sem licença estão mais adiantados no processo de implementação da tecnologia BIM. A empresa H realiza o modelamento do projeto arquitetônico e gera automaticamente os desenhos 2D, que são encaminhados aos especialistas em cálculos estruturais, sistemas de instalações elétricas, hidráulica e outros. Consequentemente, a compatibilização de projetos é feita da forma tradicional. Outras dificuldades apresentadas foram a falta de mão de obra especializada e de bibliotecas de objetos. O entrevistado H1 compartilha da opinião do entrevistado F1 quando afirma que, apesar das dificuldades, o BIM não é um modismo, mas é uma tecnologia eficiente que todas as empresas adotarão.

O primeiro desafio enfrentado pela empresa J foi a necessidade que o Revit requer de computadores de grande capacidade gráfica e memória, o que significa investimentos elevados em *hardware*. O investimento em *software* não foi elevado, pois a empresa comprou as licenças de utilização do Revit vinculadas às licenças que possui do AutoCAD. Como projeto-piloto, o entrevistado J1 criou um modelo arquitetônico no Revit, simultaneamente ao projeto tradicional do mesmo edifício, com o objetivo de se adequar o processo de projeto da empresa ao BIM.

O segundo desafio, na opinião do entrevistado J1, é a interoperabilidade. Os protocolos de comunicação entre os *softwares* ainda estão em fase de desenvolvimento. Como exemplo, cita o fato de que o *software* de cálculo estrutural TQS oferece integração com as ferramentas BIM, mas os engenheiros ainda estão fazendo testes para assegurar sua confiabilidade. Eles querem ter segurança em relação à transferência de dados de um sistema para outro. Um desafio pouco significativo, na opinião do entrevistado J1, é a habilitação nas ferramentas BIM. Pode-se, com razoável esforço, adquirir familiaridade com os *softwares*. A maior dificuldade na implementação do BIM é a mudança necessária na forma de se projetar. “Embora os projetistas e engenheiros estejam utilizando ferramentas computacionais há

algumas décadas, os processos de projeto são os mesmos do tempo do desenho a mão livre”, complementa o entrevistado J1.

Não se pode trabalhar com o BIM sem que haja uma biblioteca de objetos para os modelos. A empresa K teve uma grande dificuldade no processo de implementação do BIM devido à falta de objetos adequados, e a solução encontrada foi a própria empresa criá-los. O pesquisador observou que vários entrevistados compartilham a mesma ideia do entrevistado K1 ao afirmarem que as grandes construtoras, com maior poder de negociação, deveriam exigir de cada fabricante os modelos 3D dos seus produtos.

Segundo o entrevistado K1, o maior desafio para a implementação do BIM na empresa K é a falta de conhecimento de detalhes construtivos por parte de arquitetos e engenheiros que não se preocupam muito com detalhes construtivos na fase de projeto; esta é uma das causas da grande dificuldade no uso dos *softwares* da tecnologia BIM, em que todas as informações devem ser bem definidas. “A maioria dos arquitetos brasileiros constrói com o anteprojeto e não sabe a diferença entre anteprojeto e projeto executivo”, afirma o entrevistado K1. “A nossa realidade é que se aprova o projeto na prefeitura, e com aquele documento se constrói. E os problemas acontecem na obra. Por exemplo: uma escada em que o pavimento inferior possui uma espessura e o pavimento superior possui outra espessura terá problema na altura do espelho”, acrescenta.

Muitos projetistas reclamam que, ao se começar a trabalhar com o BIM, surgem muitos problemas. Mas o entrevistado K1 explica que são problemas que só apareciam na obra, e agora são identificados na fase de projeto. Portanto, o BIM aumenta a qualidade da edificação. No processo construtivo tradicional, os pedreiros e serventes decidem como resolver a maioria dos problemas. Com o BIM, os problemas surgem e são solucionados no escritório de projetos.

Em relação à alteração na remuneração de projetos, o entrevistado K1 acredita que ela virá de forma indireta. Devido à melhor qualidade do projeto, o arquiteto passa a assumir o gerenciamento do empreendimento, dando suporte profissional antes da compra do lote e acompanhando a obra com o controle de todo o processo construtivo. Este é um longo caminho, pois planejar e projetar não estão na cultura brasileira. A tecnologia BIM gera e fornece mais informações do que o processo tradicional de projetos, portanto uma tarefa desafiadora na implementação do BIM é o controle e gerenciamento da informação, do processo de projeto e do processo construtivo.

Segundo o entrevistado L1, um dos grandes desafios à implementação da tecnologia BIM é a difícil comunicação entre projetistas e construtores. Não há interesse mútuo no diálogo, pois os projetistas não são remunerados para prover detalhamento do processo construtivo. Um ambiente de trabalho cooperativo é fundamental na implementação bem sucedida da tecnologia BIM. Outro desafio, apresentado por 50% dos entrevistados, é a falta de bibliotecas de objetos dos produtos utilizados pela indústria da construção brasileira. O entrevistado L1 afirma que os projetistas suprem esta deficiência compartilhando objetos.

Observou-se, nesta pesquisa, que o maior desafio da empresa L é também o desafio de todos os pequenos escritórios de arquitetura entrevistados, a saber, a elevada capacidade de processamento, memória e resolução gráfica dos computadores requerida pelos *softwares* BIM, o que representa investimentos elevados em *hardware*.

O entrevistado M1 aponta como etapa mais longa e desafiadora na implementação do BIM a criação de biblioteca de objetos 3D (banco de dados com geometria parametrizada), que é mais difícil em projetos residenciais do que em industriais devido à maior variabilidade em materiais e equipamentos nos empreendimentos residenciais. O entrevistado M2 acredita que só haverá um desenvolvimento pleno do BIM quando for possível encontrar na Internet catálogos de modelos 3D de materiais e equipamentos utilizados na indústria da construção. O entrevistado M2 acredita que as grandes empresas (e não os pequenos escritórios de projeto) têm o poder de influenciar os fabricantes a criarem módulos 3D de seus produtos.

Os desafios apontados pela pesquisa para a implementação do BIM, podem ser agrupados em desafios relativos à utilização de *softwares*, onde se destaca a interoperabilidade e desafios relativos a processos de projeto e construção, onde se destaca a necessidade de trabalho colaborativo.

#### **4.5 Benefícios da tecnologia BIM**

Procurou-se, na investigação, a classificação dos benefícios da tecnologia BIM, solicitando-se notas de 0 (zero) a 10 (dez) para benefícios pouco importantes e benefícios muito importantes, respectivamente. Conforme se observa no Gráfico 21, a facilidade de compatibilização de projetos (nota 9,1), boas fontes de aprendizado (nota 8,9) e a geração de listas de materiais e a integração das informações do modelo com o orçamento (nota 9,2)

encontram-se, na opinião dos entrevistados, entre os mais importantes. A análise desses números confirma o que o pesquisador observou nas entrevistas: os benefícios mais importantes estão relacionados à qualidade. Vale ressaltar que se valorizou também bastante a melhor comunicação com os clientes por meio da utilização de modelos tridimensionais (nota 7,7). Antes, o cliente precisava saber fazer leitura de desenho técnico. Com o BIM, é possível até mesmo administrar um empreendimento sem saber ler desenho técnico. Embora a interoperabilidade não seja ainda um benefício plenamente realizável, os entrevistados o consideram como muito importante (nota 7,4), especialmente em projetos industriais onde se tem conseguido alguns resultados significativos.

O benefício menos importante, para as empresas pesquisadas, é a utilização de *software* que domine o mercado (nota 4,8), ou seja, os projetistas escolhem uma ferramenta pelas suas características; a ferramenta que outras empresas estão usando não interessa muito. A pouca importância que se deu ao item Parcerias entre projetistas, construtores e fornecedores (nota 5,1) mostra que as empresas ainda não entendem que uma das principais vantagens do BIM é a integração dos agentes da construção, ou seja, a visão dos projetistas se volta para a melhoria no setor de projeto em si, não necessariamente para o setor da construção como um todo.

Observa-se que a pouca importância que as empresas entrevistadas dão ao benefício de redução de prazos de projeto e custos (nota 6,9) está contrária à grande importância que os clientes dão ao quesito de prazos de projetos.

A análise do Quadro 24 mostra que o benefício das parcerias entre projetistas, construtores e fornecedores é mais significativo para projetos industriais (nota 6,7) do que para projetos residenciais e comerciais (nota 3,5). Observa-se também que os benefícios decorrentes da interoperabilidade são mais valorizados por empresas de projetos industriais (nota 8,5) do que por empresas de projetos residenciais e comerciais (nota 6,3). Estes resultados são indícios de que empresas de projetos industriais já se encontram em direção à fase BIM 2.0, que conforme Tobin (2008) é a fase da interoperabilidade.

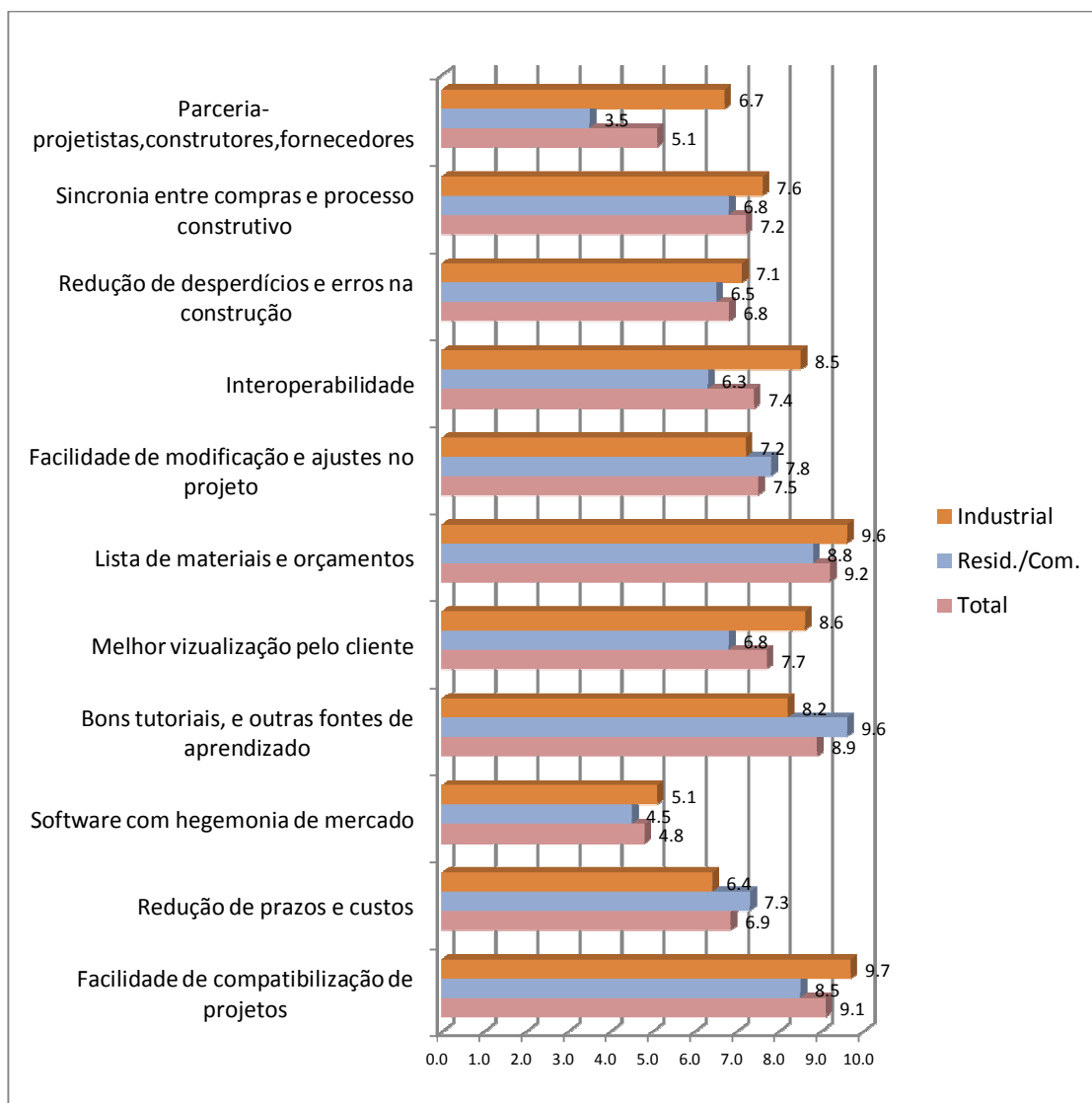


Gráfico 21 – Classificação dos benefícios do BIM (avaliação por notas)

<b>Benefícios da tecnologia BIM</b>	<b>Industrial</b>	<b>Resid./Com.</b>	<b>Total</b>
Parceria-projetistas, construtores, fornecedores	6.7	3.5	5.1
Sincronia entre compras e processo construtivo	7.6	6.8	7.2
Redução de desperdícios e erros na construção	7.1	6.5	6.8
Interoperabilidade	8.5	6.3	7.4
Facilidade de modificação e ajustes no projeto	7.2	7.8	7.5
Lista de materiais e orçamentos	9.6	8.8	9.2
Melhor visualização pelo cliente	8.6	6.8	7.7
Bons tutoriais, e outras fontes de aprendizado	8.2	9.6	8.9
Software com hegemonia de mercado	5.1	4.5	4.8
Redução de prazos e custos	6.4	7.3	6.9
Facilidade de compatibilização de projetos	9.7	8.5	9.1

Quadro 24 – Principais Benefícios na implementação do BIM

O Gráfico 22 apresenta as porcentagens das opções selecionadas ao se questionarem os participantes quanto aos principais motivos para a adoção da tecnologia BIM. O principal motivo que impulsiona um projetista é manter-se atualizado com as novas tecnologias (nota 8,6%). Este é um indicativo de que a alta administração das empresas ainda não aderiu à tecnologia e se encontra em fase de avaliação dos riscos de benefícios do BIM. O principal motivo de atração das empresas pela nova tecnologia é obter mais qualidade de projeto (nota 8,0%).

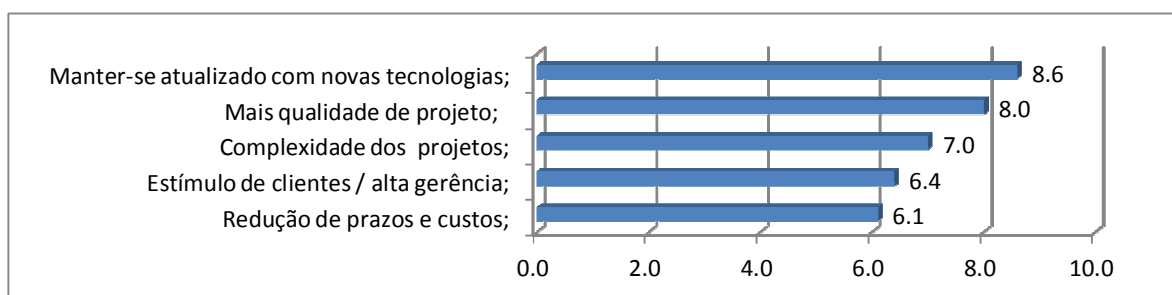


Gráfico 22 – Motivos para adotar o BIM

Buscou-se identificar cada um dos benefícios que efetivamente já se alcançaram. As principais respostas podem-se verificar no Gráfico 23. Em primeiro lugar, apontou-se a redução de erros de projeto (nota 8,1%) cuja consequência natural é a melhoria no processo construtivo (nota 7,1). Estas respostas estão relacionadas à qualidade, benefício este mais valorizado pelos entrevistados (Gráfico 21). Também se destacou a melhor comunicação que se tem obtido com clientes e parceiros, embora o Gráfico 21 mostre que a formação de parcerias é de pouca importância para os entrevistados. A pouca interoperabilidade entre os softwares, influencia a dificuldade em se fazer simulações (nota 3,9).

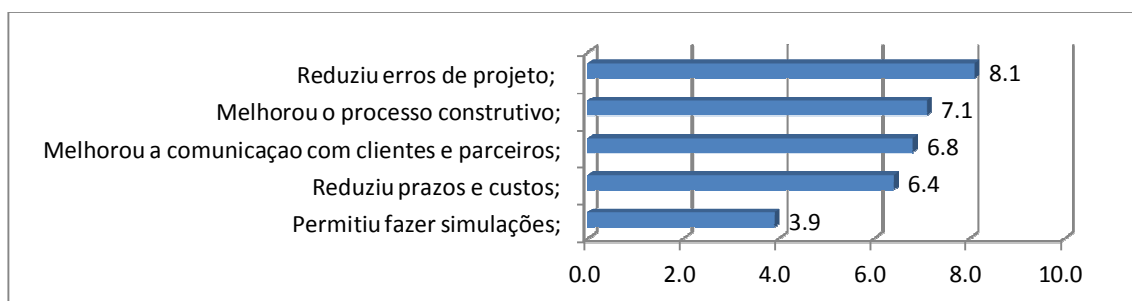


Gráfico 23 – Benefícios já alcançados com o BIM

Algumas questões foram formuladas acerca de uma das principais características da tecnologia BIM, que é a parametrização. O Gráfico 24 apresenta o resultado da opinião dos entrevistados, que classificaram com nota 0 (zero) as características pouco significativas, e com nota 10 (dez) as características muito significativas. A associação da geometria tridimensional às especificações de projeto, custo de material e tempo de execução recebeu a maior nota (9,3).

Uma prática comum quando se fazem revisões rápidas em projetos 2D é alterar uma dimensão sem alterar o desenho (adulterar as dimensões), sendo uma fonte de erros de projeto e execução. Isto é impossível no BIM, pois o dimensionamento está vinculado à parametrização do objeto. Conclui-se, portanto, que não é possível fazer revisões no BIM tão rapidamente quanto se faz em 2D. Os entrevistados concluíram que esta é uma característica pouco significativa, dando nota 4,2 a este quesito, presente no Gráfico 24.

Conforme mostrado no Quadro 25, o quesito “Níveis hierárquicos dos objetos”, recebeu nota máxima (10,0) de todos os entrevistados de empresas de projetos industriais, embora seja ainda um benefício da parametrização pouco valorizado por empresas de projetos residenciais e comerciais (nota 5,3).

<b>Importância da Parametrização</b>	<b>Industrial</b>	<b>Resid./Com.</b>	<b>Total</b>
Geometria associada a especificações, custo e tempo.	9.1	9.5	9.3
Geração automática de desenhos 2D	9.6	6.0	7.8
Dimensionamento vinculado à geometria. Impossibilidade de se alterar uma dimensão sem alterar	3.6	4.8	4.2
Geometria definida por parâmetros (ex:uma porta se ajusta automaticamente na parede)	9.2	7.5	8.4
Níveis hierárquicos dos objetos (ex:se o peso de um tijolo é alterado, o peso da parede modifica)	10.0	5.3	7.7
Restrições de dimensões (ex:uma porta só pode ter dimensões dentro de uma faixa pre-definida)	8.0	5.5	6.8
Objetos podem transferir ou receber atributos de outras aplicações	8.3	8.5	8.4

Quadro 25 – Importância da parametrização do BIM



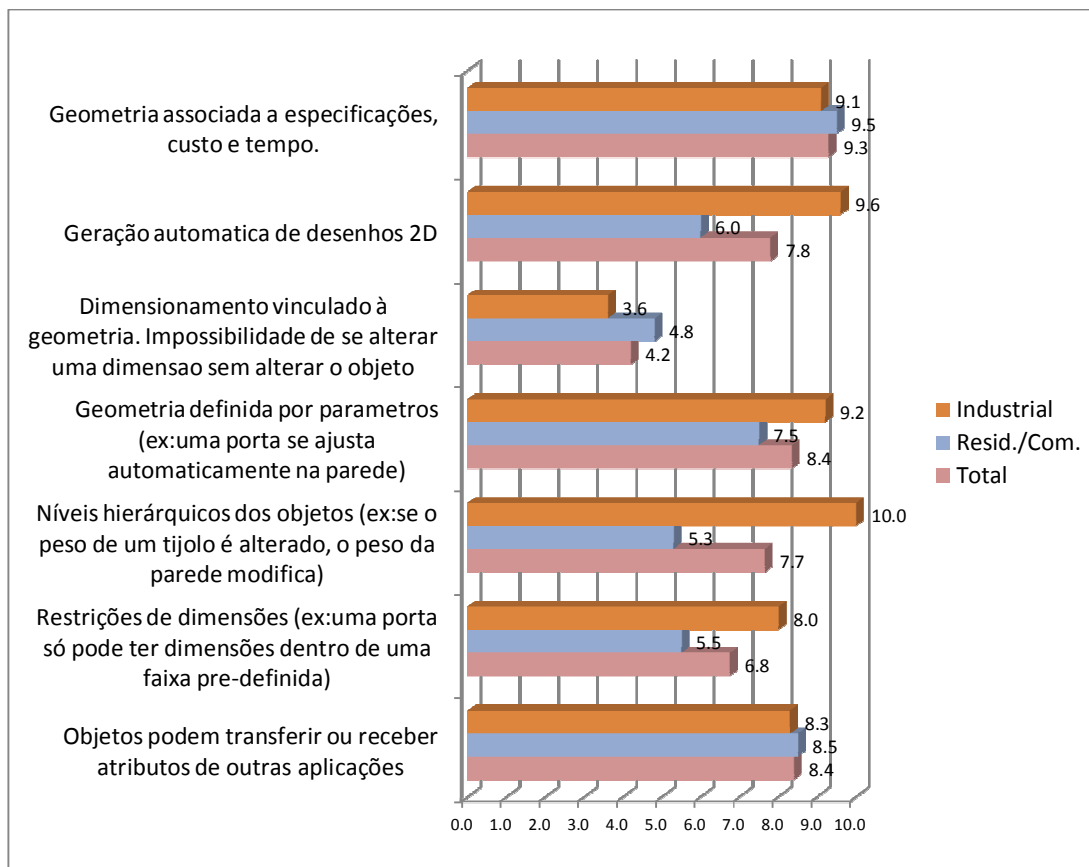


Gráfico 24 – Importância da Parametrização

Geometria tridimensional associada a parâmetros em um banco de dados, está entre os benefícios mais significativos para os entrevistados. Entretanto, a obtenção deste benefício é dificultada pela inexistência de biblioteca de componentes dos produtos utilizados na construção brasileira.

O entrevistado A1 destaca como benefício obtido pela empresa com a tecnologia BIM a geração de arquivos CNC para fabricação de estruturas metálicas. Já o benefício citado pelo entrevistado A2 é pessoal, quando diz que as motivações básicas que o levaram a estudar ferramentas BIM foram o desejo de melhores salários e a curiosidade em relação às novas tecnologias. Seu aprendizado se dá por meio de tutoriais e consulta aos colegas de trabalho. Tendo proficiência em Inventor, Solidworks e Pro-Engineer, afirma que para ter habilidade em qualquer *software* BIM é necessário pelo menos um ano de aprendizado.

A alta administração da empresa B apoiou a implementação do BIM. Ela não promete aos clientes a redução de prazos, e sim maior confiabilidade nos projetos. Benefícios como checagem de interferências, mais confiabilidade em projetos complexos e melhor

comunicação, tanto internamente quanto nas reuniões com clientes, já se podem notar. Conforme depoimento do entrevistado B3, “os itens de uma lista de material gerada por meio de ferramentas BIM são facilmente encontrados pelos responsáveis pelas compras”.

A empresa B possui um Índice de Produtividade<sup>74</sup> cujo valor de referência é igual a 28. Embora a redução de prazos não seja o objetivo principal com a implementação da tecnologia BIM, o Quadro 26 ilustra que se têm registrado progressos nesta área. O entrevistado B3 explica que a cada novo projeto realizado o tempo de execução diminui, pois vai se formando um banco de dados e adquirindo-se habilidades com as ferramentas.

EQUIPE	IP*
Mecânica	38
Metálicas	36
Tubulação	24
Planejamento	24
Elétrica	19

Quadro 26 – Índice de produtividade

A empresa B possui parcerias com as empresas de desenvolvimento de *software* Autodesk e Aveva, que proporcionam benefícios bilaterais. A Empresa B testa os *softwares* e recebe preços diferenciados nas licenças de uso. Os funcionários de ambas as empresas fazem visitas mútuas e se encontram em congressos. A parceria com a Autodesk é bem forte, e pela licença de utilização de todos seus produtos a empresa paga cerca de sete mil reais por ano. Pela licença do PDMS, cujo preço de mercado é aproximadamente cinquenta e cinco mil reais por ano, a empresa paga trinta e seis mil reais por ano. A licença para se utilizar o Smartplant\_3D custa noventa mil reais por ano. Este valor é facilmente absorvido por projetos de mineração e óleo, mas em projetos siderúrgicos essas licenças representam um percentual elevado do custo. A análise dessas informações permite a conclusão de que existe uma proporção direta entre a remuneração de projetos e o desenvolvimento na implementação do BIM.

Os projetos com mais qualidade são um benefício que permitiu à empresa B reconquistar a confiança de um cliente. Segundo o entrevistado B3, antes da implementação

<sup>74</sup> Índice de Produtividade (IP): Tempo médio de execução dos projetos. Medição feita em horas de produção de desenhos por Equivalente-A1 (1 formato A1 = 2 formatos A2 = 4 formatos A3 = 8 formatos A4). Embora utilize o BIM, a empresa ainda produz desenhos 2D, que são documentos contratuais.

do BIM a empresa pagou quatro milhões de dólares de multas em um contrato pelo não cumprimento de prazos e problemas de interferências na montagem, e ainda correu o risco de perder o cliente. Após a implementação da tecnologia BIM, o mesmo cliente está satisfeito com os resultados dos novos contratos.

Ao ser questionado sobre simulações utilizando-se a tecnologia BIM, o entrevistado B3 afirmou que neste item a empresa ainda está em fase de conhecimento das ferramentas e ainda vai demorar um pouco até conseguir realizar um projeto real de simulação.

Outro benefício decorrente da adoção da tecnologia BIM que a empresa B relata é a implantação de um banco de dados de objetos, utilizado pelos engenheiros em especificações técnicas e na geração de listas de materiais contendo mais detalhes do que no processo tradicional de projetos. Isto facilita o trabalho dos responsáveis por compra de materiais. O banco de dados, administrado pelo departamento de TI da empresa, contém informações fornecidas pela empresa B, por fabricantes e por fornecedores. Este banco possui a geometria 3D associada às características técnicas de cada item. Caso se detecte pela empresa B que um fabricante ou fornecedor modificou as características técnicas de um produto e não o atualizou no banco de dados, a empresa B retira este produto do banco de dados e o produto não é mais especificado pelos engenheiros da empresa. Esta sistemática é benéfica tanto para a empresa B, que ganha qualidade em seus projetos, quanto para os fornecedores, ao terem seus produtos como parte da biblioteca utilizada pelos engenheiros nas especificações técnicas dos projetos da empresa B.

Na empresa C, utiliza-se modelamento na fase do projeto conceitual. Conforme o entrevistado C1, a qualidade dos projetos aumentou com a tecnologia BIM, pois por meio do modelo de estruturas metálicas geram-se os arquivos CNC com o detalhamento de cada peça, o que é enviado para a fábrica a fim de que se realizem automaticamente cortes e furos nas chapas e perfis. O processo de projeto da equipe de estruturas metálicas da empresa começa com os cálculos estruturais que geram um diagrama unifilar. Em seguida, constrói-se um modelo tridimensional que, após ser aprovado pelo cliente, serve como base para os desenhos de diagramas de montagem da estrutura.

Os benefícios realçados pela empresa D são a redução de erros e prazos de projetos e melhoria na comunicação com o cliente. O entrevistado D1 explica que os desenhos de detalhamento, os códigos para máquinas CNC, a lista de material e a lista de parafusos, gerados a partir dos modelos, contribuem para a redução de erros e prazos de projetos, e uma

melhor comunicação com o cliente vem do fato de que a leitura de desenhos 2D requer do cliente visão espacial, mas o modelo BIM permite uma compreensão mais detalhada do projeto.

A empresa F executa os projetos básicos e detalhados de edifícios industriais, e o maior benefício com a implementação das ferramentas BIM é a comunicação com o cliente, que passou a ter uma participação mais ativa no processo de projeto e mais satisfação com o produto final. O entrevistado F1 citou ainda a geração automática de listas de materiais e a redução de erros de projeto.

Os maiores benefícios da tecnologia BIM para a empresa K são: ter mais agilidade no processo criativo, reduzir o retrabalho, obter informações mais coerentes e melhor planejamento. O entrevistado K1, instrutor de Revit, afirma que não se pode subestimar a importância da tecnologia BIM na sustentabilidade, e por isso estuda mecanismos para se medir a eficiência energética residencial, seguindo metas do PROCEL<sup>75</sup>. Seu objetivo é projetar iluminação e conforto térmico conforme parâmetros de clima do local, material e dimensão dos objetos, como, por exemplo, ao se alterar uma área de sombreamento, a janela muda de tamanho ou o vidro muda de espessura.

Embora a maioria das empresas tenha apontado a interoperabilidade como um desafio, a empresa L apresenta a interação entre os *softwares* como o principal benefício da tecnologia BIM, citando como exemplo a interação entre os *softwares* Volare, de orçamentos, o MSProject, de gestão, e o Ecotect, de simulação. A interoperabilidade nestes casos é feita fora do contexto BIM, sendo parcial e unilateral.

Com a implementação do BIM, aumentou-se o tempo de projeto na empresa M, mas aumentou também a qualidade do produto final. A empresa colhe os benefícios de se resolverem na sala de projetos muitos problemas que só se descobriam na obra. Embora a tecnologia esteja sendo utilizada apenas no projeto arquitetônico, já se observa que existem menos erros no produto final. Outros benefícios mencionados pelo entrevistado M1 são os detalhes construtivos mais completos e uma melhor comunicação com o cliente.

---

<sup>75</sup> Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, com o objetivo de promover eficiência energética e reduzir impactos ambientais. Segundo o PROCEL, os projetos devem atender às necessidades de conforto acústico, térmico e luminoso, mas gastando-se pouca energia.

#### 4.6 Propostas de melhorias no processo de implementação do BIM

A análise dos questionários e entrevistas com profissionais e empresas de projetos industriais, residenciais e comerciais, se fez agrupando-se os seguintes itens: caracterização dos entrevistados e das empresas; *softwares* utilizados; desafios, benefícios e processo de implementação da tecnologia BIM. Após a apresentação destas análises, estabeleceram-se algumas propostas de melhorias para o processo de implementação da tecnologia BIM.

As propostas a seguir se apresentam sob a forma de diretrizes gerais e independentemente do tipo de projeto que se pretende realizar no BIM:

- a) Baseando-se no fato de que nenhum profissional de projetos trabalha sozinho, estimular o espírito de cooperação nas equipes de trabalho no compartilhamento de informações e em tomadas de decisões. Eastman (2008) sugere algumas formas de estímulo a este espírito de cooperação, a saber: profissionais mais experientes podem cooperar na definição dos *softwares* que se utilizarão em cada empreendimento conforme suas características técnicas e as necessidades e expectativas do cliente. Especialistas em áreas técnicas podem cooperar na elaboração dos contratos a serem assinados com os clientes e com as empresas parceiras no empreendimento. Podem também prestar assistência nos serviços de *marketing*. Cada agente participante do empreendimento pode também cooperar na manutenção dos mecanismos do fluxo de trabalho e da integridade do banco de dados do empreendimento.
- b) Investir na troca de conhecimentos, visto que a maior parte do aprendizado nas empresas entrevistadas se dá por meio de tutoriais e em ambiente de trabalho. Barison e Santos (2011) recomendam alguns métodos para a formação de profissionais em BIM, tais como aulas de laboratório, palestras sobre conceitos e ferramentas, revisão de estudos de caso e visitas a empresas e canteiros de obras. Ainda como forma de se investir na troca de conhecimentos, um profissional menos experiente pode ser alocado para trabalhar com um colega mais experiente. O aprendizado pode ter maior rendimento – especialmente para os profissionais que não possuem conhecimentos de conceitos computacionais – pela utilização de Modelagem Paramétrica Visual com os *softwares* Rhinoceros e Grasshopper, que, conforme Celani e Vaz (2011), facilitam o aprendizado de métodos mais abstratos de computação e arquitetura, e são ferramentas

que introduzem conceitos de programação orientada a objetos, que constituem a arquitetura das ferramentas BIM.

- c) Criar um projeto de desenvolvimento BIM entre universidades e empresas com incentivo do Governo, para a criação e publicação de documentos e manuais referentes à implementação da tecnologia BIM, com instruções específicas para projetistas, construtores e demais agentes envolvidos no empreendimento. Esses documentos podem conter também instruções relativas à aplicação dos conceitos de *Lean Construction*, que, conforme Koskela (1992), são requisitos para maior integração entre projeto e construção.
- d) Baseando-se no fato de que as bibliotecas dos *softwares* contém componentes dos mercados norte-americano e europeu, as grandes empresas projetistas e construtoras, que tem maior influência do que as pequenas, deveriam negociar com fabricantes e fornecedores, a criação de biblioteca de produtos da indústria da construção brasileira. A biblioteca de componentes que a empresa B possui e utiliza para a elaboração das especificações técnicas em seus projetos é mantida atualizada por fabricantes e fornecedores de produtos e equipamentos.
- e) As empresas projetistas deveriam negociar maior tempo de projeto na contratação de serviços, pois no processo atual de edificação o tempo que se reserva ao projeto é muito pequeno. Uma estratégia facilitadora nessas negociações é realçar o fato de que a tecnologia BIM proporciona maior detalhamento dos processos construtivos, o que resulta em projetos de mais qualidade e maior satisfação das necessidades do cliente.
- f) Implementar a tecnologia BIM envolvendo todas as disciplinas desde os estágios iniciais do empreendimento, pois as chances de sucesso são maiores. Esta é uma proposta em que profissionais que até então trabalhavam tomando decisões independentemente passam a trabalhar simultaneamente. É um processo difícil que requer que cada profissional deixe sua zona de conforto (comece a trabalhar mais colaborativamente outros profissionais). Por exemplo, um arquiteto que tradicionalmente elabora uma lista de material sem muito rigor passa a produzir documentos que poderão servir como ferramenta de logística do canteiro de obras, ou mesmo fonte de informação para manutenção preventiva ou corretiva após o edifício pronto.

Com base na análise dos desafios da tecnologia BIM enfrentados pelas empresas pesquisadas, a seguir estão algumas propostas de características específicas para o setor de projetos industriais e propostas para o setor de projetos residenciais:

- a) Todas as empresas fizeram referência à dificuldade de se criar uma biblioteca de objetos 3D necessários para se criar o modelo de um edifício. Propõe-se, nesta pesquisa, que as empresas criem um organismo interempresarial que seja o aglutinador da solução dos problemas comuns.
- b) Todas as empresas pesquisadas fizeram referência ao fato de que a implementação da tecnologia BIM requer que arquitetos e engenheiros tenham mais conhecimento de obra. Esta deficiência é mais acentuada em empresas de projetos residenciais. Propõe-se, nesta pesquisa, que, ao se estabelecerem as estratégias para a implementação da tecnologia BIM, as empresas de projetos residenciais proporcionem a seus projetistas não somente o domínio das ferramentas BIM, mas também conhecimentos de detalhes construtivos.
- c) Tanto as empresas de projetos industriais quanto as empresas de projetos residenciais reconhecem que o sucesso da implementação do BIM está vinculado a uma mudança no processo de projeto. Propõe-se que se realizem congressos setoriais (Industrial / Residencial / Comercial), com a participação de projetistas, construtores e fornecedores de produtos, para se discutir a implementação da tecnologia BIM sob a óptica da Engenharia Simultânea e da filosofia *Lean Construction* (Construção Enxuta).
- d) Propõe-se, neste trabalho, que as empresas criem um índice de medição da qualidade de projetos que servirá como instrumento de negociação de melhores prazos para execução de projetos com a tecnologia BIM.
- e) Na análise dos questionários e entrevistas verificou-se que o tempo de aprendizado é de 3 a 4 anos, pois requer o estudo de software associado a aprendizados em engenharia e construção. Propõe-se, neste trabalho, a criação, nas universidades, de um curso de especialização sobre a tecnologia BIM.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo central da pesquisa foi identificar o estágio de utilização da tecnologia *Building Information Modeling* (BIM), que se encontra em fase de implementação no mercado nacional, em empresas de projetos industriais e comerciais na cidade de Belo Horizonte. O desafio foi enorme, e o tempo de investigação limitado, mas pode-se afirmar, sobretudo ao se considerar a expressiva representatividade das empresas pesquisadas, que a pesquisa possibilitou obter uma amostragem significativa do que vem ocorrendo na transição da modelagem 2D para a modelagem 3D parametrizada, no setor de engenharia de projetos.

Esperava-se, no início da pesquisa, que se detectasse alguma tendência hegemônica de mercado, a exemplo do que se pode constatar com o *software* AutoCAD em projetos 2D. Ao contrário, a pesquisa mostrou que, a adoção de *software* BIM tem variado bastante de uma especialidade de projeto para outra.

Observou-se que a implantação da tecnologia de Modelagem da Informação da Construção em Belo Horizonte está mais avançada do que se pensava. As empresas de projetos industriais estão avançando no esforço para sair do estágio BIM 1.0 para o estágio BIM 2.0, enquanto empresas de projetos residenciais e comerciais se encontram em grande parte no estágio BIM 1.0<sup>76</sup>,

A redução de erros de projeto foi o benefício mais significativo reportado, tendo recebido nota 8,1. O quesito referente a simulações (tempo de construção, eficiência energética, conforto térmico, incêndios, entre outros) recebeu apenas nota 3,9, o que é uma consequência da pouca interoperabilidade entre os softwares.

A pesquisa mostra que as empresas fazem uso diversificado de geometria 3D, seja na construção virtual do modelo parametrizado, seja em estudos simplificados, visando a uma melhor visualização espacial dos projetos em 2D. Assim, todas as empresas utilizam geometria tridimensional, e metade delas está em fase de implementação da tecnologia BIM. Todavia, todas as empresas que estão em processo de implementação da tecnologia BIM utilizam intensivamente as ferramentas do processo de projeto tradicional, como AutoCAD, Excel, MSProject, Volare e Sketchup.

---

<sup>76</sup> Conforme se explicou no arcabouço teórico, o BIM 1.0 corresponde à substituição do desenvolvimento tradicional de projetos bidimensionais 2D por modelos 3D parametrizados, e o BIM 2.0 é a fase da interoperabilidade em que se fazem análises de eficiência energética, de conforto térmico e de simulação de incêndios, entre outros.



Do ponto de vista da caracterização dos profissionais, verificou-se que mais da metade dos projetistas executam projetos industriais especificamente para as indústrias siderúrgicas e mineração, e a maioria possui formação em arquitetura.

As formas de aprendizado dos *softwares* mais comum ocorrem mediante estudo prévio de tutoriais, consultas a fóruns e troca de informações entre colegas. Vale ressaltar o envolvimento e o entusiasmo da direção da empresa ao formular diretrizes a se seguirem, assim como informações relevantes em todo o processo de aprendizagem.

Dentre as propostas de melhoria apresentadas no trabalho, destacam-se: (a) estimular o espírito de cooperação nas equipes de trabalho; (b) investir na troca de conhecimentos; (c) criar um projeto de desenvolvimento do BIM entre universidades e empresas com incentivo do Governo. Neste contexto, vale registrar ainda o fato de que as grandes construtoras devem exigir que seus fornecedores de materiais criem e disponibilizem informações em seus portais da Internet de objetos tridimensionais com especificações de seus produtos. Além disso, as empresas projetistas devem negociar maior tempo de projeto na contratação de serviços e implementar tecnologia BIM que envolva todas as disciplinas e profissionais, incluindo os estágios.

Um fator dificultador refere-se a algumas diferenças terminológicas, como por exemplo, em algumas empresas pesquisadas, o termo BIM é desconhecido. Outro fator dificultador diz respeito à metodologia de trabalho, que precisou ser alterada ao longo do processo de pesquisa. Assim, optou-se pelas entrevistas presenciais nas empresas. Dessa forma, as análises quantitativas iniciais foram substituídas por grupos de análises de caráter qualitativo. Esse redirecionamento demandou mais tempo de pesquisa.

Constatou-se que alguns entrevistados não identificaram alguns *softwares* BIM utilizados nas empresas pesquisadas. A explicação disso encontra-se no fato de que algumas empresas ainda não possuem o devido licenciamento desses sistemas BIM.

Uma ferramenta com um grande potencial de mercado, utilizada por uma das empresas entrevistadas, é o serviço *3D laser scanning* para o escaneamento digital de estruturas existentes, fornecendo uma nuvem de pontos, que é a base para se gerar o modelo de um edifício existente para verificar se a construção foi realizada conforme as especificações, ou então para se planejar uma reforma.

A verificação de interferências nos modelos requer menos interoperabilidade do que simulações. A interoperabilidade ainda é difícil, pois a engenharia interna dos *softwares* é

diferente. Alguns *softwares* foram desenvolvidos com base no prognóstico de que haveria maior desenvolvimento de capacidade gráfica e de memória em *hardware*, enquanto outros *softwares* se desenvolveram com base no prognóstico de que haveria maior desenvolvimento na capacidade de processamento dos computadores, portanto, a comunicação entre eles é complexa. Os protocolos de comunicação mais utilizados são arquivos no formato IFC (Industry Foundation Classes) e o SDF (Steel Detailing Neutral Format).

Algumas empresas criaram um sistema de treinamento permanente de projetistas na utilização dos *softwares*, concluindo que, embora percam muitos funcionários para um mercado de trabalho ávido por especialistas no BIM, o treinamento é um investimento menor do que buscar um profissional pronto no mercado.

As competências e habilidades requeridas dos projetistas mudaram. Boa caligrafia, coordenação motora e visão espacial foram substituídas por necessidade de conhecimentos de engenharia, de programação de computadores e de banco de dados.

Engenheiros, arquitetos e projetistas experientes das empresas pesquisadas, pertencem a uma geração que começou a carreira projetando com lápis e possuem limitações com a informática. Constatou-se que as empresas investem no aprendizado da nova geração de profissionais e mantêm os mais experientes (com perspectiva de aposentadoria em 5 ou 10 anos), gerenciando e transferindo conhecimentos para os mais novos. De acordo com a pesquisa, o processo de aprendizagem do BIM é estimado em aproximadamente quatro anos, pois o estudo do *software* conjuga-se com os aprendizados de engenharia e construção.

### **5.1 Sugestões para trabalhos futuros**

No andamento desta pesquisa, identificaram-se algumas sugestões para trabalhos futuros, como uma oportunidade para o avanço do conhecimento sobre Modelagem da Informação da Construção, sobre Tecnologia de Informação e sobre processos de projeto, planejamento e construção, conforme seguem:

- Elaborar um guia de implementação do BIM para Arquitetos, Engenheiros e Construtores, tomando-se como referencial inicial os manuais editados na América do norte e Europa, mas adequando-se e adaptando-se à cultura e realidade brasileira. Vale lembrar que toda tecnologia, para ser viável, deve atender simultaneamente às

necessidades socioeconômicas da sociedade e aos valores humanos do ponto de vista holístico;

- Realizar uma coleta de dados da utilização de Modelagem da Informação da Construção em empresas de construção de belo horizonte;
- Realizar uma pesquisa com vistas a identificar e classificar as razões da implementação de Modelagem de Informação da Construção;
- Realizar uma pesquisa entre fabricantes e fornecedores de equipamentos e materiais de construção com vistas a identificar as causas da não existência de biblioteca de componentes parametrizados de produtos consumidos pela indústria da construção brasileira;
- Partindo-se da análise das dificuldades enfrentadas nestas entrevistas, e dado o fato de que algumas empresas deixaram de ser entrevistadas e ficaram fora do encarte deste trabalho devido à limitação de tempo determinado para a conclusão desta pesquisa, sugere-se formatar uma nova pesquisa com vistas à obtenção de análises estatísticas e à consequente ampliação do universo e amostra de levantamento. A realização de uma pesquisa além das fronteiras de Belo Horizonte poderá contribuir com novos resultados e informações importantes;
- Pesquisar a forma como se poderia criar um ambiente de mais cooperação entre empresas, escolas e Governo com vistas ao desenvolvimento do BIM. Vale a pena lembrar que todo planejamento deve ser flexível, adequado e revisado periodicamente, e qualquer empreendimento tem mais chances de sucesso quando possui pelo menos uma pessoa fortemente motivada e que gaste tempo para aprender e incentivar os outros;
- Realizar estudos sobre os impactos do BIM, tanto em curto quanto em longo prazo.
- O CNNmoney (2010) apresenta 5 empresas automobilísticas entre as 40 maiores corporações do mundo, enquanto a maior construtora ocupa a 393.<sup>a</sup> posição. Este é um aspecto importante que pode ser mais explorado dentro do contexto da tecnologia BIM e filosofia *Lean*.

## 5.2 Agradecimentos

O autor agradece à CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, o apoio a esta pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AECBYTES, Special Report. Building the future. **Top criteria for BIM solutions:** AECbytes Survey Results. Disponível em <[www.aecbytes.com/feature/2007/BIMSurveyReport.html](http://www.aecbytes.com/feature/2007/BIMSurveyReport.html)>. (October 10, 2007). Acesso em 27 out. 2010.

AECBYTES, Newsletter #55. **Graphisoft's New White Paper on BIM.** Disponível em <[http://www.aecbytes.com/newsletter/2012/issue\\_55.html](http://www.aecbytes.com/newsletter/2012/issue_55.html)>. Article (February 9, 2012). Acesso em 29 abr. 2012.

ARANTES, Eduardo M.; VIANA, Bruno G. A.; REZENDE, Fabrício F. A experiência de implementação e avaliação do Sistema de Ambientes Colaborativos (SISAC) no ensino de graduação. **VIII Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projetos na Construção de Edifícios, WBGPPCE.** Universidade de São Paulo, USP, 2008.

ARANTES, Eduardo M.; JUNIOR, Homero S.; D'ALMEIDA, Caio S. B. A experiência de implementação do Sistema Colaborativo SISAC para a Gestão de Projetos em uma Entidade Pública. **V Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção – TIC.** Universidade Federal da Bahia (UFBA), Salvador, 2011.

AUTODESK, Ecotect Analysis. Sustainable Design Analysis and *Building Information Modeling*. Disponível em <<http://www.autodesk.com/ecotect>>. Acesso em 20 dez. 2010.

AUTODESK, Revit White Paper. *Building Information Modeling* for Sustainable Design. Disponível em <<http://www.autodesk.com/bim>>. Acesso em 25 abr. 2011.

AZEVEDO, Orlando J. M. Metodologia BIM – *Building Information Modeling* na direção técnica de obras. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Civil, Reabilitação, Sustentabilidade e Materiais de Construção) – Escola de Engenharia, Universidade do Minho, 2009.

BARISON, Maria B.; SANTOS, Eduardo, T. Tendências atuais para o ensino de BIM. **V Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção – TIC.** Universidade Federal da Bahia, UFBA, Salvador, 2011.

BUORO, Anarrita B.; LARA, Arthur H.; IKEDA, Cristina Y.; NOJIMOTO, Cynthia; CAMARGO, Monica. Aplicações paramétricas visando o projeto com eficiência energética. **V Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção – TIC.** Universidade Federal da Bahia, UFBA, Salvador, 2011.

CARON, Andre M. A utilização de Tecnologias de Informação em escritórios de projeto – um levantamento na região metropolitana da cidade de Curitiba. Curitiba, 2007. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal do Paraná.

CELANI, Maria G. C.; VAZ, Carlos E. V. Scripts em CAD e Ambientes de Programação Visual para modelagem paramétrica: uma comparação do ponto de vista pedagógico. **V Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção – TIC.** Universidade Federal da Bahia, UFBA, Salvador, 2011.

CHECCUCCI, Erica S.; AMORIM, Arivaldo L. Modelagem da Informação da Construção como Inovação Tecnológica. **V Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção – TIC**. Universidade Federal da Bahia, UFBA, Salvador, 2011.

CIC – Computer Integrated Construction Research Program. *Building Information Modeling Execution Planning Guide – Version 2.0*. The Pennsylvania State University, PA, USA, 2010. Disponível em <<http://www.engr.psu.edu/bim>>.

CNNMONEY (2010). Disponível em <http://money.cnn.com/>. Acesso em jul. 2010.

CONSTRUÇÃO MERCADO. São Paulo, 2011. *Building Information Modeling – BIM*, n. 115, fev. 2011, Editora PINI.

CUPERSCHMID, Ana R. M.; RUSCHEL, Regina C.; MARTINS, Felipe A. Uso de Realidade Aumentada para visualização do Modelo da Edificação. **V Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção – TIC**. Universidade Federal da Bahia, UFBA, Salvador, 2011.

DOMINGUES, Eduardo H.; OLIVEIRA, Claudia T. A. O uso de *software* de manufatura no desenvolvimento de projetos de edificações pré-fabricadas. **V Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção – TIC**. Universidade Federal da Bahia, UFBA, Salvador, 2011.

EASTMAN, Chuck. Managing BIM Technology in the Building Industry. **AECbytes Viewpoint # 35** (February 12, 2008). Disponível em <[http://www.aecbytes.com/viewpoint/2008/issue\\_35.html](http://www.aecbytes.com/viewpoint/2008/issue_35.html)>. Acesso em 23 ago. 2010.

EASTMAN, Chuck *et al.* **BIM handbook: a guide to Building Information Modeling** for owners, managers, designers, engineers and contractors. New Jersey, USA. Ed. John Wiley & Sons, Inc. (2008) ISBN: 978-0-470-18528-5 (cloth).

FABRICIO, Marcio Minto. Projeto Simultâneo na Construção de Edifícios. Engenharia de Construção Civil e Urbana. São Paulo, 2002, **Tese Doutoral**. Escola Politécnica – Universidade de São Paulo.

FERREIRA, Sergio L.; PETRECHE, João R. D.; LEITE, Brenda C. C. Pré-processador de dicionário de dados para interfaces de programas de Simulação Energética de Edificações. **V Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção – TIC**. Universidade Federal da Bahia, UFBA, Salvador, 2011.

GIL, Antonio C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Editora Atlas S.A., 1999. 206p.

GIRONSOFT. **Dicionário da Informática**. Disponível em <<http://www.gironsoft.com.br/dicionario.htm>>. Acesso em 26 dez. 2011.

GOMIDES, Jose E. A definição do problema de pesquisa. A chave para o sucesso do projeto de pesquisa. **Revista do Centro de Ensino Superior de Catalão – CESUC – Ano IV – n. 6 – 1.º Semestre, 2002**. Disponível em <http://fc.unesp.br>. Acesso em 21 dez. 2011.

GROETELAARS, Natalie J.; AMORIM, Arivaldo L. Nuvem de pontos na criação de modelos BIM: Aplicações em Documentação Eletrônica. V **Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção – TIC**. Universidade Federal da Bahia, UFBA, Salvador, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, 2010, <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 10 maio 2012.

JØRGENSEN, Bo Emmitt Stephen (2007). Integrating Design and Construction from a Lean Perspective. **CIB World Building Congress**, 2007 – CIB2007-214.

KHEMLANI, Lachmi. The CIS/2 Format – Another AEC Interoperability Standard. **Building the Future**. Article, July 27, 2005. <<http://www.aecbytes.com/buildingthefuture/2005/CIS2format.html>>. Acesso em 3 jan. 2012.

KOSKELA, Lauri (1992). Application of the New Production Philosophy to Construction. **CIFE Technical Report # 72**, Stanford University, September 1992. Disponível em <<http://laurikoskela.com/papers.asp>> . Acesso em 8 nov. 2010.

\_\_\_\_\_ (2000). An Exploration towards a Production Theory and its application to Construction. VTT Publications – Technical Research Centre of Finland. **Tese doutoral**. Disponível em <<http://lib.tkk.fi/Diss/2000/isbn951385566X/isbn951385566X.pdf>>. Acesso em 8 nov. 2010 (ISBN 951-38-5566-X).

LAISERIN, Jerry. Comparing Pommés and Naranjas. **LaiserinLetter # 15** (2002) <<http://www.laiserin.com>>. Acesso em 2 jan. 2012.

MANZIONE, Leonardo; ABAURRE, Mariana, W.; MELHADO, Silvio, B.; BERLO, León; SACKS, Rafael. Desenvolvimento e aplicação de indicadores de desempenho na análise e melhoria da gestão do fluxo de informações do processo de projeto em BIM. V **Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção – TIC**. Universidade Federal da Bahia, UFBA, Salvador, 2011.

MARCOS, Micheline H. C. Análise da emissão de CO<sub>2</sub> na fase pré-operacional da construção de habitações de interesse social através da utilização de uma ferramenta CAD-BIM. Curitiba, 2009. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal do Paraná.

MARQUES, Sandra; FERRIES, Bernard. Quadro sinóptico de três iniciativas de incentivo da BIM no contexto francês. V **Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção – TIC**. Universidade Federal da Bahia, UFBA, Salvador, 2011.

MEHTA, Povindar Kumar, ACI Concrete International. **Concrete Technology for Sustainable Development** (November, 1999), vol. 21, n. 11, pp. 47-53.

\_\_\_\_\_, ACI Concrete International. **Greening of the Concrete Industry for Sustainable Development**. (July, 2002), pp. 23-28.

MEHTA, Povindar Kumar; MONTEIRO, Paulo J. M. **Concreto – Microestrutura, Propriedades e Materiais**. São Paulo: IBRACON Ed., Capítulo 14 (2008), pp. 655-667.

MENDES, Nilton P. R.; SANTOS, Eduardo T. Maquete virtual interativa: proposta de uma ferramenta de vendas para o Mercado Imobiliário Residencial. **V Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção – TIC**. Universidade Federal da Bahia, UFBA, Salvador, 2011.

MOTTA, Silvio R. F.; ANDERY, Paulo R. P.; AGUILAR, Maria T. P. Um Modelo de Inserção da Sustentabilidade no Processo de Produção da Edificação. **Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído**. Anais PPG-AU EESC USP, pp. 421-431, ANTAC, São Paulo, 2009.

MULLER, Marina F. A interoperabilidade entre sistemas CAD de Projetos de Estruturas de Concreto Armado baseada em Arquivos IFC. Curitiba, 2011. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal do Paraná.

ORTIZ, Oscar *et al.* Sustainability based on LCM of residential dwellings: a Case Study in Catalonia, Spain. **Building and Environment**, vol. 44, Issue 3, March 2009. Pages 584-594 (2009).

PARTRIDGE, Allan. Designing a Greener Future. **HIP Architects**, Disponível em <<http://usa.autodesk.com/revit/customers/>>. Autodesk Customer Stories. Acesso em 17 abr. 2012.

PEREIRA, Silvia M. S. A.; AMORIM, Sergio R. L. BIM Como Instrumento de Apoio à Introdução da Ecoeficiência em Projetos de Biotérios. **V Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção – TIC**. Universidade Federal da Bahia, UFBA, Salvador, 2011.

QUARESMA, Silvia J.; BONI, Valdete. Aprendendo a entrevistar: como fazer entrevistas em Ciências Sociais. **EMTESE – Revista Eletrônica dos Pós-Graduandos em Sociologia Política da UFSC**, vol. 2, n.1(3), jan.-jul./2005, pp. 68-80. Disponível em <<http://www.emtese.ufsc.br>>. 2005.

ROMSY, Neliza M. S.; CARDOSO, Daniel R.; BERTINI, A. A.; PAES, Andre N.; RODRIGUES, Paula. BIM e coordenação modular: possibilidades de melhoria para a indústria da AEC. **V Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção – TIC**. Universidade Federal da Bahia, UFBA, Salvador, 2011.

RUDIO, Franz V. **Introdução ao Projeto de Pesquisa Científica**. 34. ed. – Petrópolis: Editora Vozes, 2007, 131p.

RUSCHEL, Regina C.; ANDERY, Paulo R. P.; MOTTA, Silvio R. F.; VEIGA, Ana C. N. *Building Information Modeling* para Projetistas. In: FABRICIO, Marcio Minto; ORNSTEIN, Sheila W. (Orgs.). **Qualidade no Projeto de Edifícios**. 1. ed. São Carlos: RIMA – ANTAC, 2010, pp. 137-162.

RUSCHEL, Regina C.; ANDRADE, Max L. V. X.; SALES, Adriano A.; MORAIS, Marcelo. O ensino de BIM: exemplos de implantação em cursos de Engenharia e Arquitetura. **V Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção – TIC**. Universidade Federal da Bahia, UFBA, Salvador, 2011.

SANTOS, Eduardo T.; DERANI, Luis A. An Immersive Virtual Reality System for Interior and Lighting Design. CAADRIA – 2003. **Proceedings of the 8th International Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia**. pp. 593-596. ISBN 974-958413-9, Bangkok, Thailand, 2003. Disponível em <<http://toledo.pcc.usp.br/pdf/20Santos.pdf>>. Acesso em 29 abr. 2012.

SANTOS, Adriana P. L.; WITICOVSKI, Lilian C.; GARCIA, Luciana E. M.; SCHEER, Sergio. A Utilização do BIM em Projetos de Construção Civil. **IJIE-Iberoamerican Journal of Industrial Engineering**. Florianópolis, SC, vol. 1, n. 2, pp. 24-42, dez. 2009, ISSN 2175-8018.

SCHRAMM, Fabio K.; FORMOSO, Carlos T. Uma análise do uso da simulação como ferramenta do projeto do sistema de produção em empreendimentos da construção civil. **V Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção – TIC**. Universidade Federal da Bahia, UFBA, Salvador, 2011.

SILVA, Júlio C. B.; AMORIM, Sergio R. L. A Contribuição dos sistemas de classificação para a tecnologia BIM – uma abordagem teórica. **V Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção – TIC**. Universidade Federal da Bahia, UFBA, Salvador, 2011.

SILVAJUNIOR, Homero. A experiência de Implementação do Sistema de Ambiente Colaborativo SISAC para a Gestão de Projetos em uma Entidade Pública. Belo Horizonte, 2009. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais.

SMITH, Dana K.; TARDIF, Michael. **Building Information Modeling: a Strategic Implementation Guide for Architects, Engineers, Constructors, and Real Estate Asset Managers**. 186 pp. John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, USA, 2009.

SOMBRA, Paula L.; CORREIA, Lucas O. Proposta de modelo virtual de captação de requisitos de clientes para inserção no BIM. **V Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção – TIC**. Universidade Federal da Bahia, UFBA, Salvador, 2011.

SOUZA, Cleidson. **Conceitos de Orientação a Objetos**. Departamento de Informática, UFPA, 11 abr. 2006. Disponível em <<http://www.ufpa.br/cdesouza/teaching/es/3-OO-concepts.pdf>>. Acesso em 26 dez. 2011.

SOUZA, Livia L. A.; AMORIM, Sergio R. L.; LYRIO, Arnaldo M. Impactos do Uso do BIM em Escritórios de Arquitetura: Oportunidades no Mercado Imobiliário. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, vol. 4, n. 2, pp.26-53, nov. 2009 [ISSN 19811543].



TOBIN, John, AECbytes. Building the future. Article (May 28, 2008), **Proto-Building: To BIM is to Build**. Disponível em <[www.aecbytes.com/buildingthefuture/2008/ProtoBuilding.html](http://www.aecbytes.com/buildingthefuture/2008/ProtoBuilding.html)>. Acesso em 26 out. 2010.

VALENTE, Cesar A. V.; SALES, Adriano A.; KATER, Marcel; RUSCHEL, Regina C. Uma Leitura Visual do tema BIM no período de 2005-2010 nas revistas AECBYTES e ITCON. V **Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção – TIC**. Universidade Federal da Bahia, UFBA, Salvador, 2011.

WITICOVSKI, Lilian C.; SCHEER, Sergio. Utilização de Modelagem BIM no Processo de Integração entre Projeto e Orçamentação. V **Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção – TIC**. Universidade Federal da Bahia, UFBA, Salvador, 2011.

YESSIONS, Chris I. Are we forgetting Design? **AECbytes Magazine**, November 24, 2004. Disponível em: <[http://www.aecbytes.com/viewpoint/2004/issue\\_10.html](http://www.aecbytes.com/viewpoint/2004/issue_10.html)>. Acesso em 26 out. 2010.

**ANEXO 1**  
**CARTA DE APRESENTAÇÃO DA PESQUISA**

À <NOME DA ENTIDADE>

Prezado <NOME DO ASSESSOR/ENGENHEIRO/ARQUITETO>:

Sou aluno de Mestrado na UFMG e minha pesquisa busca identificar o atual estágio de implementação do BIM em Belo Horizonte. Conforme nossa recente conversa ao telefone, devido à importância de sua organização para os profissionais do setor e à relevância de uma recomendação sua, gostaria de lhe pedir que enviasse este questionário para os associados com cópia para meu *e-mail*, para facilitar que eles o respondam.

Desde já, agradeço.

Miguel Pereira Stehling

**ANEXO 2**  
**QUESTIONÁRIO SOBRE O BIM**

( ) Arquiteto      ( ) Engenheiro      ( ) Outro: \_\_\_\_\_

1. Quais são as dificuldades para se projetar em 3D?

2. Qual sua familiaridade com o BIM (*Building Information Modeling*)?

( ) Nunca ouvi falar.

( ) Já ouvi falar, mas não sei o que é.

( ) Apenas li sobre o assunto na literatura especializada.

( ) Leio bastante sobre o tema e já tive contato casual com algum *software*.

( ) Já estou trabalhando com a tecnologia.

3. Pesquisas sobre o uso de TI na construção revelam que, especialmente no canteiro de obras, não tem trazido nenhum benefício expressivo, e tem até exercido impactos negativos. Em sua opinião, a causa desta deficiência está:

( ) nos *softwares*.

( ) nos processos da construção.

4. Quais *softwares* você utiliza para projetar? \_\_\_\_\_

5. Você conhece:

( ) ArchiCAD (Graphisoft)

( ) Revit (Autodesk)

( ) Microstation (Bentley)

( ) Digital Project

( ) Tekla Structures

( ) Dprofiler

( ) Active3D (Archimen)

( ) Allplan (Nemetschek)

( ) DDS-CAD (Data Design System)

( ) Solibri

- Vectorworks
- Outro: \_\_\_\_\_

**6. Parametrização:** que importância atribui aos itens abaixo? Dê uma nota de 0 a 10.

- Geometria associada a especificações, custo de material e tempo de execução.
- Geração automática de objetos 2D a partir da modelagem 3D.
- Impossibilidade de adulterar as dimensões.
- Os parâmetros de um objeto definem a geometria dos objetos associados. Por exemplo, uma porta que se ajusta automaticamente na parede e um interruptor que é colocado automaticamente no lado apropriado da porta.
- Objetos são definidos em níveis hierárquicos. Por exemplo, se o peso de um componente em uma parede é alterado, o peso de toda a parede também é modificado.
- Restrições de dimensões. Por exemplo, uma porta só pode ter dimensões dentro de uma faixa pré-definida.
- Objetos podem transferir ou receber atributos de outras aplicações.

**7. Motivos importantes para se adotar o BIM.** Dê notas de 0 a 10.

- Facilidade de compatibilização de projetos.
- Melhor visualização pelo cliente.
- Software* com interface gráfica mais interativa.
- Redução do tempo de projeto.
- Maior construtibilidade (projetos mais detalhados e exequíveis).
- Geração automática de quantitativos, orçamentos e outros relatórios.
- Facilidade de modificação e ajustes no projeto.
- Interação/Integração com outros *softwares* (ler e enviar informações).
- Detalhes de projeto decididos desde os estágios preliminares podem contribuir para se reduzirem desperdícios e erros na construção.
- Sincronizar o projeto com a lista e compra de materiais e o processo construtivo.
- Formação de parcerias entre projetistas, construtores e fornecedores.
- Outros: \_\_\_\_\_

**8. Impedimentos para se adotar o BIM.** Dê uma nota de 0 a 10.

- Muito tempo gasto para assimilação e treinamento.

- Custo elevado do *software* e treinamento.
- Incompatibilidade com outros programas.
- Ausência de suporte técnico em português.
- Softwares* não adaptados às normas brasileiras.
- Falta de mão de obra especializada.
- Pouca cooperação entre universidades, empresas e Governo.
- Medo do desconhecido.
- Medo de retrocesso em relação às práticas atuais e de conflitos internos.
- Dificuldades de comunicação com outros projetistas, fornecedores, etc.
- Outros: \_\_\_\_\_

9. Qual o envolvimento de sua empresa com o BIM?

- A.  Nenhum interesse.
- B.  Existe a intenção da empresa eventualmente migrar para a tecnologia BIM.
- C.  Em processo de implementação. Está na fase de transição.
- D.  A tecnologia BIM já está implementada.

**Se você marcou as letras C ou D, responda às perguntas seguintes:**

10. **Desafios na fase de implantação do BIM.** Dê notas de 0 a 10 pelo grau de desafio.

- Necessidade de trabalho colaborativo e em equipe.
- Definições claras quanto à propriedade da documentação.
- Necessidade de tempo para assimilação, aprendizado e adaptações.
- Comprometimento de todos (projetistas, construtores, fornecedores, etc.).
- Troca de informações e conhecimentos.
- Interação entre empresas, universidades e Governo.

11. Descreva os processos de implementação da tecnologia BIM em sua empresa relativamente aos seguintes tópicos:

Planejamento \_\_\_\_\_

Treinamento \_\_\_\_\_

Dificuldades \_\_\_\_\_

Benefícios \_\_\_\_\_

12. Com a tecnologia BIM, quem coordena todo o empreendimento?

( ) Um único líder (como na figura de um técnico de futebol).

( ) Uma equipe composta por membros das diversas disciplinas.

13. O BIM alterou a gestão e a forma de se projetar? \_\_\_\_\_. Se sim, como?

14. O *software* utilizado permite fácil importação e exportação de dados com outros *softwares*? \_\_\_\_\_

15. Existe compartilhamento de informações com construtores e fornecedores? \_\_\_\_\_. Se sim, que tipo de informação?

16. Como são remunerados os projetos executados com ferramentas BIM?

17. O projetista é remunerado para também acompanhar a obra? \_\_\_\_\_

18. No processo de transição, a nova tecnologia foi implementada paralelamente às práticas tradicionais? \_\_\_\_\_

**ANEXO 3**  
**PESQUISA SOBRE MODELAMENTO**

**Esta pesquisa não conterá nenhum dado que identifique as empresas pesquisadas.**

**1. Qual sua área de atuação?**

Projetos     Planejamento/Orçamento     Gerenciamento     Construção

**2. Qual sua familiaridade com a tecnologia BIM?**

A  Nunca ouvi falar.

B  Já ouvi falar, mas não sei o que é.

C  Apenas li sobre o assunto na literatura especializada.

D  Leio bastante sobre o tema e já tive contato com algum *software*.

E  Já estou trabalhando com a tecnologia.

**3. Qual(is) *software(s)* utiliza?**

ArchiCAD (Graphisoft)

Revit (Autodesk)

Microstation (Bentley)

Digital Project

Tekla Structures

Dprofiler

Active3D (Archimen)

Allplan (Nemetschek)

DDS-CAD (Data Design System)

Solibri

Vectorworks

Outro: \_\_\_\_\_

**4. Como aprendeu?**     Fiz curso     Estudei o tutorial

**5. Dê nota para as dificuldades que sente com MODELAMENTO.**

**(0 = Nenhuma dificuldade 5 = Dificuldade razoável 10 = Muita dificuldade)**

- Tecnologia muito complexa.
- Compatibilidade com outros *softwares*.
- Aprendizado (material e cursos disponíveis).
- Custo dos *softwares*.
- Medo do desconhecido; resistência a mudanças.
- Outras: \_\_\_\_\_

**6. Dê nota para os motivos que o(a) levaram a trabalhar com MODELAMENTO.**

**(0 = Motivo insignificante 5 = Motivo razoável 10 = Motivo importante)**

- Obter mais qualidade de projeto.
- Obter redução de prazos e custos.
- Estímulo de clientes / Alta gerência da empresa em que trabalha.
- Interesse em se manter atualizado com novas tecnologias.
- Trabalho com projetos muito complexos.
- Outros: \_\_\_\_\_

**7. Dê nota para as mudanças que já experimentou em sua experiência com MODELAMENTO.**

**(0 = Nenhuma mudança 5 = Mudança razoável 10 = Muita mudança)**

- Reduziu erros de projeto.
- Reduziu prazos e custos.
- Melhorou a comunicação com clientes, parceiros e outros agentes.
- Melhorou o processo construtivo.
- Permitiu fazer simulações (energia, processos construtivos, prazos, etc.).
- Outros: \_\_\_\_\_

**8. Dê nota para as características que considera importantes em um *software* MODELAMENTO.**

**(0 = Nenhuma importância 5 = Pouca importância 10 = Muito importante)**

- Recursos de modelagem tridimensional.



- ( ) Qualidade dos tutoriais, manuais e outras fontes de aprendizado.
- ( ) Ser um *software* de uma empresa que domine uma boa parte do mercado.
- ( ) Ser de fácil interatividade com o usuário e fácil de aprender.
- ( ) Geometria associada a especificações, custo de material e tempo de execução.
- ( ) Ter compatibilidade com outros aplicativos (análise estrutural, gerenciamento, custos, etc.).
- ( ) Outras: \_\_\_\_\_