



João Felipe Lemgruber Coelho

**Estudo empírico para proposta de diretrizes para
implantação do BIM em pequenas e médias empresas no
Brasil**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Elisa Dominguez Sotelino

Rio de Janeiro
Fevereiro de 2017



João Felipe Lemgruber Coelho

**Estudo empírico para proposta de diretrizes para
implantação do BIM em pequenas e médias empresas no
Brasil**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação
em Engenharia Civil da Pontifícia Universidade Católica
do Rio de Janeiro como requisito parcial para obtenção do
grau de Mestre em Engenharia Civil.

Prof. Elisa Dominguez Sotelino

Orientador

Departamento de Engenharia Civil – PUC-Rio

Prof. Luiz Fernando Campos Ramos Martha

Departamento de Engenharia Civil – PUC-Rio

Prof. Sérgio Scheer

UFPR

Marcio da Silveira Carvalho

Coordenador Setorial do Centro

Técnico Científico

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e da orientadora.

João Felipe Lemgruber Coelho

Graduou-se em Engenharia Civil pela PUC- Rio (Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro), no Rio de Janeiro, em 2012. No mestrado na PUC-Rio, desenvolveu a dissertação na linha de pesquisa BIM: novas tecnologias e metodologias na engenharia.

Ficha Catalográfica

Coelho, João Felipe Lemgruber

Estudo empírico para proposta de diretrizes para implantação do BIM em pequenas e médias empresas no Brasil / João Felipe Lemgruber Coelho ; orientador: Elisa Sotelino. – 2017.

101 f.: il. color. ; 30 cm

Dissertação (mestrado)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Civil, 2017.

Inclui bibliografia

1. Engenharia civil – Teses. 2. Modelagem da informação da construção. 3. BIM. 4. Processo de projeto. 5. Diretrizes para implantação do BIM. I. Sotelino, Elisa. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Civil. III. Título.

Agradecimentos

A minha família, que sempre me apoiou.

A minha esposa, que esteve sempre junto comigo durante essa jornada.

A minha orientadora Elisa Dominguez Sotelino, por todos os ensinamentos.

Ao Daniel Nascimento, por toda contribuição e parceria para realização deste trabalho, e sem as quais isso não teria sido possível.

Aos professores da graduação e pós-graduação da PUC-Rio.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Civil e de toda a PUC-Rio.

Aos meus colegas da PUC-Rio.

A todos os meus amigos e familiares.

Resumo

Coelho, João Felipe Lemgruber; Sotelino, Elisa Dominguez. **Estudo empírico para proposta de diretrizes para implantação do BIM em pequenas e médias empresas no Brasil**. Rio de Janeiro, 2017. 101p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Embora o uso de tecnologias de informação na construção seja de extrema relevância para o aumento da produtividade em busca do desenvolvimento sustentável, não se encontra na literatura orientações claras para sua implantação. O propósito deste trabalho é identificar barreiras e benefícios para propor diretrizes de implantação do *Building Information Modeling* (BIM) no Brasil. O protocolo adotado para a pesquisa é qualitativo e quantitativo, contendo as etapas de revisão sistemática da literatura, estudo empírico, proposição de diretrizes, validação e conclusão. Há evidências na literatura de barreiras em tecnologias, envolvendo limitações de *softwares* e falta de interoperabilidade, frequentemente citadas. Além disso, identificou-se falta de colaboração e diferentes expectativas entre disciplinas em fluxos de trabalho. Sobretudo, a falta de conhecimento, a resistência à mudança e a descontinuidade das equipes afetam a implantação de BIM. Após comparar o que foi observado no estudo empírico com o identificado na literatura, analisando as barreiras e benefícios, propõem-se diretrizes envolvendo processo, tecnologia e pessoas para guiar a implantação de BIM. Finalmente, é utilizada uma pesquisa do tipo *survey* para validação do proposto.

Palavras-chave

Modelagem da Informação da Construção; BIM; Processo de Projeto; Diretrizes para implantação do BIM.

Abstract

Coelho, João Felipe Lemgruber; Sotelino, Elisa Dominguez (Advisor). **Empirical study to propose guidelines for the implementation of BIM in small and medium-sized enterprises in Brazil.** Rio de Janeiro, 2017. 101p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Although the use of information technologies in construction is highly relevant for increasing productivity seeking sustainable development, the literature lacks clear guidelines for its implementation. The purpose of this study is to identify barriers and benefits to propose a set of guidelines for implementation of Building Information Modeling (BIM) in Brazil. The study protocol is qualitative and quantitative, containing the stages of systematic literature review, empirical studies, guidelines proposal, validation and conclusion. Evidence in the literature points to barriers in technologies, involving frequently cited *software* limitations and lack of interoperability. Lack of collaboration and different expectations between disciplines involved in the work flow were also identified. Above all, lack of knowledge, resistance to change, and team turnover affects the implementation of BIM. After comparing the observations from empirical studies and the literature, analyzing barriers and benefits, guidelines are proposed that involve process, technology, and people to guide the implementation of BIM. Finally a survey is used to validate the findings.

Keywords

Building Information Modeling; BIM; Design Process; Guidelines for BIM implementation.

Sumário

1	Introdução	13
1.1	Justificativa	14
1.2	Objetivo	16
1.3	Escopo	16
1.4	Estrutura da Dissertação	16
2	Metodologia.....	17
2.1	Revisão sistemática da literatura	18
2.2	Estudo Empírico	25
2.3	Proposição de diretrizes	26
3	Análise Bibliométrica	29
4	Revisão da Literatura	37
4.1	<i>Building Information Modeling</i> (BIM)	37
4.2	Barreiras para implantação do BIM	42
4.3	Benefícios do BIM	46
5	Estudo Empírico	51

5.1	Descrições	51
5.2	Estudo Empírico 1	54
5.3	Estudo Empírico 2	59
5.4	Estudo Empírico 3	63
6	Proposição de diretrizes.....	68
7	Conclusões e Pesquisas Futuras.....	82
7.1	Resumo e conclusões	82
7.2	Pesquisas futuras	85
8	Referências	86
	Apêndices.....	94
	Apêndice A – Survey em inglês	94
	Apêndice B – Survey em português	98

Lista de figuras

<i>Figura 1 – Metodologia da pesquisa</i>	18
<i>Figura 2 – Mapa mental com a árvore de palavras-chave em português.</i>	20
<i>Figura 3 – Árvore de palavras-chave em inglês.</i>	21
<i>Figura 4 - Fonte</i>	29
<i>Figura 5 - Número de artigos x Ano de publicação</i>	30
<i>Figura 6 – Classificação do método de pesquisa</i>	31
<i>Figura 7 – Classificação da metodologia</i>	32
<i>Figura 8 – Setor da construção</i>	32
<i>Figura 9 – Fase do Empreendimento</i>	33
<i>Figura 10 – Países</i>	33
<i>Figura 11 – Tema</i>	34
<i>Figura 12 – Classificação das barreiras</i>	35
<i>Figura 13 – Subcategoria de barreiras</i>	35
<i>Figura 14 – Classificação dos benefícios</i>	36
<i>Figura 15 – Níveis BIM (Fonte: Caderno BIM de Santa Catarina adaptado da PAS 1192-2:2013)</i>	41
<i>Figura 16 – Sapata parede - família não convencional (Fonte: print screen do modelo BIM no software Revit)</i>	61
<i>Figura 17 - Sugestão inicial com pilares inclinados (Fonte: print screen do modelo BIM no software Revit)</i>	66
<i>Figura 18 - Pilares sem necessidade de escoramento (Fonte: print screen do modelo BIM no software Revit)</i>	66
<i>Figura 19 - Mapa conceitual mostrando as diferentes barreiras para implantação do BIM - formato adaptado de Garza-Reyes (2015)</i>	70

Figura 20 - Q1 - Para evitar dificuldades com diferentes expectativas é importante que haja alinhamento entre disciplinas, fornecedores e clientes. 73

Figura 21 - Q2 - Para evitar dificuldades com documentação de projeto é importante que seja clara a definição da forma em que o projeto será entregue, inclusive deve-se impreterivelmente definir este requisito em contrato. 74

Figura 22 - Q3 - A falta de colaboração interdisciplinar pode ser solucionada definindo o fluxo de informação previamente, interligando os fluxos de trabalho com respectivos responsáveis das diferentes disciplinas, fornecedores e clientes. 75

Figura 23 - Q4 - Para se combater a falta de interoperabilidade entre softwares é necessário especificar linguagem padrão e selecionar as ferramentas mais adequadas para serem adotadas no projeto, essas ferramentas devem ser testadas previamente com projetos anteriores ou amostra reduzida. 76

Figura 24 - Q5 - Para pequenas empresas é importante buscar suporte técnico externo de tecnologia da informação antes do início do projeto e realizar testes de todas as trocas de dados que ocorrerão durante o projeto. 77

Figura 25 - Q6 - Deve-se atentar às limitações nos softwares de captura automática de formas no campo a serem modeladas. É necessário que testes sejam feitos com a tecnologia a ser usada para verificar o alcance ao resultado esperado. 78

Figura 26 - Q7 - Deve-se treinar os profissionais em novas ferramentas BIM estratégicas em que não haja conhecimento e com isso avançar nos níveis de maturidade BIM, de forma contínua e incremental. 79

Figura 27 - Q8 - Deve-se demonstrar os benefícios do uso do BIM para conseguir o engajamento dos profissionais, principalmente os líderes, que escolhem utilizar ou não a metodologia BIM. 80

Figura 28 – Q9 - Deve-se utilizar a gestão do conhecimento sistemática para que o conhecimento não seja perdido após o fim de um projeto e que as lições aprendidas sejam aproveitadas nos projetos seguintes. 81

Lista de tabelas

<i>Tabela 1 – Fases da revisão sistemática da literatura</i>	19
<i>Tabela 2 – Elaboração da string</i>	21
<i>Tabela 3 – Critérios de inclusão e exclusão</i>	22
<i>Tabela 4 – Lista de artigos selecionados</i>	23
<i>Tabela 5 – Informações demográficas dos respondentes</i>	27
<i>Tabela 6 – Fases do empreendimento em que observou o uso do BIM</i>	28
<i>Tabela 7 - Informações do empreendimento</i>	53
<i>Tabela 8 - Empresas envolvidas</i>	53
<i>Tabela 9 – Lista de artigos</i>	69
<i>Tabela 10 - Barreiras e diretrizes para implantação do BIM</i>	71
<i>Tabela 11 – Frequência relativa</i>	72

1 Introdução

Ao longo do tempo, houve grande evolução no processo de projeto na indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC). Passou-se do desenho feito a mão na prancheta para o desenho digital feito no computador, o CAD (*Computer Aided Design*), Desenho Assistido por Computador. No entanto, apesar de ter havido essa importante mudança, a metodologia de projeto permaneceu a mesma, *i.e.*, continuou-se a produzir desenhos. A AEC continuou a basear sua indústria na troca de documentos, principalmente, na forma de desenhos.

Mais recentemente, uma nova mudança vem ocorrendo nessa área. A indústria de AEC está passando do CAD para o BIM (*Building Information Modeling*), termo citado pela primeira vez por Nederveen e Tolman (1992). No entanto, essa é uma mudança diferente e muito maior do que a anterior, porque há agora uma mudança de processo, passa-se da entrega de desenhos para a entrega de informações. Tal mudança afeta como o empreendimento é concebido, detalhado e executado, e, logicamente, afeta também o processo de como os vários especialistas envolvidos no empreendimento se comunicam e colaboram.

Com mudanças tão grandes a serem realizadas, é natural o surgimento de diversas barreiras a serem transpostas durante a implantação dessa nova metodologia BIM. Amorim (2014) afirma que a indústria está passando por mudanças de paradigma com os novos conceitos e que são necessários estudos sobre os impactos que essas mudanças causam e sobre a maneira como deve ser feita a implantação dessa nova metodologia.

Nos últimos anos, o BIM vem sendo cada vez mais difundido e vem começando a ser implantado em projetos ao redor do mundo, principalmente em países mais desenvolvidos, como Estados Unidos e Reino Unido (Eastman et al., 2011 e Eadie et al., 2013), que já ultrapassaram muitas barreiras e já usufruem de seus benefícios, que já possuem padrões e têm a utilização planejada e imposta pelo governo, caso do Reino Unido. No Brasil, ainda estamos dando os primeiros passos para poder implantá-lo em larga escala, pois isso exige mudanças não só, conforme já foi dito, nos processos utilizados atualmente, como também no entendimento de novos conceitos.

Esses conceitos e processos devem ser analisados para que tal mudança seja realizada com sucesso. Casos de implantação do BIM, já realizados em outros países, devem ser observados para se extrair as melhores práticas de modo a se ultrapassar as barreiras e conhecer os principais potenciais benefícios que podem ser obtidos com a implantação do BIM em projetos de engenharia no Brasil.

1.1 Justificativa

Na indústria da arquitetura, engenharia e construção (AEC), muito se fala sobre o uso do BIM (*Building Information Modeling*) como um novo modo de se trabalhar. Fala-se sobre suas muitas vantagens em relação ao método de trabalho mais utilizado até os dias atuais, o que utiliza CAD, como ganho de produtividade, redução de inconsistência de informações e diminuição do retrabalho, e fala-se também das novas possibilidades, como integração do projeto com o planejamento físico e financeiro da construção e simulações de desempenho e sustentabilidade. Para conseguir essas vantagens, é necessário o entendimento do novo jeito de se trabalhar e das mudanças que ocorrerão.

Apesar de se falar de suas vantagens, ainda há uma falta de entendimento de que o BIM não é uma ferramenta computacional, de que não é uma tecnologia apenas e que implica em grandes mudanças. Grosso modo, o BIM é uma nova metodologia de trabalho que utiliza modelos computacionais tridimensionais para centralizar todas as informações do projeto de modo a torná-lo mais preciso e eficiente. Melhor ainda, o BIM é um processo baseado em modelos digitais, compartilhados, integrados e interoperáveis que traz um novo modo de se criar, compartilhar, trocar e gerenciar a informação durante todo o ciclo de vida de um empreendimento (Isikdag e Underwood; 2010).

Esse processo faz com que mudanças tenham que ser realizadas em diversas áreas, tanto nas empresas projetistas que elaboram o projeto, nos fornecedores que disponibilizam seus produtos, como nas construtoras que executam as obras; e ainda nos proprietários do empreendimento, que definem as formas de interação entre as contratadas e que utilizam as instalações depois de construídas. Por ser uma mudança generalizada no modo de se trabalhar, esse processo de implantação do BIM pode ser complexo, e são muitos os autores que têm relatado dificuldades na adoção do BIM em decorrência do desconhecimento da abrangência da mudança que deve ocorrer com o uso dessa metodologia.

De acordo com Owen (2009) e Manzione (2013), muitas empresas investem em novas tecnologias sem compreender as mudanças que as mesmas trarão. As tecnologias existem para sustentar os processos, para se criar informações coerentes e importantes, que, por sua vez, sustentarão a colaboração das pessoas envolvidas em um mesmo projeto. Manzione (2013) afirma que a adoção do BIM tem sido lenta na prática, apesar dos benefícios na eficiência da gestão do fluxo de informações, das capacidades de simulação para prever problemas de custos e desperdícios, e da melhoria geral da colaboração e da coordenação dos projetos.

Em alguns países, como Estados Unidos e Reino Unido, o BIM está sendo utilizado em um nível mais avançado de implantação, apesar de ainda estar em plena evolução e desenvolvimento. No Brasil, existem algumas poucas iniciativas de utilização do BIM, que foram freadas nos últimos 2 anos com a crise financeira e política que ocorre e que vem afetando a indústria AEC.

De acordo com Amorim (2014), no Brasil há uma profunda separação entre as fases de concepção e execução, e isso vai em direção oposta da que obtém melhores benefícios do uso do BIM. E a falta de conhecimento dos profissionais, o custo inicial de implantação e a demora da conscientização da indústria sobre a utilização do BIM também são barreiras que dificultam a implantação dele aqui, no nosso país.

Entendendo que uma discussão sobre como ultrapassar essas barreiras é necessária e de grande importância para o futuro dos projetos de engenharia no Brasil, o autor desta dissertação vai aqui relatar detalhadamente suas experiências, mostrando as facilidades e as barreiras observadas, na implantação do BIM. E, com base nisso, vai propor diretrizes para implantação do BIM em pequenas e médias empresas (PMEs) de engenharia no Brasil.

O BIM é um método de trabalho relativamente novo no mundo, apenas a partir dos últimos 10 anos começou a ganhar relevância, e ainda são necessários mais estudos sobre o tema. Os resultados desta pesquisa podem colaborar para um melhor entendimento do BIM, pode dar aos possíveis usuários o conhecimento das barreiras, como ultrapassá-las e dos benefícios obtidos.

1.2 Objetivo

O objetivo dessa dissertação é contribuir para a discussão sobre a implantação do BIM, em especial no Brasil, identificando as barreiras para tal, buscando possíveis soluções, mostrando os benefícios que a metodologia pode trazer e propondo diretrizes para implantação. Para isso, aqui se buscou o Estado da Arte do BIM, foram observadas novas práticas no processo de projeto colaborativo com o uso do BIM e foram analisadas as barreiras para a sua adoção em projetos de engenharia para, então, propor novas diretrizes para a implantação.

Estudando as dificuldades na implantação do BIM apresentadas na literatura, buscou-se registrar as barreiras relatadas e observar em um caso real para se obter respostas sobre quais são as barreiras e os desafios encontrados nas pesquisas sobre BIM no mundo, quais dessas se confirmam na prática no Brasil ou que outras podem ser observadas, e de que maneira seria possível sobrepor essas barreiras para implantar o BIM no Brasil.

1.3 Escopo

Para restringir as propostas de solução buscadas nesse trabalho, foi definida a delimitação de empresas de engenharia no Brasil, já que o estudo empírico foi realizado em uma empresa desse tipo. Acrescentou-se a isso, a limitação de se propor diretrizes para pequenas e médias empresas, que terão mais dificuldades, por serem normalmente subcontratadas de empresas, ou participarão de apenas uma parte do empreendimento.

1.4 Estrutura da Dissertação

No capítulo 2 deste trabalho é descrita a metodologia de pesquisa realizada. No capítulo 3 é apresentada uma análise bibliométrica. Em seguida, no capítulo 4, também é apresentada a revisão da literatura. No capítulo 5 são descritos qualitativamente os estudos empíricos realizados. No capítulo 6, são propostas diretrizes para adoção do BIM em pequenas e médias empresas de engenharia no Brasil. E por fim, no capítulo 7, são analisados os resultados e apresentadas as conclusões. Além disso, são identificadas possíveis futuras pesquisas.

2 Metodologia

Neste capítulo são apresentados os processos utilizados e os métodos adotados para o desenvolvimento da pesquisa, sendo esta exploratória, descritiva e construtiva, com diferentes fontes de informações para diminuir a subjetividade do autor e validar o constructo¹. (Yin, 2014).

Na busca pelo estado da arte do BIM, foi realizada uma revisão sistemática da literatura contendo análise da documentação existente e pesquisa bibliográfica, com o objetivo de inventariar e sistematizar a produção da determinada área do conhecimento. Segundo Soares (1989), citado por Romanowskie e Ens (2006), inventariar e sistematizar são de grande importância, pois podem conduzir à plena compreensão do estado atingido pelo conhecimento a respeito de determinado tema.

O estudo empírico na forma de observação direta envolve a experiência vivida pelo autor em ambiente profissional, que será descrita qualitativamente, com a intenção de inserir na discussão questões práticas, que podem não ter sido descritas nas publicações acadêmicas, ou reforçar pontos encontrados nas mesmas.

A partir das informações obtidas na fase de levantamento do problema, foram propostas diretrizes para implantação do BIM em pequenas e médias empresas de engenharia do Brasil. Um *survey* com um questionário foi aplicado para testar a validade das diretrizes propostas.

A Figura 1 apresenta as fases da pesquisa: o levantamento do problema realizado pela revisão sistemática da literatura e pelos estudos empíricos; e a proposta de solução realizada pela proposição de diretrizes e pela análise de respostas do *survey*.

1 Segundo o dicionário, Houaiss et al. (2007), constructo é “1 construção puramente mental, criada a partir de elementos mais simples, para ser parte de uma teoria. 2 objeto de percepção ou pensamento formado pela combinação de impressões e presentes [...]”

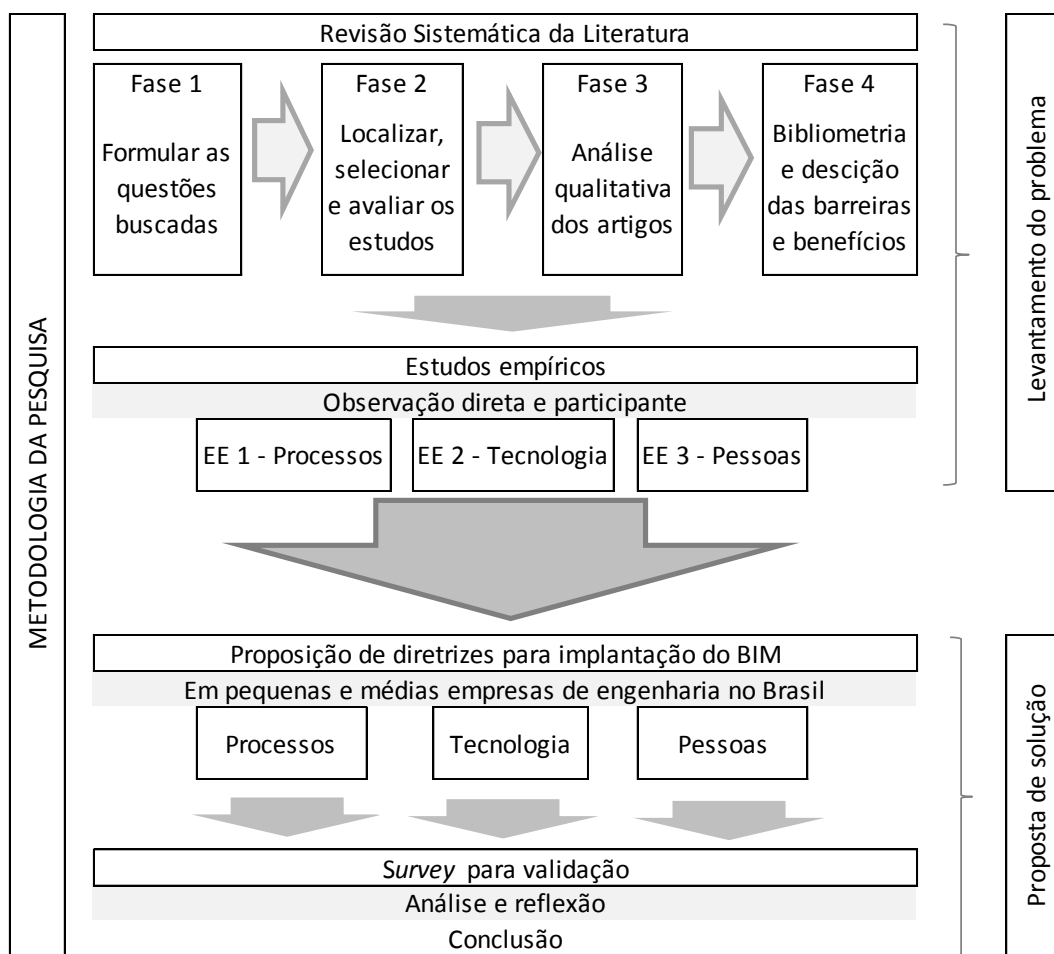


Figura 1 – Metodologia da pesquisa

2.1 Revisão sistemática da literatura

O desenvolvimento teórico do tema foi definido a partir da pesquisa bibliográfica realizada para se fazer uma revisão sistemática da literatura. O método de pesquisa adotado consiste em um método sistemático, explícito e reproduzível para se identificar, avaliar e interpretar o acervo de documentos registrados (Fink, 2005). Foi realizada uma abordagem precisa, transparente e explícita que inclui algumas fases para garantir a transparência e o rigor da pesquisa. (Tranfield *et al.*, 2003)

As fases da revisão são apresentadas na tabela 1 e descritas a seguir.

Tabela 1 – Fases da revisão sistemática da literatura

Fases da revisão sistemática da literatura	Objetivo	Método	Ferramenta	Análise	Passo
Formulação das questões	Formular as questões para guiar a pesquisa	Leitura de artigos aleatórios	Scopus	Conclusões e pesquisas futuras	1
Localização dos estudos	Localizar, selecionar e avaliar a literatura relevante	Organização e controle	EndNote		2
		Definição e uso de Base de dados eletrônicos	Scopus		
Seleção dos estudos e avaliação		Definição do período de pesquisa	2010-2016	Criação da Árvore de palavras-chave	
		Definição e uso dos critérios de inclusão e exclusão	Excel		
		Definição e uso do protocolo de pesquisa a partir das palavras-chave	Xmind		
		Classificação dos artigos	Excel		
Análise e síntese	Sintetizar e analisar os artigos selecionados	Síntese das informações	Excel e Xmind	Informações colocadas em uma planilha e classificadas	3
Relatórios e uso dos resultados	Relatar os resultados	Elaboração de Diagramas	Excel e Xmind	Bibliométrica e temática	4

Primeiramente foram formuladas as questões buscadas. A seguir foram feitas a localização, a seleção e a avaliação dos estudos. Para, então, ser feita uma análise qualitativa dos artigos selecionados e, por fim, foram descritos os resultados.

Fase 1 – Formular as questões norteadoras.

A busca por soluções para aplicação correta e vantajosa da metodologia BIM em projeto de engenharia no Brasil guiou a pesquisa para as seguintes questões:

Quais são as barreiras e os desafios encontrados nas pesquisas sobre BIM no mundo?

De que maneira é possível eliminar essas barreiras para a implantação no Brasil?

Fase 2 - Localizar, selecionar e avaliar os estudos.

A partir das questões acima, foram definidos grupos de palavras-chave para se iniciar a revisão sistemática. Essas palavras foram escolhidas pela relevância no tema BIM. A Figura 2 mostra as palavras escolhidas para a realização da pesquisa. A partir das palavras definidas na língua portuguesa, as mesmas foram traduzidas para se realizar a busca em inglês. A Figura 3 apresenta as palavras na língua inglesa agrupadas por ramos.

A partir das palavras-chave, foi criada uma *string* para busca na base de dados eletrônica Scopus (scopus.com). Também foram realizadas buscas nas bases de dados Elsevier (sciencedirect.com) e *ISI Web of Science* (wokinfo.com), porém, por terem filtros diferentes que não puderam ser reproduzidos de uma base de dados para outra, foram escolhidos apenas os resultados da Scopus, por ser a mais interdisciplinar.



Figura 2 – Mapa mental com a árvore de palavras-chave em português.

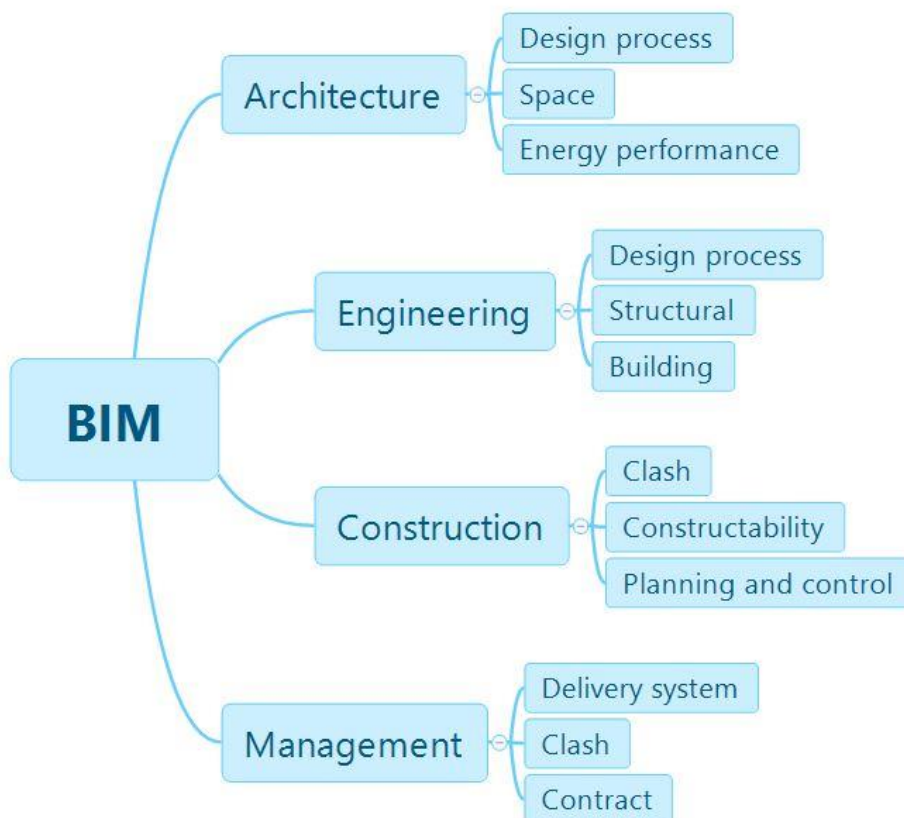


Figura 3 – Árvore de palavras-chave em inglês.

String é a denominação de uma cadeia de caracteres utilizada para busca nas bases de dados. Esta é criada utilizando os ramos da árvore de palavras mostradas nas Figuras 2 e 3. Abaixo, na Tabela 2, está apresentada a *string* que foi utilizada inicialmente.

Tabela 2 – Elaboração da *string*

("BIM"and"Architecture"	and" design process ") OR
	and" space ") OR
	and" energy performance ") OR
("BIM"and"Engineering"	and" design process ") OR
	and" structural ") OR
	and" building ") OR
("BIM"and"Construction"	and" clash ") OR
	and" constructability ") OR
	and" planning and control ") OR
("BIM"and"Management"	and" Delivery System ") OR
	and" clash ") OR
	and" contract ")

Essa primeira busca na base de dados SCOPUS retornou 5174 resultados, e na base de dados *Science Direct* retornou 3350. Esse grande número de publicações foi considerado excessivo e então se passou para a segunda parte, na qual foi feita uma seleção dos artigos a partir de critérios de inclusão e exclusão. Os critérios de exclusão utilizados são indicados na Tabela 3:

Tabela 3 – Critérios de inclusão e exclusão

Critério	Inclusão	Exclusão
Área	Ciências exatas	Humanas e sociais
Tipo de publicação	Artigos de periódico e <i>review</i>	Qualquer outro tipo
Língua	Inglês e português	Qualquer outro tipo
Disponível	Texto disponível <i>online</i>	Não disponível texto completo <i>online</i>
Disciplina	Arquitetura, Engenharia, Construção, Gerenciamento	Qualquer outra
Período	A partir de 2010	Antes de 2010
Assuntos	Arquitetura, Engenharia, Construção	Qualquer outro

Não foi possível aplicar os mesmos critérios nas duas bases de dados, então a seleção foi feita apenas na Scopus, na qual foi possível realizar todas as inclusões e exclusões. É importante relatar que os resultados nas duas bases de dados eram bem parecidos, então a maior parte dos artigos foi englobada.

Os critérios trouxeram um resultado com 312 artigos, que foi exportado para uma planilha, listando cada artigo com suas respectivas informações: título, autor, ano e número de citações.

Para classificação desses artigos, foi criada uma métrica (m) multiplicando o número de citações (n) pela aderência ao título (t=100 para “sim” e t=50 para “não”) e o fator de impacto (FI). Esta fórmula é apresentada abaixo:

$$m = n \times t \times FI$$

O fator de impacto do periódico é medido dividindo o número de citações recebidas no ano em artigos publicados nos dois anos anteriores pelo número de artigos publicados nos 2 anos anteriores.

Após a leitura dos títulos e resumos, cada artigo recebeu sua pontuação em uma tabela referente à adoção do título, número de citações e fator de impacto. Após a aplicação da métrica, os artigos foram classificados e os 40 primeiros do *ranking* foram selecionados para compor o portfólio bibliográfico, que é apresentado na Tabela 4.

Fase 3 - Analisar qualitativamente os artigos selecionados

De posse dos resultados com os 40 artigos mais relevantes, realizou-se a leitura integralmente de cada um deles. A planilha de artigos foi então complementada com informações retiradas deles. São informações de diversos tipos para se analisar os resultados por diferentes formas, como: método de pesquisa, metodologia, setor da AEC, fase do projeto, país do estudo, tema, objetivo, barreiras, benefícios, pesquisas futuras, classificação das barreiras, subcategorias da classificação da barreira tecnologia e classificação dos benefícios.

Fase 4 - Descrever os resultados

Os resultados são apresentados de forma quantitativa, em diagramas extraídos da análise bibliométrica, e qualitativa, com a descrição das barreiras e benefícios de BIM observadas nos artigos.

A Tabela 4 apresenta os 40 artigos selecionados após os critérios de inclusão e exclusão e a classificação pela métrica criada. A tabela apresenta o número do ranking de cada artigo, o título, os autores e os valores utilizados para a métrica definida anteriormente.

Tabela 4 – Lista de artigos selecionados

#	Autores	Artigo	n	t	FI	m
1	Gu e London (2010)	Understanding and facilitating BIM adoption in the AEC industry	106	100	2.442	25885
2	Singh et al. (2011)	A theoretical framework of a BIM-based multi-disciplinary collaboration platform	88	100	2.442	21490
3	Tang et al. (2010)	Automatic reconstruction of as-built building information models from laser-scanned point clouds: A review of related techniques	171	50	2.442	20879
4	Grilo e Jardim-Goncalves(2010)	Value proposition on interoperability of BIM and collaborative working environments	78	100	2.442	19048
5	Jung e Joo (2011)	Building information modelling (BIM) framework for practical implementation	70	100	2.442	17094
6	Hu e Zhang (2011)	BIM- and 4D-based integrated solution of analysis and management for conflicts and structural safety problems during construction: 2. Development and site trials	70	100	2.442	17094
7	Zhang et al. (2013)	Building Information Modeling (BIM) and Safety: Automatic Safety Checking of Construction Models and Schedules	65	100	2.442	15873
8	Barlish e Sullivan (2012)	How to measure the benefits of BIM - A case study approach	64	100	2.442	15629
9	Sacks et al. (2010)	Requirements for building information modeling based lean production management systems for construction	56	100	2.442	13675
10	Arayici et al. (2011)	Technology adoption in the BIM implementation for lean architectural practice	54	100	2.442	13187
11	Grilo e Jardim-Goncalves (2011)	Challenging electronic procurement in the AEC sector: A BIM-based integrated perspective	40	100	2.442	9768
12	Häkkinen e Belloni (2011)	Barriers and drivers for sustainable building	63	100	1.454	9160
13	Isikdag e Underwood (2010)	Two design patterns for facilitating Building Information Model-based synchronous collaboration	35	100	2.442	8547

(continuação)

#	Autores	Artigo	n	t	FI	m
14	Porwal e Hewage (2013)	Building Information Modeling (BIM) partnering framework for public construction projects	33	100	2.442	8059
15	Jardim-Goncalves e Grilo (2010)	SOA4BIM: Putting the building and construction industry in the Single European Information Space	33	100	2.442	8059
16	Redmond et al. (2012)	Exploring how information exchanges can be enhanced through Cloud BIM	32	100	2.442	7814
17	Leite et al. (2011)	Analysis of modeling effort and impact of different levels of detail in building information models	31	100	2.442	7570
18	Motawa e Almars-had (2013)	A knowledge-based BIM system for building maintenance	31	100	2.442	7570
19	Popov et al. (2010)	The use of a virtual building design and construction model for developing an effective project concept in 5D environment	31	100	2.442	7570
20	Linderoth (2010)	Understanding adoption and use of BIM as the creation of actor networks	30	100	2.442	7326
21	Babič et al. (2010)	Integrating resource production and construction using BIM	29	100	2.442	7082
22	Park et al. (2013)	A framework for proactive construction defect management using BIM, augmented reality and ontology-based data collection template	28	100	2.442	6838
23	Chi et al. (2013)	Research trends and opportunities of augmented reality applications in architecture, engineering, and construction	28	100	2.442	6838
24	Peterson et al. (2011)	Teaching construction project management with BIM support: Experience and lessons learned	27	100	2.442	6593
25	Wang et al. (2013)	A conceptual framework for integrating building information modeling with augmented reality	27	100	2.442	6593
26	Kim et al. (2013)	Automated construction progress measurement using a 4D building information model and 3D data	27	100	2.442	6593
27	Xiong et al. (2013)	Automatic creation of semantically rich 3D building models from laser scanner data	53	50	2.442	6471
28	Eastman et al. (2010)	Exchange model and exchange object concepts for implementation of national BIM standards	46	100	1.385	6371
29	Zhiliang et al. (2011)	Application and extension of the IFC standard in construction cost estimating for tendering in China	26	100	2.442	6349
30	Shen et al. (2012)	Building Information Modeling-based user activity simulation and evaluation method for improving designer-user communications	26	100	2.442	6349
31	Davies e Harty (2013)	Implementing 'site BIM': A case study of ICT innovation on a large hospital project	24	100	2.442	5861
32	Brilakis et al. (2011)	Progressive 3D reconstruction of infrastructure with videogrammetry	44	50	2.442	5372
33	Pauwels et al. (2011)	A semantic rule checking environment for building performance checking	41	50	2.442	5006
34	Irizarry et al. (2013)	Integrating BIM and GIS to improve the visual monitoring of construction supply chain management	37	50	2.442	4518
35	Moum (2010)	Design team stories: Exploring interdisciplinary use of 3D object models in practice	18	100	2.442	4396
36	Klein et al. (2012)	Imaged-based verification of as-built documentation of operational buildings	34	50	2.442	4151
37	Sacks et al. (2010)	The Rosewood experiment - Building information modeling and interoperability for architectural precast facades	34	50	2.442	4151
38	Cheng e Teizer (2013)	Real-time resource location data collection and visualization technology for construction safety and activity monitoring applications	34	50	2.442	4151
39	Eadie et al. (2013)	BIM implementation throughout the UK construction project lifecycle: An analysis	17	100	2.442	4151
40	Lee et al. (2012)	Efficiency analysis of Set-based Design with structural building information modeling (S-BIM) on high-rise building structures	16	100	2.442	3907

2.2 Estudo Empírico

A fase de estudo empírico se constituiu da observação da implantação de BIM na interdisciplinaridade de um projeto. Foram analisadas práticas para utilização de BIM, no estágio inicial, através da observação direta em um projeto real. Foram também observados as barreiras e os benefícios do uso de BIM nesse projeto, em que uma empresa de engenharia trabalhou junto com uma de arquitetura para entregar o projeto executivo da construção.

Cada estudo observou um aspecto, que será aqui descrito, analisado e discutido. O estudo realizado utilizou o método observação direta e observação participante.

Observação direta

Como o estudo de caso deve ocorrer no contexto de mundo real do caso, está criada a oportunidade para as observações diretas. Essas observações servem como fonte de evidência. As observações podem variar das atividades de coleta de dados formais às informais. Menos formalmente, as observações diretas podem ser feitas durante seu trabalho de campo (Yin; 2014).

Yin (2014) também afirma que a evidência observacional é frequentemente útil para proporcionar informação adicional sobre o tópico sendo estudado. Se o estudo de caso for sobre uma nova tecnologia, as observações da tecnologia em funcionamento são valiosas para o entendimento dos seus verdadeiros usos e de qualquer problema encontrado.

Observação Participante

A observação participante é uma modalidade especial de observação na qual o pesquisador não é simplesmente um observador passivo. Em vez disso, este pode assumir vários papéis na situação do trabalho de campo e participar realmente das ações sendo estudadas (DeWalt e DeWalt; 2011).

A observação participante proporciona algumas oportunidades incomuns para a coleta de dados do estudo de caso, mas também envolve desafios importantes. A oportunidade mais diferenciada está relacionada com a capacidade de se obter acesso aos eventos ou grupos que, de outro modo, seriam inacessíveis ao estudo. Em outras palavras, para alguns tópicos, pode não haver um meio de coletar evidência que não seja por meio da observação participante. Outra oportunidade diferenciada é a capacidade de captar a realidade do ponto de vista de

alguém "interno" ao estudo de caso, não de alguém externo a ele. Muitos argumentam que essa perspectiva é valiosa na produção de um retrato preciso do fenômeno do estudo de caso. Sob algumas circunstâncias, essa abordagem para alcançar as evidências do estudo de caso pode ser exatamente a abordagem certa (Yin; 2014).

2.3 Proposição de diretrizes

A partir do que foi observado nos artigos usados para revisão da literatura e no estudo empírico, foram propostas diretrizes para implantação do BIM em pequenas e médias empresas (PMEs) de engenharia no Brasil.

Foram apresentadas as principais barreiras na forma de um mapa conceitual, e utilizada uma tabela para indicar as diretrizes para guiar a implantação do BIM em pequenas e médias empresas no Brasil. Esses recursos são utilizados para facilitar o entendimento visual e garantir que as ideias sejam transmitidas.

Para a definição das diretrizes, restringiu-se o universo de aplicação das mesmas para haver um foco específico no tema determinado, i.e., pequenas e médias empresas de engenharia no Brasil.

A validade das diretrizes propostas foi testada por uma pesquisa do tipo *survey*, que é descrita em detalhe abaixo.

Survey

A pesquisa *survey* é uma forma de coleta de dados na forma de questionário a ser respondido por um grande número de pessoas que representam uma população-alvo, para se obter dados quantitativos. (Freitas et al.; 2000)

A pesquisa realizada é classificada como explanatória, pois tem como objetivo testar uma teoria. Neste caso ela foi utilizada para testar a validade das diretrizes propostas e se poderia ser feita uma generalização. A ideia foi obter a percepção de profissionais com alguma experiência com uso do BIM e para isso se buscou respondente de todo o mundo através de publicação do questionário online no grupo de interesses *BIM Experts* do *LinkedIn*, rede virtual de relacionamento profissional.

O grupo é pioneiro na troca de informações, de melhores práticas e de contatos profissionais. Possui 57.772 integrantes de todo o mundo, tendo como fundador e administrador o secretário do quadro de diretores da *buildingSMART* alliance, da *National Institute of Building Sciences* e gerente do programa de ino-

vação em BIM do corpo de engenheiros do exército dos Estados Unidos, Van Woods. Foram feitas duas publicações solicitando respostas, sendo uma no dia 12 de outubro de 2016 e a outra no dia 22 de outubro de 2016. Para encorajar respondentes, foi informado que questionário levaria apenas 5 minutos para ser respondido, após esse tempo ser medido em teste piloto.

O questionário foi composto por duas partes. A primeira obteve informações demográficas como idade, nível de educação, posição profissional, tempo de experiência com BIM, tipos de empreendimentos que participou e em que fases. A segunda parte solicitou a percepção do nível de relevância sobre nove afirmações, que representavam cada uma, uma das diretrizes propostas para sobrepor cada barreira. Foi utilizada uma escala de um a cinco, sendo um para pouco relevante e cinco para muito relevante.

As tabelas a seguir indicam os resultados da primeira parte do questionário. A segunda parte será apresentada no capítulo 6.

Tabela 5 – Informações demográficas dos respondentes

Variáveis	Amostra (N=36)	Percentual
Idade		
18-25	3	8,3%
26-30	12	33,3%
31-40	6	16,7%
41-50	6	16,7%
51-60	7	19,4%
>60	2	5,6%
Escolaridade		
Ensino médio	4	11,1%
Ensino médio técnico	3	8,3%
Ensino superior	2	5,6%
Ensino superior completo	13	36,1%
Mestrado incompleto	5	13,9%
Mestrado	6	16,7%
Doutorado incompleto	2	5,6%
Doutorado	1	2,8%
Experiência em BIM		
Nenhum	1	2,8%
Menos de 1 ano	2	5,6%
De 1 a 2 anos	12	33,3%
De 3 a 4 anos	6	16,7%
Acima de 4 anos	15	41,7%
Gênero		
Masculino	33	92%
Feminino	3	8%

Observa-se na

Tabela 5 que um grande número de jovens com menos de 30 anos de idade participou da amostra. Um percentual 75% tem pelo menos ensino superior completo, contabilizando também os que indicaram ter cursado mestrado e doutorado. E 58% dos respondentes tem mais de 3 anos de experiência com o BIM.

Tabela 6 – Fases do empreendimento em que observou o uso do BIM

Fase do empreendimento	n	%
Projeto básico	15	41,7%
Projeto executivo com uma disciplina	18	50,0%
Projeto executivo com disciplinas integradas	27	75,0%
Construção	20	55,6%
Operação / Manutenção	6	16,7%
Não observou ou não teve experiência	1	2,8%

Com relação às fases do empreendimento (Tabela 6) em que os respondentes observaram o uso do BIM, é importante ressaltar que 75 % das pessoas relataram ter tido experiência com o BIM em projeto executivo com diversas disciplinas integradas e mais da metade disse ter vivenciado na fase de construção.

Dentre os respondentes, estão diretores de projeto, nove gerentes BIM, um especialista BIM, um executivo BIM, arquitetos e engenheiros de diversas especialidades.

Essas informações colhidas reforçam a relevância do grupo de escolhidos. Mostra que os respondentes são pessoas com experiência e que já vivenciaram o uso do BIM na prática.

3 Análise Bibliométrica

A análise bibliométrica é, segundo Silva *et al.* (2011), um método flexível para avaliar a tipologia, a quantidade e a qualidade das fontes de informação citadas em pesquisas. O produto da análise bibliométrica são os indicadores científicos deste trabalho.

Neste trabalho, a análise bibliométrica foi realizada com os dados extraídos dos artigos, e possibilitou a realização de uma análise quantitativa do portfólio utilizado e o registro de informações que contribuem para a melhor compreensão do tema estudado.

Aqui serão apresentados gráficos, diagrama e tabelas com cada categoria de dados obtidos.

- Fonte

As buscas foram realizadas na base de dados eletrônica Scopus (www.scopus.com) e resultou em artigos de três fontes: *Automation in Construction*, *Building Research and Information* e *Journal of computing in Civil Engineering*. O Figura 4 mostra a divisão de quantidade de artigos em cada fonte.

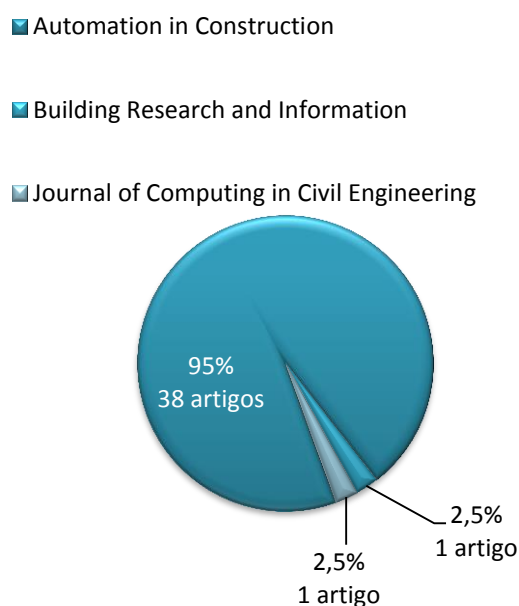


Figura 4 - Fonte

A grande maioria dos artigos, 38 de um total de 40, foi publicada na fonte *Automation in Construction*. Um artigo foi obtido na fonte *Building Research and Information*, e o outro, na fonte *Journal of Computing in Civil Engineering*.

Como se vê, essa primeira fonte citada tem muitas publicações sobre o assunto BIM. Isso porque o assunto principal da revista é automação na construção, como sugere o nome, em inglês, o que envolve diretamente o BIM.

- Ano

Os 40 artigos do *ranking* final foram publicados nos anos de 2010, 2011, 2012 e 2013. A quantidade de artigos de cada ano é apresentada no Figura 5.

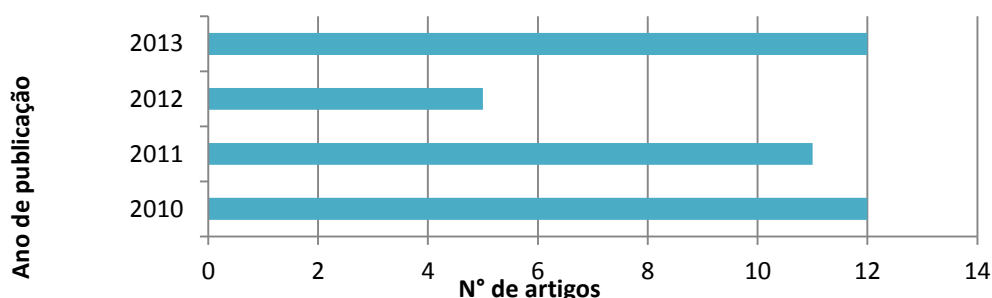


Figura 5 - Número de artigos x Ano de publicação

Esta pesquisa foi realizada com o critério de excluir artigos anteriores a 2010 para que se observasse o que há de mais novo entre as publicações sobre o tema.

Dos 40 artigos selecionados, após os critérios terem sido aplicados, 12 foram publicados no ano de 2010, 11 no ano de 2011, cinco no ano de 2012 e 12 em 2013. Isso mostra que o número de publicações vem se mantendo nos últimos anos. A não presença de publicações de 2014 em diante provavelmente se deve ao fato de a classificação dos artigos ter levado em consideração o número de citações, e as publicações mais recentes têm menos tempo, portanto, menos chance de terem sido citadas por outros autores.

- Método de pesquisa

Os métodos de pesquisa dos artigos selecionados foram classificados em: experimental, modelo, *survey*, entrevista, análise documental e teórico, como mostra a Figura 6. É possível observar uma divisão grande entre os métodos experimental (total de 23 – 57,5%), teórico (16 – 40%) e criação de modelo (15 – 37,5%), inclusive com mescla dos métodos em uma mesma pesquisa, que é o representado nas interseções dos círculos. Esses três métodos são os mais usados pelos autores, presentes em 92,5% dos 40 artigos.

Os métodos de entrevista pessoal, grupo focal, em que se reúne um grupo de interesse para entrevista, e *survey*, coleta de dados na forma de questionário a ser respondido por um grande número de pessoas, para se obter dados quantitativos, foram os menos utilizados, com apenas uma utilização de cada grupo, focal e *survey*, e três usos de entrevistas.

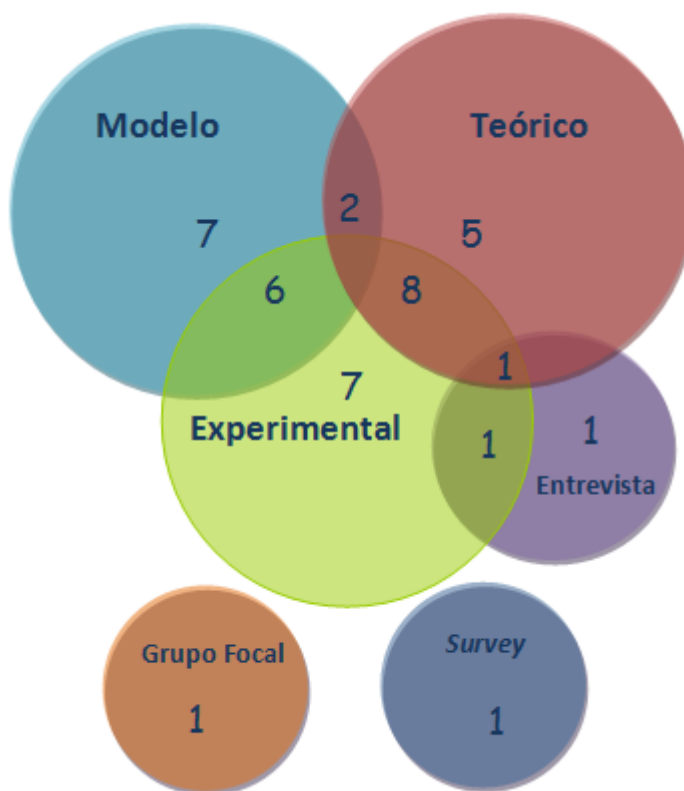


Figura 6 – Classificação do método de pesquisa

- Metodologia

A Figura 7 mostra a metodologia classificada em quantitativa, qualitativa e mista. Observa-se que a grande maioria dos artigos utilizou metodologia de pesquisa qualitativa (85%), em que não há o intuito de obter números como resultados. Os dados são observados e são obtidas apenas impressões, sem dados que possam comprovar as conclusões obtidas. As pesquisas em que foram realizadas também análise quantitativa, que são chamadas de mista (7,5%) ou apenas qualitativa (7,5%) foram minoria.

Resulta dessa análise que faltam pesquisas quantitativas sobre o BIM. É importante que sejam feitas mais pesquisas desse tipo para que seus benefícios sejam comprovados por números. Percebe-se que há uma dificuldade de se ob-

ter dados quantitativos por envolver um método de trabalho que não é facilmente medido, o que dificulta a medição dos benefícios do BIM (Jung e Joo, 2011).



Figura 7 – Classificação da metodologia

- Setor da AEC

Os artigos foram classificados em industrial, edificações e infraestrutura para se observar em que setores da construção estão mais concentradas as pesquisas (Figura 8). Foi visto que é no setor de edificações, com 27 dos 40 artigos (67,5%), que se concentra a maioria das pesquisas. Esse dado se deve ao fato de o BIM se focar inicialmente no setor de edificações. O setor industrial já tem experiência com automação de projeto, que se assemelha com o BIM, que também usa modelos 3D, mas tem como foco principal tubulações de plantas industriais.

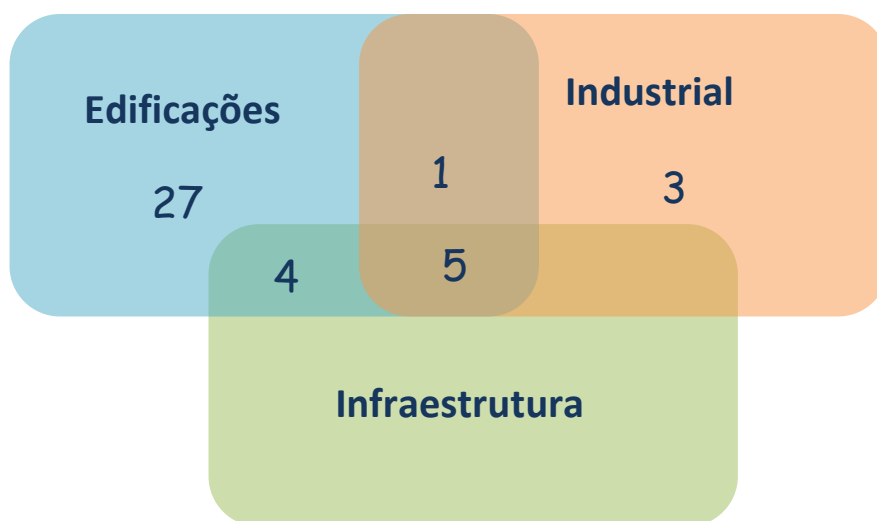


Figura 8 – Setor da construção

- Fase do Empreendimento

Os artigos também foram classificados por fase do empreendimento em que foi realizado o estudo: Projeto, Construção e Manutenção (Figura 9), para se observar em qual dessas fases os estudos se concentram. Foi observado que a

maioria dos artigos realizou estudos sobre as fases de projeto (35%), construção (32,5%) e em ambas (30%), totalizando 39 dos 40 artigos (97,5%). Alguns estudos trataram de pontos específicos dentro de uma fase, por exemplo, um artigo propôs um modelo para se verificar a segurança da construção ainda durante o projeto; outro realizou pesquisas especificamente sobre técnicas de *as-built*; e um único artigo tratou da fase de manutenção do empreendimento.

Foi observado que a maioria dos artigos se refere às partes principais da execução de um empreendimento, que são o projeto e a construção. Essas são as fases principais em que o BIM atua, realizando, inclusive, a conexão entre essas fases.

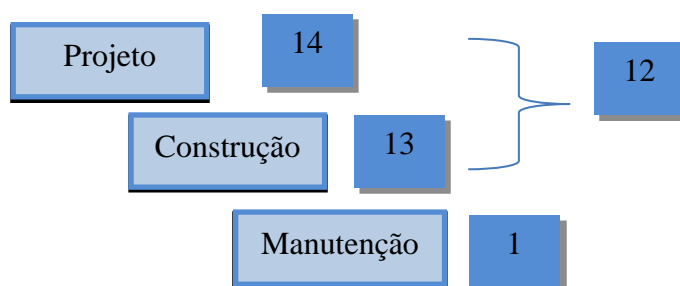


Figura 9 – Fase do Empreendimento

- País da instituição do autor

Muitos dos artigos selecionados têm diversos autores e, portanto, é difícil classificá-los quanto à localização e/ou nacionalidade. Para isso, então, neste trabalho, o critério usado foi determinar a nacionalidade desses artigos pela localização das instituições que apoiaram suas pesquisas.

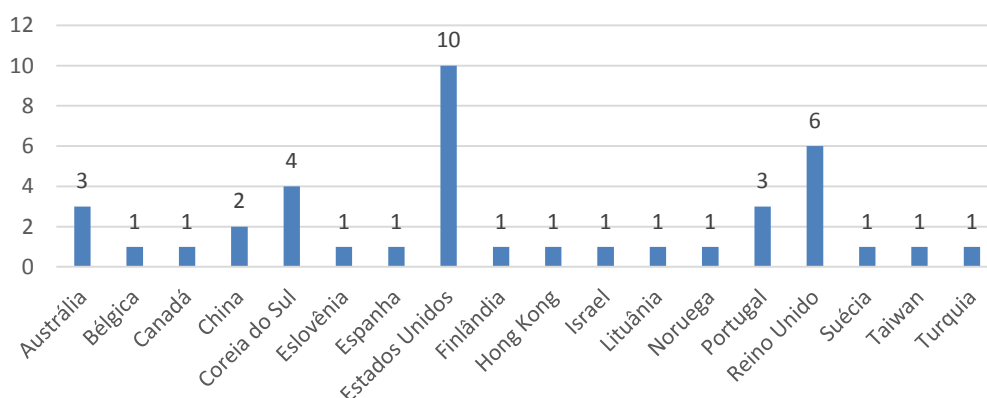


Figura 10 – Países

De acordo com a Figura 10, a maioria dos artigos foi produzida nos Estados Unidos (25%), seguido pelo Reino Unido (15%), Coreia do Sul (10%), Portugal (7,5%) e Austrália (7,5%). Os dois primeiros países que estão à frente no desenvolvimento do BIM, já possuem algumas normas e padrões que serão relatados no capítulo 4.

- Tema

Os temas dos artigos foram descritos e foram selecionados os seguintes temas: implantação, tecnologia de campo, colaboração, ensino, interoperabilidade, análise de segurança, suprimentos, manutenção, realidade aumentada e construtibilidade.

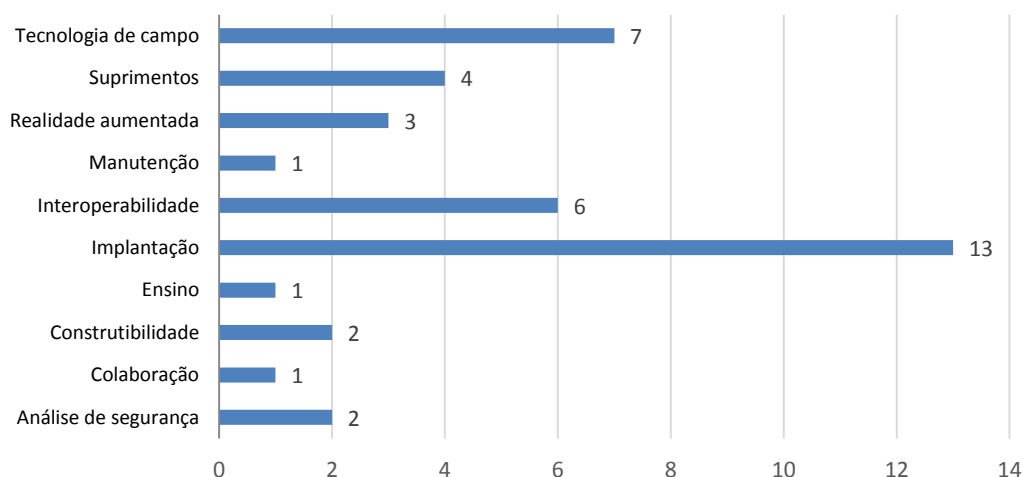


Figura 11 – Tema

Observa-se na Figura 11 que o objetivo da maior parte dos artigos é discutir a implantação (32,5%) do BIM, seguido por outros temas com bastante recorrência, como interoperabilidade (15%) e tecnologia de campo (17,5%).

- Classificação das Barreiras

As barreiras foram classificadas em: pessoas, processos e tecnologia, como mostra a Figura 12. As barreiras ligadas à tecnologia apareceram em mais artigos, total de 21 (52,5%); enquanto barreiras de processos foram mencionadas 12 vezes (30%); e pessoas, com cinco artigos (12,5%). Dois artigos (5%) mencionaram barreiras de pessoas e de tecnologia. Tecnologia é o tema que chama mais atenção. E, pela grande quantidade de artigos citando barreiras com

esse tema, foram criadas subcategorias para se entender melhor essa classificação.

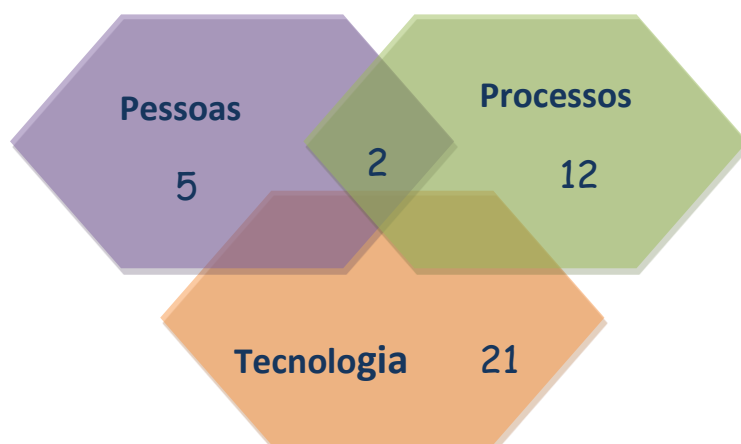


Figura 12 – Classificação das barreiras

- Subcategorias da classificação das Barreiras - Tecnologia

Ao se perceber que a maior parte das barreiras foi classificada em tecnologia, decidiu-se criar subcategorias para um melhor entendimento da mesma. Foram definidas as subcategorias: falta de interoperabilidade, infraestrutura de TI e limitação de *software*. Observa-se na Figura 13 que a barreira tecnologia ficou dividida principalmente em dois tópicos: limitação de *software* (48%) e Interoperabilidade (48%). A maior parte dos artigos, que citaram limitação de *software*, realizou testes para a criação de *software* que realizassem *as-built* automático ou tecnologia de campo como realidade aumentada. A falta de interoperabilidade também teve bastantes citações, a maioria teve problemas com o uso do IFC (*Industry Foundation Class*) – formato padrão aberto de arquivo comum – para importar e exportar arquivos de um *software* para outro. A infraestrutura de TI (Tecnologia da Informação) teve apenas uma citação.

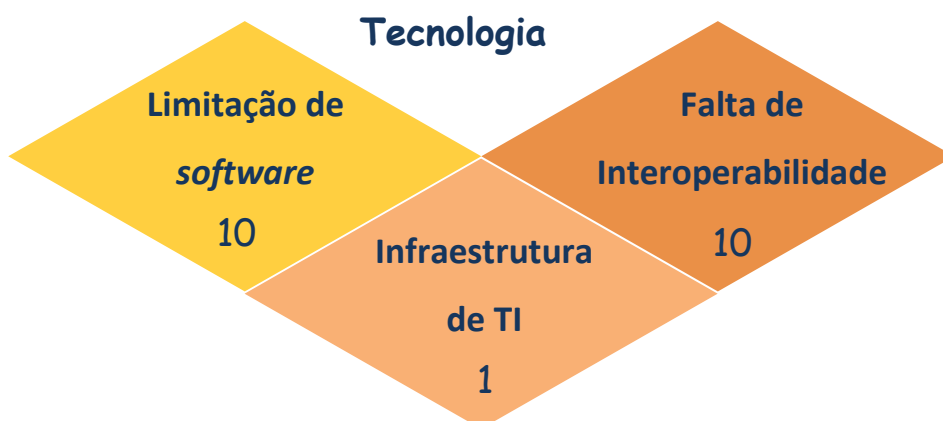


Figura 13 – Subcategoria de barreiras

- Classificação dos Benefícios

Os benefícios foram classificados da mesma forma que as barreiras: tecnologia, processos e pessoas (Figura 14). Aproximadamente como a divisão das barreiras, os benefícios também tiveram tecnologia (42,5%) e processos (42,5%) com a maior quantidade de artigos. Benefícios referentes a pessoas (7,5%) foram menos citadas e dois artigos (5%) citaram benefícios de pessoas e processos e um (2,5%) citou benefícios de processos e tecnologia.

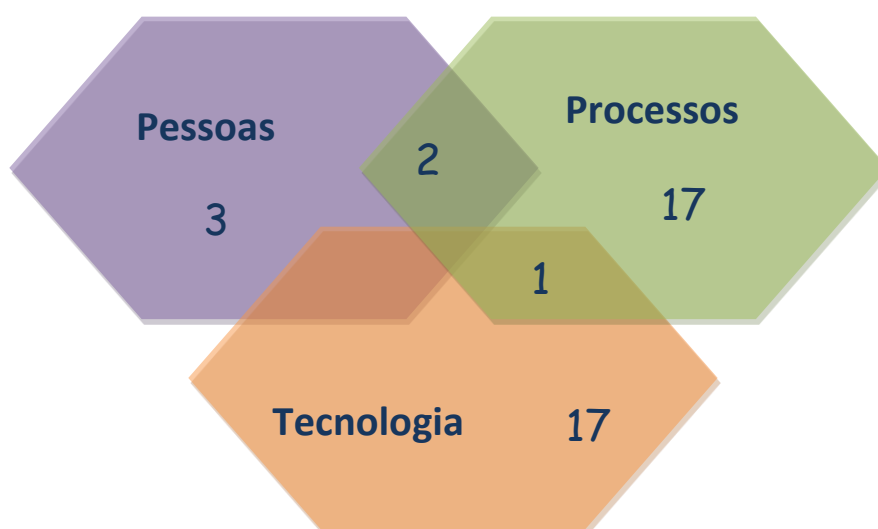


Figura 14 – Classificação dos benefícios

- Pesquisas Futuras

Foram listadas as pesquisas futuras apresentadas pelos autores de cada artigo ou percebidas através da leitura do mesmo. Entre estas, muitas sugerem a validação do método ou modelo proposto (27,5%), as outras serão apresentadas no capítulo 4.

4 Revisão da Literatura

A proposta desta dissertação, de mostrar e discutir as barreiras e os benefícios para implantação do *Building Information Modeling* (BIM), em pequenas e médias empresas de engenharia, traz a necessidade da revisão de alguns conceitos para se obter um referencial do estado da arte existente.

O manual de BIM (*BIM Handbook*), de Eastman *et al.* (2011), é a principal publicação sobre o tema e serviu de guia para direcionar esta pesquisa e para verificar se as barreiras e os benefícios previstos com o uso do BIM seriam confirmados.

Primeiramente, são repassadas as definições do BIM e o contexto atual em que o mesmo se encontra e são apresentados documentos de referência de países pioneiros no uso do BIM e do Brasil. Em seguida, as barreiras relatadas nos artigos selecionados são apresentadas e detalhadas. E, finalmente, os benefícios também são apresentados e criticamente analisados.

4.1 *Building Information Modeling* (BIM)

Isikdag e Underwood (2010) buscaram a definição do BIM do principal padrão BIM dos Estados Unidos. De acordo com NBIMS, o BIM é uma representação computacional de todas as características físicas e funcionais de um edifício e de suas informações relacionadas ao seu projeto ou ao seu ciclo de vida. Além disso, o BIM pretende ser um repositório de informações para o proprietário da construção, ou operador do empreendimento, usar e manter durante todo o ciclo de vida de um edifício. Manzione (2013) concorda com tal definição, mas acrescenta que o BIM é baseado em uma metodologia de troca e compartilhamento de informações.

Para o governo do Reino Unido, o BIM é uma forma colaborativa de trabalho sustentada pelas tecnologias digitais, que permitem métodos mais eficientes de projeto, entrega e manutenção de um empreendimento. O BIM incorpora dados da construção em um modelo de computador 3D que podem ser usados

para uma gestão eficaz de informações durante todo um ciclo de vida do empreendimento.

Já para Gu e London (2010), o BIM é uma abordagem de TI (Tecnologia da Informação) que envolve a aplicação e manutenção de uma representação digital integrada de todas as informações da construção para diferentes fases do ciclo de vida do projeto na forma de um repositório de dados. A informação do edifício envolvido na abordagem BIM pode incluir ambos os dados: geométricos e não geométricos.

Para Singh *et al.* (2011), BIM é uma abordagem avançada para o CAD orientado a objetos, o que amplia a capacidade da abordagem CAD tradicional através da definição e aplicação de relações inteligentes entre os elementos no modelo de construção. Modelos BIM incluem tanto os dados geométricos e não geométricos como os atributos do objeto e suas especificações. A inteligência embutida permite a extração automatizada de desenhos 2D, documentação e outras informações sobre a construção diretamente do modelo BIM.

Conforme todas essas definições descrevem, o BIM é uma metodologia de trabalho formada por um conjunto de práticas, processos e tecnologia que visam a colaboração entre disciplinas e equipes, através de modelos tridimensionais que centralizam as informações do projeto. Essa metodologia BIM é utilizada para compatibilização de documentos, fluxo de informação ao longo do projeto, construção e ciclo de vida do empreendimento, e outros processos que se tornam mais precisos e eficientes com toda informação registrada e compartilhada, de forma que seja acessível a qualquer parte envolvida.

O BIM é uma metodologia, mas muitas vezes é confundido com a tecnologia utilizada para apoiar essa metodologia. Owen *et al.* (2010) observaram que a tendência corrente de muitos é utilizar o BIM mais como tecnologia, o que é denominado "simple BIM" e menos como o processo integrado. Kiviniemi *et al.* (2008) concordam com Taylor e Bernstein (2009) que, para maximizar o potencial da tecnologia BIM, são necessárias uma análise e uma reengenharia dos processos afetados e uma reavaliação do papel dos profissionais em cada um desses processos.

Manzione (2013) se reporta ao modo como o BIM é implantado nas empresas, criticando que elas investem na implantação de novas tecnologias sem compreendê-las e, sem nem ao menos entender as mudanças que virão com a sua adoção.

Manzione (2013) menciona uma palestra de Sacks (2012) na qual ele defende que o BIM tem foco principal na colaboração e cooperação entre pessoas,

que não é a tecnologia do BIM que irá tomar as decisões, e sim os profissionais através do uso dela, que tem o objetivo de criar situações em que os profissionais podem colaborar com os outros da melhor forma possível.

Foram analisados os padrões BIM dos Estados Unidos da América e do Reino Unido, que podem ser considerados os líderes mundiais na vanguarda do uso da metodologia BIM e na adoção dela pelos seus órgãos governamentais. Inclusive foi observado na análise bibliométrica que esses países foram os que tiveram mais publicações entre os selecionados para a revisão da literatura. E, além desses, foram examinados neste trabalho os documentos disponíveis no Brasil.

A principal norma americana sobre BIM, a *National BIM Standard - United States*. Essa norma foi uma iniciativa do *National Institute of Building Science* através do comitê *buildingSMART alliance* criado para liderar o apoio técnico, político e financeiro para o uso da tecnologia digital avançada na indústria da construção de edificações.

O governo do Reino Unido é uma referência de implantação do BIM. Lá, existe um plano bem definido, com datas para se atingir níveis crescentes de adoção pela indústria, para todos os projetos e construções para o governo.

As definições dos Níveis BIM (*BIM Level*) devem ser apresentadas. Para isso, buscou-se a definição da NBS, a *National Building Specification*, Especificação Nacional de Edificações do Reino Unido.

O governo do Reino Unido reconheceu que o processo de levar a indústria da construção para o trabalho de colaboração “completo” tem que ser progressivo, com metas dentro desse processo, sob a forma de Níveis, que foram definidos de 0 a 3. A Figura 15 mostra uma representação desses níveis.

Sobre o significado exato de cada nível ainda há algum debate, mas o conceito amplo é seguinte:

Nível 0 BIM

O nível 0 efetivamente significa que não há colaboração. Só é utilizado CAD 2D, principalmente, para a produção de informação. As entregas e trocas de informação são feitas através de papel ou impressões eletrônicas, ou uma mistura de ambos. Essa é a forma tradicional de trabalho, utilizada antes da chegada do BIM.

Nível 1 BIM

Este normalmente compreende uma mistura de CADs criados em formato 2D ou 3D, com uma ferramenta colaborativa, fornecendo um ambiente de dados

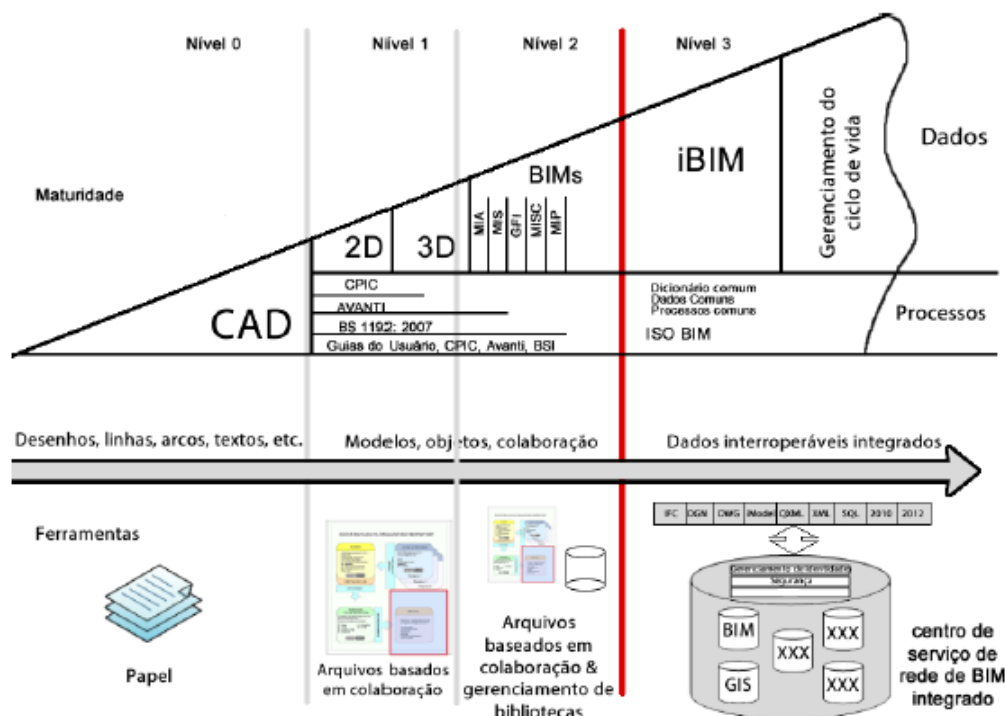
comum com uma abordagem padronizada para estrutura de dados e formato. Não há colaboração entre diferentes disciplinas, cada uma publica e mantém seus próprios dados.

Nível 2 BIM

Este nível se diferencia pelo trabalho colaborativo - todas as partes utilizam os seus próprios modelos 3D, mas não necessariamente trabalhando em um modelo único, compartilhado. A colaboração vem sob a forma de como as informações são trocadas entre as diferentes partes. Informações de projeto são compartilhadas através de um formato de arquivo comum, que permite que qualquer organização seja capaz de combinar esses dados com o seu próprio. Por isso, qualquer *software* que cada parte utiliza deve ser capaz de exportar para um dos formatos de arquivos comuns, como a IFC ou o COBie. Esse método de trabalho foi definido como um objetivo mínimo, pelo governo do Reino Unido, para todos os trabalhos do setor público, em 2016.

Nível 3 BIM

Representa a colaboração total entre todas as disciplinas por meio da utilização de um modelo único de projeto, compartilhado, que é mantido em um repositório centralizado. Todas as partes podem acessar e modificar o mesmo modelo, e a vantagem é a eliminação do risco de informações conflitantes. É conhecido pelo NBS como “*Open BIM*” porque possibilita uma colaboração “aberta” entre os participantes, ou seja, existe a interoperabilidade entre todas as ferramentas.



MIA - Modelagem da Informação da Arquitetura
 MIS - Modelagem da Informação da Simulação
 GFI - Gerenciamento Facilitado da Informação
 MSIC - Modelagem da Informação de Simulação da Construção
 MIP - Modelagem da Informação de Ponte

Figura 15 – Níveis BIM (Fonte: Caderno BIM de Santa Catarina adaptado da PAS 1192-2:2013)

A norma brasileira sobre BIM, a NBR15965, está sendo publicada em partes. No momento, foram publicadas as partes 1, em 2011, 2, em 2012, 3, em 2014 e 7, em 2015.

O Caderno BIM de Santa Catarina é a publicação pioneira no Brasil. Elaborada pelo Comitê de Obras Públicas da Diretoria de Planejamento da Secretaria de Estado do Planejamento do Governo de Santa Catarina, o documento aborda os procedimentos adotados pelo Comitê, e que deverão ser utilizados pelos prestadores de serviço ao estado para apresentação de projetos com BIM.

É o documento base que descreve os procedimentos para desenvolvimento de projetos com BIM. Nele estão definidas a padronização e a formatação que devem orientar o desenvolvimento dos projetos em BIM, para que sejam adequadamente entregues.

4.2 Barreiras para implantação do BIM

O presente trabalho selecionou, na literatura, as principais barreiras identificadas por pesquisadores na implantação do BIM. Todas as barreiras citadas são descritas e analisadas a seguir.

4.2.1 Processos

Por ser uma mudança de metodologia de trabalho, o BIM requer mudanças nos processos de projeto existentes. Essas mudanças se dão na forma de se trabalhar, na cultura, no planejamento e na gestão do projeto. As expectativas devem ser alinhadas entre os clientes e as diferentes partes envolvidas, bem como os custos e riscos iniciais devem ser avaliados e previstos. O processo de documentação do projeto e as questões contratuais de entregas também devem ser observados. O caráter interdisciplinar do BIM pode se tornar uma grande dificuldade em uma indústria fragmentada e com muitos atores.

Gu e London (2010) observaram que cada disciplina tem diferentes expectativas sobre o BIM. Por exemplo, as disciplinas de projeto veem o BIM como uma extensão do CAD, enquanto os construtores e gerentes de projetos entendem que este seja um sistema de gerenciamento de documentação mais inteligente, que extrai dados do CAD direto para análises, planejamentos da sequência de construção e estimativas de custos.

Tal desentendimento entre clientes e profissionais é causado também pelos diferentes níveis de adoção do BIM pelos líderes de mercado. Gu e London (2010) comentam ainda sobre a mudança nas práticas, sobre a grande necessidade de colaboração e comunicação entre as disciplinas que um modelo integrado tem. E se referem aos processos padrões e protocolos que são necessários para atribuir responsabilidades, conduzir validações e revisões de projeto.

Barlish e Sullivan (2012) mostram a dificuldade de se medir os benefícios do BIM, argumentando que a literatura mostra dados na sua grande maioria qualitativos, que não são facilmente comparáveis, uma vez que não existe uma certificação formal com um conjunto válido de métricas BIM, e que, além disso, faltam metodologias formais para se medir o BIM. Reforçando essa ideia, Jung e Joo (2011) dizem que é difícil demonstrar a vantagem econômica do uso do BIM. E esse fato dificulta para a empresa e o cliente a tomada de decisão de utilizar a metodologia BIM em seus projetos.

É importante perceber que, para as empresas, as mudanças nas práticas e os processos que se fazem necessários para a implantação do BIM ocasionam riscos e custos que muitas vezes não são previstos, e isso causa uma resistência à adoção do BIM (Häkkinen e Belloni; 2011 e Porwal e Hewage; 2013).

Enquanto o BIM está começando a ser utilizado e a metodologia não está completamente aplicada, ocorrem situações em que ele é utilizado apenas em uma ou outra das suas muitas partes e, assim, seus benefícios acabam sendo subaproveitados. Eadie *et al.* (2013) relataram que na maioria dos projetos com uso do BIM observados, as entregas foram em desenhos 2D, o que fez com que os benefícios do BIM não fossem fornecidos para o cliente e para os operadores do empreendimento. Na fase inicial, muitas vezes, ainda por força contratual, a entrega deve ser em arquivo digital de desenho 2D, que é extraído do modelo 3D e que ainda necessita de alguns ajustes de "maquiagem" para melhorar sua qualidade visual. Isso separa totalmente o documento do modelo e impede que revisões e atualizações futuras sejam feitas de maneira automática, causando um retrabalho ainda maior do que o que ocorreria em um processo sem o modelo BIM.

4.2.2 Tecnologia

A metodologia BIM utiliza primeiramente a tecnologia de modelagem digital 3D paramétrica com atributos para se ter todas as informações de uma construção. Esse modelo deve ser compartilhado entre as diversas disciplinas de um projeto, o que torna a necessidade de um suporte técnico para gerenciamento dessa tecnologia um ponto crítico para o uso do BIM de forma colaborativa. Singh *et al.* (2011) dividem essas necessidades técnicas em 4 categorias relacionadas: ao gerenciamento do modelo BIM, à assistência ao uso e configuração de um servidor BIM, à revisão do projeto, e à segurança dos dados.

A falta de interoperabilidade de informação já faz a indústria da construção ter um desempenho baixo, causando perda financeira. É uma indústria toda baseada em documentos, o que impede o fluxo da informação. E isso gera inconsistências entre projetos, que, por sua vez, gera retrabalho (Isikdag e Underwood; 2010). O BIM promete facilitar essa interação entre os participantes de um projeto, centralizando todos os dados em um modelo único, de modo que todos tenham acesso à mesma informação atualizada, o que requer atenção para de-

terminação de métodos a serem utilizados para permitir um compartilhamento adequado.

Por ser usado para diversas disciplinas e diversos tipos de análises, o BIM necessita da interoperabilidade entre *softwares*. Nos anos 1970, vendedores de CAD já começaram a perceber que a troca de informações entre diferentes *softwares* era necessária e desenvolveram alguns métodos para isso. Porém, com muitos *softwares* diferentes, a quantidade de tradutores necessários se tornou inviável. Isso forçou a comunidade a desenvolver um formato neutro de arquivo como o DXF (*Drawing eXchange Format*) (Underwood e Isikdag; 2010). O BIM segue para o mesmo caminho com a busca pela chamada interoperabilidade, que é a capacidade de diversos *softwares* interpretarem a informação de um modelo da mesma forma, com o já existente formato IFC (*Industrial Foundation Classes*) que está em contínuo desenvolvimento para conseguir transferir a informação de modo completo.

Grilo e Jardim-Gonçalves (2010) relataram a falta de interoperabilidade entre diferentes *softwares* ao avaliar a indústria AEC. Mais além, foram Pauwels et al. (2011), que não só relataram dificuldades de interoperabilidade, utilizando o IFC, como ainda observaram limitações e até propuseram melhorias. Zhiliang et al. (2011), ao investigarem as possibilidades de aplicar o IFC na China, observaram que este não consegue representar alguns produtos temporários da construção e outros produtos que são requeridos para a estimativa de custos. Concluíram também que o IFC deve ser ampliado para poder trocar diretamente informações entre *softwares*. Da mesma forma, para Redmond et al. (2012) e Grilo e Jardim-Gonçalves (2009), o IFC não carrega todas as informações necessárias para diversos tipos de análises. E ainda sobre a interoperabilidade entre diferentes *softwares*, Sacks et al. (2010a) verificaram que, para estruturas pré-moldadas, faltam propriedades no IFC, e que isso causa perda na transformação de objetos entre os projetos de arquitetura e os de estruturas. Já Hu e Zhang (2011) tiveram dificuldade para levar o modelo 3D para o *software* de cálculo ANSYS.

Conforme verificado por Irizarry et al. (2013), ocorreram também dificuldades em função de os fornecedores de produtos para a construção não disponibilizarem esses produtos já no modelo BIM. Eastman et al. (2011) acrescentaram que a flexibilidade do IFC faz com que vendedores de *softwares* programem os tradutores para não fazer trocas de informação completas.

Com o desenvolvimento de novas tecnologias no campo da realidade aumentada e soluções inovadoras, estas vão se integrando ao BIM, e já existem estudos nesse sentido.

Chi *et al.* (2013) observaram que, para se utilizar o BIM junto com realidade aumentada no campo, ainda há limitações e que é necessária uma evolução de tecnologia. Isso porque, para o uso no campo, o dispositivo tem que ser portátil e acessar grande quantidade de informação.

Park *et al.* (2013) tentaram criar um modo inovador de alterar o gerenciamento de defeitos de construção de reativo para proativo. Para isso, usaram o BIM em conjunto com a realidade aumentada, e tiveram dificuldades de registrar os defeitos no campo e de localizar as informações.

Em casos de aplicação para se criar um *as-built* da construção, foram relatadas limitações de *software*. Trabalhos relacionados são listados a seguir:

Tang *et al.* (2010) relataram dificuldade em se modelar estruturas mais complexas do que estruturas planas, lidar com ambientes reais com desordem e oclusão e representar modelos usando famílias volumétricas.

Zhang *et al.* (2013) notaram que, como o ambiente de construção está sempre se modificando, pode não ser possível representar todas as condições no modelo BIM. E por esse motivo foi preciso um esforço manual para interpretação das regras para um código que pudesse ser lido pelo computador.

Kim *et al.* (2013), criando uma ferramenta para fazer uma verificação de segurança na construção, perceberam que, em muitos casos, a seleção da melhor correção para a condição insegura teve que ser feita manualmente. Em um caso específico, no qual tentou-se medir o progresso da construção automaticamente, foi necessária uma revisão de segundo estágio porque o status de *as-built* de alguns componentes ficaram imprecisos devido à impossibilidade de se obter um conjunto de dados 3D completo.

Xiong *et al.* (2013) criaram um modelo 3D a partir de dados obtidos por escaneamento a laser. Foram observadas algumas dificuldades de precisão e foram criados objetos apenas planos.

Algumas configurações têm que ser feitas manualmente e estão sujeitas a erro humano, afirmam Brislakis *et al.* (2011) ao apresentar um método para reconstrução 3D baseada em videogrametria.

Klein *et al.* (2012) propuseram uma verificação do *as-built* por imagens, e concluíram que não foi possível ter uma precisão de menos que 2%, como requerido pelo padrão de qualidade.

4.2.3 Pessoas

Assim como envolve processos e tecnologia, a adoção do BIM envolve pessoas, e é, segundo Arayici *et al* (2011), justamente por isso, porque precisa engajar as pessoas, que o processo de adoção do BIM é lento. E, assim, sua adoção deve ser de forma *bottom-up* e não *top-down*, para incentivar o engajamento dos funcionários, desenvolver habilidades, aumentar o entendimento. A partir daí, é possível desenvolver as capacidades dos profissionais da empresa e diminuir a potencial resistência à mudança. Segundo ainda os referidos autores, em um caso observado, a equipe "aprendeu fazendo", ninguém tinha conhecimento ou experiência com BIM no início. No entanto, 18 meses depois, a empresa já havia feito um progresso significativo na habilitação da equipe no uso do BIM.

A falta de experiência dos profissionais é relatada por Gu e London (2010), que também receberam, em entrevistas realizadas, reclamações de profissionais sobre a falta de treinamento nas novas ferramentas, inclusive chamando atenção ao fato de que as universidades também não preparam os novos profissionais. Moum (2010) também detectou a necessidade de aprimoramento de habilidades no uso de novas ferramentas.

Um ponto importante observado por Linderoth (2010) é que a forma contratual de um projeto, no qual diversas empresas participam e têm que alinhar entendimentos e conhecimentos, pode ser uma barreira para o uso do BIM, pois as redes de trabalho para projetos e construção não se mantêm em projetos consecutivos, fazendo com que a rede criada com conhecimento para o uso do BIM se desfça e os conhecimentos e práticas adquiridas se percam.

Como enfatizaram Sacks *et al.* (2010b), de uma forma geral, comportamento das pessoas pode ser uma barreira importante para a adoção de BIM.

4.3 Benefícios do BIM

Foram selecionados, também na literatura, os benefícios do uso da metodologia BIM observados e propostos pelos artigos aqui referidos, que foram classificados em processos, tecnologia e pessoas.

4.3.1 Processos

Alguns autores buscaram entender a implantação do BIM e seus benefícios, como Barlish e Sullivan (2012), que propuseram métricas para aferir os benefícios do BIM, e com isso tornar possível a demonstração das vantagens de se utilizar a metodologia.

Utilizar sistemas de informação, como o BIM, se tornou de grande importância para aumentar a eficácia dos projetos de construção (Jung e Joo; 2011), e é esperado se obter economia com uso do BIM com os ganhos de produtividade esperados. Alguns autores tentaram mostrar essa vantagem. Sacks *et al.* (2010a) demonstraram um ganho de produtividade de 57% sobre o processo em CAD.

Zhiliang *et al.* (2011) investigaram as possibilidades de aplicar o IFC na China e concluíram que o padrão pode ser usado para descrever as informações suficientes para realizar uma análise de custos

Eadie *et al.* (2013) declararam que a parte que mais se beneficia com o BIM é o Cliente, pois é o que mais lucrará com o ganho de produtividade do projeto. É o Cliente que terá mais vantagens em função da diminuição do retrabalho e de inconsistências no projeto.

Motawa e Almarshad (2013) criaram um sistema integrado para capturar e recuperar informações e conhecimento das operações de manutenção. Isso foi feito utilizando as facilidades fornecidas pela tecnologia BIM para se ter um "*Building Knowledge Modeling*", em que as soluções para operações de manutenção seriam registradas e identificadas no modelo. O resultado seria útil para se mapear os locais que necessitaram manutenção e mapear as soluções desses problemas.

O uso interdisciplinar dos modelos 3D possibilita melhor controle das relações geométricas entre disciplinas desde o estágio inicial (Moum; 2010). Häkkinen e Belloni (2011) afirmam que o BIM ajuda os edifícios sustentáveis, realizando análises de eficiência, desde a fase de projeto, em um estágio inicial. Por exemplo, ao calcular precisamente a demanda de recursos para determinar o cronograma da implementação do projeto e identificar alternativas efetivas, conforme Popov *et al.* (2010) descreveram.

O BIM pode ser uma abordagem crucial para o *e-procurement* (metodologia de aquisições estruturada e colaborativa de forma virtual), pela sua capacidade de mapear informações que antes não eram mapeadas. E essas

informações podem ser usadas por diversos sistemas e ferramentas de forma interoperacional (Grilo e Jardim-Goncalves; 2010).

Porwal e Hewage (2013) propuseram uma metodologia de aquisições estruturada e colaborativa (*procurement*) para o setor público da indústria da construção canadense, com o objetivo encorajar a adoção do BIM, que pode, com alguns ajustes, ser aplicado em qualquer outro país. O método proposto faz uma ponte para a adoção do BIM mostrando os riscos, responsabilidades e requerimentos técnicos.

4.3.2 Tecnologia

Gu e London (2010) criaram um método de decisão para o BIM colaborativo que fornece informação para os usuários entenderem as implicações de todos os recursos da tecnologia BIM nos projetos e entenderem o impacto das decisões na implementação do BIM. Os autores utilizaram entrevistas com grupo focal de usuários-chave de diferentes disciplinas do mercado australiano para entender a adoção do BIM. E perceberam que os aspectos técnicos foram dominantes nas discussões, mostrando que os profissionais estão sim interessados no BIM, mas também que há falta de conhecimento prático na aplicação das tecnologias.

Nessas entrevistas, estes foram os aspectos técnicos discutidos: gerenciamento de versões, uso do IFC em suas diferentes versões, verificação da informação no modelo, padrões e interoperabilidade, registro de comunicação e troca de informações entre usuários e por último segurança de propriedade intelectual e questões legais de direitos autorais.

Da mesma forma, Singh *et al.* (2011) aumentaram as pesquisas e o desenvolvimento do BIM-server, um servidor que armazena e compartilha os dados das diferentes disciplinas, facilitando a adoção da tecnologia e levando a um maior apoio colaborativo inteligente e automatizado ao projeto e à construção. Esse servidor poderia ser, como Redmond *et al.* (2012) propuseram, um mecanismo para facilitar trocas de informações BIM pela nuvem. Grilo e Jardim-Gonçalves (2009) já afirmavam que o BIM com a computação em nuvem seria um fator que traria avanços para indústria da construção,

Existem diversos estudos sobre as possibilidades de uso do BIM durante a construção. Foram identificadas, por Chi *et al.* (2013), quatro tecnologias com tendência para se integrar o BIM com a Realidade Aumentada: localização, inter-

face natural do usuário, ambiente de computação em nuvem e dispositivos portáteis. Tang *et al.* (2010) observaram diversas técnicas de *as-built* automático, enquanto Wang *et al.* (2013) verificaram que utilizar BIM e Realidade Aumentada (RA) juntos pode ser útil para se analisar as informações de *as-built* e *as designed* e para apresentar visualmente o progresso atual e futuro da construção. Park *et al.* (2013) desenvolveram um método de se comparar imagens do campo com o modelo do projeto de construção para se detectar os erros. Kim *et al.* (2013) conceberam um método automático e preciso para medir o progresso da construção, usando BIM 4D junto com dados 3D obtidos por tecnologia *remote-sensing*. Já Xiong *et al.* (2013) sugeriram um método de converter automaticamente os dados 3D crus, obtidos por scanner a laser, em um modelo rico de informações, e obtiveram alguns bons resultados, pois o algoritmo criado conseguiu gerar um modelo com planos com erros considerados pequenos (2,5 cm). Davies e Harty (2013) documentaram o uso do BIM no campo, através do uso de *tablets* na construção, e perceberam que isso fez com que a informação estivesse sempre atualizada. Para Cheng e Teiser (2013), a visualização em tempo real pode trazer vantagens para se ter consciência do estado da construção e pode ajudar na tomada de decisões. Brilakis *et al.* (2011) apresentaram um método para reconstrução 3D baseada em videogrametria. O método proposto introduz uma automação significativa na tecnologia existente de obtenção de dados baseada em câmeras. Klein *et al.* (2012) testaram uma verificação por imagens e concluíram que foi possível ter precisão com erro de menos que 5% e que foi possível verificar, por exemplo, que a largura das portas estava incompatível com o projeto.

Irizarry *et al.* (2013) utilizaram a funcionalidade do BIM de se conseguir quantitativos rápidos na fase inicial do projeto, juntamente com a localização geográfica de todos os materiais para otimizar a logística, integrando BIM e GIS (*Geographic information system*), de forma que a cadeia de suprimentos seja rastreada e a entrega de materiais garantida.

4.3.3 Pessoas

Peterson *et al.* (2011) demonstraram que a introdução do BIM nas instituições de ensino possibilita aos educadores o desenvolvimento de aulas que incluem casos mais realísticos e que simulam melhor as condições de um projeto real.

O método de visualização e simulação de atividade de usuário baseado no BIM, apresentado por Shen *et al.* (2012), mostrou melhorar a compreensão do usuário nas soluções de projeto, principalmente em relação às propriedades espaciais do *layout*, e com isso melhorar também a colaboração do usuário com os projetistas.

Isikdag e Underwood (2010) sugeriram padrões de projeto para facilitar a interação entre usuários BIM. Para eles, a implementação desses padrões reforçaria a interação entre os participantes de um projeto.

5 Estudo Empírico

5.1 Descrições

Serão apresentados aqui os estudos empíricos observados durante a implantação do BIM em um projeto multidisciplinar em que foram analisadas práticas de utilização do BIM.

Esses estudos foram realizados por observação direta e observação participante sobre um mesmo projeto, com cada estudo focado em um aspecto.

5.1.1 Descrição das empresas envolvidas

A empresa N é uma empresa brasileira que atua há mais de 50 anos principalmente na área de engenharia de projetos e de gerenciamento em vários segmentos, como infraestrutura, indústrias de processo, energia elétrica, mineração e óleo e gás.

A empresa A é uma empresa brasileira que atua há mais de 40 anos em diversos projetos de arquitetura e urbanismo, com grande experiência em edificações de transportes, como estações metroviárias, ferroviárias, rodoviárias e aeroportos.

A empresa H é uma empresa brasileira de pequeno porte que atua há mais de 15 anos em diversas áreas, como terraplenagem, drenagem e instalações hidrossanitárias.

A empresa O é a empresa vencedora de licitação para a concessão do sistema metroviário de uma grande cidade brasileira, que contempla a implantação de obras civis; implantação de sistemas; fornecimento de material; operação, manutenção e expansão. Portanto, é a proprietária do empreendimento.

O consórcio C é formado por duas empresas construtoras de grande porte com experiência em obras similares e qualificação técnica comprovada.

5.1.2 Descrição do empreendimento

O empreendimento observado, durante o período de janeiro de 2014 a agosto de 2015, foi o desenvolvimento do projeto executivo de estações de metrô de uma grande cidade brasileira com o uso do BIM, através da utilização do *software* Revit. Esse empreendimento teve a colaboração simultânea das disciplinas de Arquitetura, Estrutura, Elétrica, Hidráulica e Mecânica. A Tabela 7 apresenta as principais informações do empreendimento.

Foram projetadas sete estações de uma linha que fica totalmente sobre a superfície. Os projetos de Arquitetura, Estrutura, Hidráulica, Elétrica e Mecânica tiveram o objetivo de padronizar as estações, utilizando o mesmo projeto para todas as estações. Apenas a implantação e a fundação de cada estação tiveram que ser específicas para cada uma delas observando a localização e tipo de solo.

Cada estação foi projetada com aproximadamente 140 metros de extensão, por 22 metros de largura, com quase dois mil metros cúbicos de concreto armado na superestrutura. A plataforma e o mezanino da estação são de estruturas pré-moldadas de concreto, com o objetivo de padronizar para otimizar a construção com ganhos em produção em escala das peças e em redução do tempo de execução. A plataforma é toda apoiada em sapatas corridas que funcionam também como uma parede para o canal de cabos que passa sob a plataforma. O mezanino, distante 5,90m da plataforma, é composto por 11 eixos repetidos com um pilar central e dois pilares externos cada, formando dois vãos transversais, de aproximadamente 10 metros cada, ligados por vigas de 1,20m de altura. Longitudinalmente, os sete vãos, cada um de aproximadamente 14 metros, são vencidos por lajes alveolares apoiadas nas vigas transversais, e os outros três vãos têm cinco vigas longitudinais e com lajes pré-moldadas se apoiando nelas. Esses últimos três vãos foram diferentes para que as instalações hidráulicas pudessem descer por aberturas no piso, o que não é possível nas lajes alveolares. Os pilares externos são ligados longitudinalmente por vigas que apoiam a cobertura da estação, feita de telha metálica autoportante apoiada diretamente nessas vigas externas da estação sem necessidade de apoios intermediários. As salas técnicas e banheiros localizados no mezanino têm instalações hidráulicas, elétricas e mecânicas (ar-condicionado).

Tabela 7 - Informações do empreendimento

Empreendimento	Estação de Metrô
Fase	Projeto executivo
Duração	20 meses
Disciplinas envolvidas	Arquitetura Estruturas Hidráulica Elétrica Mecânica
Software BIM utilizado	Revit

5.1.3 Descrição da relação entre empresas

A empresa O e o consórcio C firmaram um contrato de administração sob regime de aliança, que é uma modalidade de relação contratual a qual visa formar uma parceria para definirem o orçamento (Silva, 2014). De acordo com esse contrato, a construtora poderia obter bonificação financeira se o resultado fosse melhor do que o projetado, ou poderia ser penalizada se houvesse perdas. Isso cria uma estrutura de controle de riscos e de ganhos compartilhados entre as partes, visando minimizar o valor total do empreendimento.

Essa aliança A contratou a empresa N de engenharia para realizar todo o projeto. Esta, por sua vez, contratou a empresa A para desenvolver o projeto de arquitetura, e a empresa H para desenvolver o projeto de instalações hidráulicas. A empresa N então teve equipes no desenvolvimento das seguintes disciplinas: Estruturas, Elétrica, Mecânica (Tabela 8).

Tabela 8 - Empresas envolvidas

Disciplina	Empresa
Arquitetura	Empresa A
Estruturas	Empresa N
Hidráulica	Empresa N
Elétrica	Empresa N
Mecânica	Empresa H

5.1.4 Descrição das atividades

O pesquisador participou da equipe da disciplina de Estruturas e pôde, por observação direta e participante, analisar a implantação do BIM em um empreendimento em que pela primeira vez foi utilizado o BIM pelas empresas envolvidas. Por ter sido feita observação direta e participante, pôde-se observar aspectos que, externamente, não seriam possíveis.

O pesquisador também participou ativamente da concepção e do desenvolvimento do modelo estrutural da estação e das interações entre disciplinas e empresas. Além disso, verificou e corrigiu interferências e solucionou divergências entre projetos. Participou das reuniões de *design review*, nas quais diversas disciplinas discutiam interferências entre projetos, e envolveu-se com a verificação e a emissão dos documentos referentes ao projeto estrutural da estação.

Durante as atividades de projeto, realizaram-se diagnósticos sobre diversos aspectos e foram observadas as barreiras para implantação do BIM e os benefícios que a metodologia pode oferecer.

5.2 Estudo Empírico 1

Neste estudo realizou-se um diagnóstico dos processos em geral, incluindo o processo de entrega de documentos ao cliente proprietário do empreendimento. Também analisou-se a relação contratual entre as diversas empresas envolvidas, e a seguir foi criado um relatório das barreiras e dos benefícios observados.

5.2.1 Diagnóstico dos Processos

Sistemas de entrega de projetos (em inglês, chamado de *Project Delivery*) são o processo pelo qual todos os procedimentos e componentes do projeto e da construção de um empreendimento são organizados e executados. Em outras palavras, sistemas de entrega de projetos são a relação contratual do Proprietário com a equipe organizada para gerir todo o processo de projeto e construção (Cherf, 2011). O sistema de entrega no caso observado funcionou no regime de aliança entre a empresa O, proprietária e operadora do empreendimento, e o consórcio C, construtor. E essa aliança contratou, da empresa N, os projetos de

engenharia e arquitetura por preço global. Portanto, a empresa N entregou os projetos executivos de engenharia e arquitetura para a aliança A, que realizou a construção e a operação das estações de metrô em questão.

Os documentos do projeto executivo foram entregues pela empresa N na forma de desenhos digitais 2D, conforme solicitado pela empresa O, que é o proprietário e o operador. O método de trabalho de uma forma geral ainda se baseia fortemente nos desenhos digitais 2D apesar de o projeto BIM se caracterizar por ser centrado em informação e não em documentos.

Em um modelo 3D BIM, cada objeto possui atributos além de sua geometria, como materiais, volume, cor ou qualquer outra especificação necessária. Desse modelo, é possível retirar cortes, vistas e plantas para se fazer um documento a ser impresso para uso no campo. O *software* utilizado para desenvolver os modelos 3D dos projetos de engenharia e arquitetura foi o *Revit* 2015, da *Autodesk*.

5.2.2 Barreiras observadas

No Brasil, estamos em um momento em que o BIM começa a aparecer no mercado e que muitas empresas e muitos procedimentos ainda não estão preparados para aproveitar todo o potencial dessa nova metodologia. Por isso o sistema de entrega do projeto ainda não foi o ideal. O contrato entre a aliança A e a empresa N foi um contrato por preço global, em que se contrata a execução do serviço por preço certo e total. Eastman et al. (2011) afirmam que o ideal para o BIM é o IPD (*Integrated Project Delivery* – entrega integrada de projeto), em que há uma grande integração entre o proprietário, a construção e o projeto.

Integrated project delivery (IPD) é um processo de aquisição relativamente novo que está ganhando popularidade com o aumento do uso de BIM e com a indústria aprendendo a usar a tecnologia para integrar equipes. Os projetos integrados são diferenciados por terem uma colaboração efetiva entre o proprietário, o projetista e o construtor. Essa colaboração ocorre desde a concepção inicial e continua durante a entrega do projeto. O ponto-chave é que essa equipe trabalha em conjunto, utilizando as melhores ferramentas de colaboração ao seu alcance para garantir que o projeto vai atender os requisitos do proprietário em tempo e custo significativamente reduzidos. As alternativas, que sempre fazem parte do processo de projeto, podem ser melhor avaliadas usando BIM para custo, energia, funcionalidade, estética e construtibilidade. Assim, BIM e IPD andam

juntos e representam uma clara ruptura com processos lineares atuais que são baseados em troca de representação do papel de informação (Eastman *et al.*, 2011).

O modelo 3D poderia ter sido utilizado pela equipe de construção para planejar o cronograma de obras, mas as etapas ficaram segregadas e não houve essa colaboração.

Houve também alguns pontos em que alguns processos ultrapassados impediram o BIM ser aproveitado por completo.

O requisito do Cliente, proprietário do empreendimento, de entregar documentos em arquivos digitais 2D no formato DWG criou uma dificuldade a mais que não teria sido criada se fossem entregues apenas os documentos para impressão no formato PDF ou no modelo 3D completo. Observou-se grande dificuldade nessa conversão, na qual os profissionais precisavam configurar a exportação para o *software* AutoCad. E esse processo se mostrou nada simples, fazendo com que eles perdessem bastante tempo nisso.

O que ocorre é que o Revit não utiliza um arquivo de modelo DWG para a exportação, e sim configurações de exportação (*Autodesk Knowledge Network website*). Desse modo, é preciso configurar tipos de linha e padrões de hachura, o que em um projeto de grande porte envolvendo diversas disciplinas demanda uma preparação prévia, trabalhosa e integrada. Esta tarefa não estava prevista e não foi possível completar as configurações da melhor forma. É importante ressaltar que o modelo de uma disciplina aparece nos outros modelos e, consequentemente, nas vistas, cortes e plantas; logo, é necessário realizar uma configuração conjunta para se padronizar todas igualmente.

Cada disciplina realizou sua configuração para exportação de arquivos 2D. A Arquitetura foi a disciplina que mais teve dificuldades para obter documentos 2D com o padrão de qualidade necessário. Isso porque seus documentos têm mais detalhes e ainda muitas camadas diferentes. Foi proposto para o Cliente algumas alternativas: (a) entregar o arquivo para impressão PDF e o próprio modelo 3D. Nesse caso, o Cliente não possuía expertise para trabalhar dessa nova forma; (b) entregar apenas o formato PDF. Nesse caso, o Cliente não aceitou, pois gostaria de poder utilizar o arquivo digital para qualquer estudo que fosse necessário e estava em contrato que estes seriam entregues; (c) entregar o arquivo para impressão PDF retirado do *software* BIM com boa qualidade, e entregar também o arquivo de desenho digital 2D exportado sem a qualidade ideal de apresentação, mas com todas as dimensões corretas para se houvesse a necessidade de se trabalhar no arquivo. Nesse caso, a alternativa foi aceita, mas

apenas enquanto não eram desenvolvidas as configurações para uma boa exportação.

O princípio do BIM de ser centralizado em informações, em vez de em documentos, foi perdido, causando problemas à frente. Isso porque o projeto foi realizado no modelo 3D integrado entre disciplinas, mas as emissões para construção eram realizadas em desenhos 2D. E, no momento de realizar revisões dos documentos, foi necessário verificar se o arquivo 2D estava atualizado com relação ao modelo ou se havia sido feita alguma alteração posterior à exportação do modelo.

Com o tempo, após um longo aprendizado, foi possível emitir documentos DWG e PDF com a qualidade desejada. Porém, isso acabou provocando a necessidade de se refazer o trabalho, o que não aconteceria se fosse usado o método tradicional com apenas desenhos 2D. No momento das revisões é necessário atualizar tanto os documentos quanto os modelos e verificar a compatibilidade entre eles.

Eastman *et al.* (2011) também dão ênfase à necessidade contratual de se obter desenhos 2D, quando afirmam que independentemente de um modelo de construção ter ou não *layout* geométrico completo de uma construção, os desenhos por algum tempo ainda serão essenciais. E complementam essa ideia afirmando que os processos contratuais existentes e a cultura de trabalho, apesar de estar mudando, ainda são centrados em desenhos, seja em papel ou eletrônicos. Os mesmos autores relatam também a perda de benefícios do BIM da mesma forma que ocorreu neste estudo: Se uma ferramenta BIM não dá suporte efetivo à extração de desenhos e um usuário tem de fazer muitas edições manuais para gerar cada conjunto de desenhos a partir de cortes, os benefícios do BIM são significativamente reduzidos.

Ocorreu um fato claro de falta de alinhamento de expectativas entre as disciplinas, como Gu e London (2010) também relataram. Quando Arquitetura foi preparar seus desenhos para emissão, percebeu que no modelo estava apenas a estação e não mostrava as ruas e calçadas próximas, que deveriam estar exibidas na planta de situação. A Arquitetura tinha a expectativa de que isso fosse modelado pelos responsáveis pelo arruamento, que não tinham o propósito de trabalhar em conjunto com os modelos BIM. O modelo BIM foi utilizado apenas para a estação, e não para as áreas externas. Portanto, a Arquitetura teve que produzir um trabalho a mais que não era esperado por falta de alinhamento das expectativas.

Outra barreira verificada foi que o cronograma de emissões de documentos, acordado com o Cliente, seguiu a forma de trabalho usual, em que os projetos são desenvolvidos separadamente por disciplina. Não houve alinhamento com a criação do modelo 3D, que tem uma dinâmica diferente, na qual as disciplinas elaboram os projetos em conjunto e, portanto, leva-se um pouco mais de tempo para se desenvolver os modelos o suficiente para a importação dos documentos. Alguns documentos tiveram que ser emitidos antes de estarem suficientemente maduros e tiveram que depois ser revisados, criando a necessidade de se refazer o trabalho. Se a entrega fosse baseada na troca de informação e atualizações do modelo BIM isso teria sido evitado.

5.2.3 Benefícios observados

Neste estudo, foi possível observar alguns benefícios e potenciais benefícios do uso do BIM.

Um desses benefícios foi a consistência entre documentos e também entre documentos de diferentes disciplinas, pois toda informação foi extraída do modelo para os documentos. Esse modelo era conectado entre todas as disciplinas e por isso toda informação era compartilhada. Conforme Eastman *et al.* (2011) em tradução livre:

"Com a modelagem da informação da construção, cada instância de objeto da construção - sua forma, propriedades e posicionamento no modelo - é definida somente uma vez. A partir do arranjo geral das instâncias de objetos da construção, desenhos, relatórios e conjuntos de dados podem ser extraídos. Devido a essa representação não redundante da construção, todos os desenhos, relatórios e conjunto de dados para análises são consistentes se retirados da mesma versão do modelo da construção. Essa capacidade por si só já resolve uma fonte significativa de erros e garante a consistência interna de um conjunto de desenhos. Com desenhos de arquitetura 2D normais, qualquer modificação ou edição deve ser transferida manualmente a múltiplos desenhos pelo projetista, resultando em erros humanos potenciais pela não atualização de todos os desenhos corretamente."

Outro grande benefício foi a obtenção de quantitativos automáticos. Os modelos 3D são parametrizados e cada objeto tem informações para cálculo de seu volume automaticamente. Com apenas um clique, é possível se obter as quantidades necessárias para exibição nos documentos. Antes do surgimento do BIM era necessário fazer todo o cálculo e somar as quantidades para se obter os quantitativos. Esse processo, se tornando automático, agilizou muito a produção de documentos. Isso foi observado bastante nas revisões de projeto onde tinham

que ser feitas alterações de quantidades e, ao alterar o modelo, a folha do documento já era alterada e a lista de quantitativos também.

Além disso, foi possível observar que o controle de interferências, que é possível fazer com a integração dos modelos, foi muito útil e impediu que erros ocorressem e fossem descobertos apenas na fase de obras. Foram realizadas reuniões denominadas *Design Review*, em que se reuniu um representante de cada disciplina e, com o modelo 3D aberto, foram sendo mostradas cada interferência detectada automaticamente no modelo e cada solicitação das disciplinas. Foram sendo extraídas imagens da tela que já eram coladas na ata de reunião, para que cada interferência pudesse ser solucionada e cada solicitação pudesse ser atendida.

5.2.4 Considerações Finais

Este estudo buscou avaliar e descrever as barreiras e os benefícios dos processos em um projeto com o uso da metodologia BIM.

Ficou constatada a existência de barreiras a serem enfrentadas, principalmente pela falta de maturidade de implantação da metodologia e foi possível observar benefícios que podem ser ainda maximizados com a evolução do uso do BIM.

Verificou-se que a parte que mais pôde se beneficiar com o uso do BIM são os proprietários, que economizam com a precisão dos projetos e a diminuição do retrabalho, como bem observaram Eadie *et al.* (2013).

Os resultados apresentados são úteis para que futuros usuários possam se preparar para os desafios a serem enfrentados e para que, tendo conhecimento dos benefícios possíveis, possam explorá-los ao máximo.

5.3 Estudo Empírico 2

Neste estudo observou-se o funcionamento da tecnologia utilizada no projeto.

5.3.1 Diagnóstico da Tecnologia

O bom uso da tecnologia é um ponto importantíssimo para o sucesso de um projeto com o uso do BIM. Neste estudo, foi observado o quanto a tecnologia foi aproveitada de modo a gerar benefícios para o projeto. Foram observadas

também, com relação à tecnologia, barreiras que surgiram, e que em projetos futuros poderão ser ultrapassadas.

Inicialmente foram comprados novos computadores para se obter o melhor desempenho do novo *software* a ser utilizado, o Revit. Essas máquinas tinham 8GB de memória RAM e placa gráfica compatível ao recomendado pela Autodesk. Foi utilizado também o *Revit Server*, aplicativo de servidor que permite que vários usuários trabalhem simultaneamente conectados por uma rede WAN. Rede essa que liga longas distâncias e que permitiu que, no projeto, trabalhassem equipes nas cidades do Rio de Janeiro e de São Paulo.

Foi criada uma rede para o uso do BIM utilizando redes locais (LAN) e uma rede de longa distância (WAN), em que o servidor principal, que estava na cidade de São Paulo, funcionou como *Host*, armazenando o modelo central, enquanto os servidores dos escritórios do Rio de Janeiro funcionaram como *Accelerator*, fornecendo acesso mais rápido ao *Host*. Cada usuário utilizava uma cópia local do modelo ao trabalhar no *software* Revit, e utilizava o comando sincronizar com arquivo central para atualizar as informações alteradas no modelo central e para tornar visível para todos os outros usuários.

A equipe de tecnologia da informação (TI) da empresa N criou as conexões entre os modelos das disciplinas Estruturas, Elétrica, Hidráulica, Mecânica e Arquitetura. Sendo que a Arquitetura foi produzida por outra empresa, criando então a necessidade de se fazer uma conexão externa pela internet e por fora da rede local da empresa N.

5.3.2 Barreiras observadas

A primeira barreira encontrada foi na criação de famílias - grupos de elementos de propriedade comum - para estruturas não convencionais. A estrutura de uma estação de metrô sobre a superfície com peças pré-moldadas é diferente da estrutura de um edifício comum, que tem lajes, vigas e pilares. A plataforma da estação foi feita com uma sapata parede (Figura 16) que apoiava placas de lajes pré-moldadas que já são a própria plataforma. Portanto, foi necessária a criação, dentro do *software*, de famílias de componentes que originalmente nele não existiam.

A criação de novas famílias foi a parte mais complicada do *software*, pois trata-se de um tópico que não foi ensinado no treinamento aos profissionais, e eles precisaram aprender sozinhos com tutoriais conseguidos na internet. Sacks

et al. (2010a), em seu artigo, também observou essa dificuldade para se criar modelos de peças pré-moldados.

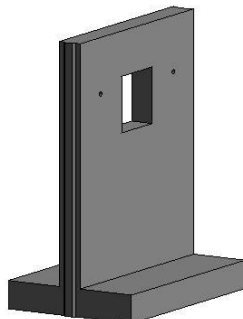


Figura 16 – Sapata parede - família não convencional (Fonte: *print screen* do modelo BIM no *software Revit*)

Apesar de não ser uma premissa inicial do projeto, tentou-se utilizar a interoperabilidade para exportar o modelo do *Revit* para o *software* de análise estrutural SAP2000 através de um arquivo neutro do tipo IFC. Mas isso não foi possível porque as estruturas não eram convencionais. Além da sapata parede, o pilar externo curvo não pôde ser modelado como elemento pilar, teve que ser utilizado elemento viga, o que impossibilitou a exportação para o *software* de análise estrutural, que não identificou os elementos corretamente, fazendo a exportação e a importação pelo IFC.

Esse mesmo problema de definição da classificação dos elementos causou certa dificuldade para outras disciplinas. Por exemplo, a Arquitetura não conseguiu filtrar os elementos pela classificação, já que as placas de laje pré-moldadas não eram elemento laje.

Outra barreira observada foi a falta de controle de alterações durante a produção dos modelos. O projeto, com a interação das diversas disciplinas em tempo real pelo modelo BIM, de forma síncrona, faz com que todos os modelos sejam alterados paralelamente. E como essas alterações feitas por um usuário não eram exibidas automaticamente para os outros, aconteceram incompatibilidades que precisaram ser comunicadas por troca de e-mails. Foi observado que na ferramenta utilizada *Revit* é possível monitorar elementos de um modelo vinculado, estabelecendo relacionamento entre elementos correspondentes nos 2 modelos. Mas isso não foi suficiente por ser necessário vincular cada elemento.

No projeto, foi ainda sentida a falta algo que chamasse atenção para a modificação, como por exemplo, exibir em uma cor diferente as alterações sempre que o modelo for atualizado.

5.3.3 Benefícios observados

Nesta pesquisa foram investigados alguns benefícios do uso da tecnologia no projeto estudado: as rápidas alterações, a consistência entre documentos quantitativos automáticos e a verificação de interferências são exemplos.

Qualquer alteração no modelo foi passada para qualquer corte, vista ou planta posicionada em um documento. Isso funcionou muito bem dentro do *software*. As alterações dos modelos de outras disciplinas também ficaram consistentes em todos os documentos. Essa automaticidade trouxe uma diminuição nos muitos erros que normalmente ocorrem e agilizou muito o processo de produção de documentos a partir do modelo, principalmente em revisões, quando se tinha que fazer alterações em vários documentos. A extração automática de quantitativos também tornou mais ágil o processo de emissão de documentos e fez com que as informações estivessem sempre de acordo em todos documentos.

A grande vantagem da visualização do modelo em 3D foi a verificação de interferências, que pôde ser observada em situações que envolveram diferentes disciplinas. Arquitetura teve que compatibilizar a posição das tampas para descida para o canal de cabos da estação, de acordo com o posicionamento indicado por Estruturas, que necessitou posicionar os furos de acordo com as peças pré-moldadas do piso. Posicionar os furos nas vigas do mezanino seria um trabalho muito mais difícil se os modelos 3D não estivessem integrados. A equipe de Estruturas conseguiu visualizar as tubulações de hidráulica exatamente onde passavam e foi possível solicitar algumas pequenas alterações para chegar a uma posição perfeita para todos.

5.3.4 Considerações Finais

Este estudo mostrou as barreiras e benefícios do BIM com relação à tecnologia observando um projeto real em andamento. Ficaram claros os benefícios situados na literatura, como o que Moum (2010) declara em seu artigo sobre os modelos 3D possibilitarem melhor controle das relações geométricas entre disciplinas. E como também Popov *et al.* (2010) relatam utilizar o BIM para calcular

precisamente a demanda de recursos. Shen *et al.* (2012) confirmaram, na prática, que BIM melhora a compreensão dos usuários em relação a propriedades espaciais e, com isso, a colaboração entre profissionais é otimizada.

5.4 Estudo Empírico 3

O estudo empírico 3 contemplou a avaliação da colaboração e cooperação entre os participantes e o fator humano. Foram observadas as formas de interação entre as disciplinas utilizando a metodologia BIM. E, assim como nos estudos empíricos 1 e 2, as barreiras e os benefícios foram registrados.

5.4.1 Diagnóstico de Pessoas

Foi possível observar desde o início do projeto o desenvolvimento das pessoas com relação ao uso do BIM e o entendimento do novo método de se trabalhar se fazendo aos poucos. A relação entre disciplinas para lidar com o projeto foi estudada. Foram observados, principalmente, os profissionais da disciplina Estrutura e sua relação com os demais.

Antes do início do projeto, os funcionários da empresa fizeram um treinamento na ferramenta BIM a ser utilizada. Os funcionários participantes foram engenheiros e projetistas (profissionais de nível técnico, que trabalham produzindo desenhos e, no caso, os modelos). O treinamento teve carga horária de 40 horas e foi realizado ao longo de cinco sábados. Após o treinamento, os funcionários começaram a utilizar a ferramenta desde o início do projeto.

A elaboração do modelo 3D da disciplina Estruturas ficou a cargo de dois projetistas com grande experiência em projetos e em ferramentas CAD, que aprimoraram suas habilidades no uso da nova ferramenta ao longo da utilização durante o projeto. A equipe de tecnologia da informação (TI) criou as conexões entre modelos das disciplinas Estruturas de Concreto, Estruturas Metálicas, Elétrica, Hidráulica, Mecânica (Ar-condicionado) e Arquitetura. Os modelos foram feitos separadamente e conectados em um modelo central, portanto era possível verificar interferências e utilizar referências para criação de cada modelo. Foram realizadas reuniões de *design review* para tratar das interferências entre disciplinas.

A empresa H, que elaborou o projeto de Hidráulica, é de pequeno porte e não estava estruturada para entregar os projetos em BIM, e seus funcionários não tinham o conhecimento das ferramentas. A solução foi utilizar um profissio-

nal da empresa N para passar os projetos elaborados pela empresa H em 2D para o modelo 3D.

Foram percebidas as barreiras e os benefícios em relação a situações do caráter colaborativo do BIM, uma vez que se investigava principalmente o comportamento humano com relação ao novo modo de se trabalhar, o qual, como enfatizou Sacks *et al.* (2010b), pode ser uma barreira importante para a adoção do BIM.

5.4.2 Barreiras observadas

Foi possível exemplificar algumas barreiras à implantação do BIM já observadas na literatura.

Mesmo após o treinamento inicial na ferramenta utilizada, o aprendizado se fez durante o desenvolvimento do projeto. O conhecimento foi desenvolvido ao longo da elaboração do projeto. Alguns pontos, como a criação de novas famílias, não foram ensinados no treinamento, apesar de serem pontos fundamentais para elaboração do projeto. No entanto, mesmo assim, perdendo tempo, os profissionais conseguiram aprender muito buscando por vídeos de tutoriais na internet.

De forma geral, foi observada uma resistência à mudança, em que alguns profissionais, por exemplo, tentavam corrigir os documentos nos desenhos digitais em CAD em vez de no modelo. Essa era a forma praticada anteriormente, antes do BIM. E com prazos a cumprir, com a entrega final sendo o próprio arquivo de desenho 2D, era natural que os profissionais seguissem pelo caminho em que estavam acostumados e natural também que o problema seria mais rapidamente solucionado. A liderança também pensava no benefício imediato e aceitava a solução que resolvesse o problema no momento. Grandes dificuldades vieram no final do projeto, quando os documentos deveriam ser revisados apenas para indicar que estavam aprovados e liberados para construção. Nesse momento ocorreram certas dificuldades com a falta de padrão dos documentos, cada um precisava ser revisado de uma forma diferente, alguns diretamente nos arquivos de desenhos 2D e outros pela extração do modelo 3D.

Ao final do projeto, as equipes das diferentes disciplinas e as empresas envolvidas no projeto não se mantiveram unidas para um próximo projeto. Esse fato afeta a continuidade do aprendizado e traz alguma perda do conhecimento adquirido pelo conjunto.

5.4.3 Benefícios observados

Foi observada uma situação de integração entre disciplinas que mostra o benefício que a cooperação e colaboração ágil entre equipe pode proporcionar. Para agilizar a construção, foi definido que a estação seria projetada com peças de concreto pré-moldadas e vãos típicos, que se repetiriam ao longo da estação.

A Arquitetura, primeiramente, concebeu um pilar curvo e inclinado para as estações (Figura 17), as peças acompanhariam a inclinação da cobertura da estação. O consultor do construtor para montagem dos pré-moldados julgou ser difícil a montagem dos pilares pré-moldados dessa forma, pois esses pilares teriam que ser escorados até a sua fixação nos cálices da fundação.

Houve, então, uma reunião para decidir este assunto, na qual o modelo 3D foi mostrado na tela, e cada disciplina argumentou sobre o que lhe parecia melhor. A Arquitetura insistia na solução do pilar curvo e inclinado para as estações, pois a cobertura estava definida dessa forma. O Construtor insistia em uma solução que “desinclinasse” os pilares para facilitar a construção e agilizar os prazos de montagem da estação. O centro de gravidade do pilar deveria ser de forma que o pilar ficasse estável. E o Cliente ficou do lado do menor custo e da diminuição dos prazos de montagem.

Por fim, a solução foi definida com um pilar curvo, mas vertical na outra direção e, portanto, com o centro de gravidade alinhado com o cálice da fundação para evitar que cada pilar tivesse que ser escorado (Figura 18). Ainda se aproveitou o pilar para posicionar tubos de descida de água da chuva por dentro dos pilares.

O que se viu foi uma definição em conjunto que fez com que a construção fosse facilitada e, com isso, agilizada. A consequência disso foi a redução do custo da parte que mais afeta o custo total, a construção. Portanto, os benefícios dessa solução foram, principalmente, para o Cliente, proprietário do empreendimento, que teve reduzido o seu custo total.

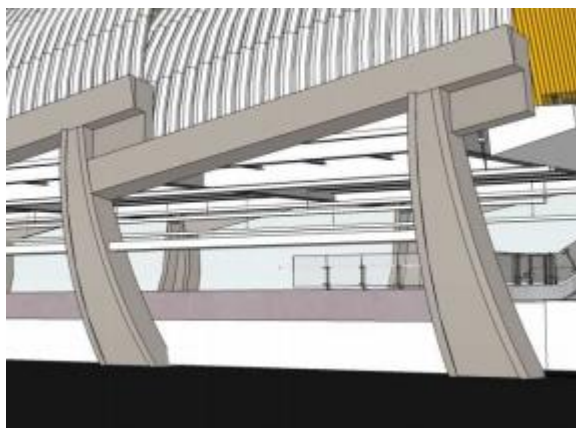


Figura 17 - Sugestão inicial com pilares inclinados (Fonte: *print screen* do modelo BIM no *software Revit*)

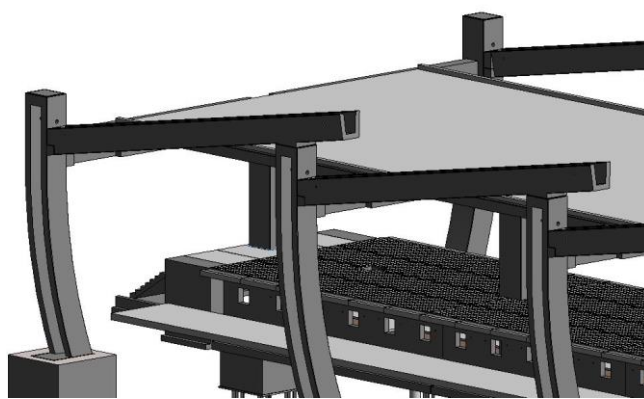


Figura 18 - Pilares sem necessidade de escoramento (Fonte: *print screen* do modelo BIM no *software Revit*)

Conforme visto na literatura em Shen *et al.* (2012), pode-se perceber neste caso uma melhor compreensão dos usuários nas soluções de projeto. E consequentemente, melhores soluções puderam ser definidas. É possível então dizer que houve uma melhor interação entre participantes do projeto para chegar à solução final, o que está de acordo com o observado por Isikdag e Underwood (2010).

5.4.4 Considerações Finais

Aqui é pertinente fazer um paralelo com a observação de Arayici *et al* (2011) e Moum (2010) sobre a necessidade inicial de aprimoramento. No começo da execução do projeto, foi notória essa falta, mas as equipes foram aprendendo a utilizar as novas ferramentas e o novo modo de se trabalhar ao longo da utilização.

Neste estudo foi possível observar algumas interações no projeto com o uso do BIM que mostram algumas barreiras a serem ultrapassadas e os benefícios que se pode obter.

Outro ponto importante constatado vai ao encontro do que Linderoth (2010) afirmou, que a forma contratual de um projeto, no qual diversas empresas participam e precisam alinhar entendimentos e conhecimentos, pode ser uma barreira para o uso do BIM, e que as redes de trabalho para projetos e construção muitas vezes não se mantêm em projetos consecutivos. Neste estudo empírico 3, verificou-se que, após o término do projeto, as empresas de arquitetura e de engenharia não continuaram trabalhando juntas e a rede criada com conhecimento para o uso do BIM se desfez.

Foi observado que a empresa pequena H precisou apenas de um profissional da empresa N com conhecimento da ferramenta para fazer com que seus projetos passassem de 2D para o modelo 3D e se integrasse com todas as outras disciplinas. Isso mostra que empresas pequenas podem facilmente adotar o BIM e trabalhar de forma colaborativa com outras empresas envolvidas em um mesmo projeto.

6 Proposição de diretrizes

A revisão da literatura juntamente com o estudo empírico levam à possibilidade de propor diretrizes para implantação do BIM em pequenas e médias empresas no Brasil. Diretrizes são utilizadas aqui no sentido de instruções ou indicações para se estabelecer um plano, uma ação, ou no caso, a implantação do BIM no Brasil.

Neste país, o BIM vem sendo implantado aos poucos pelas empresas, que começam a perceber os benefícios do seu uso. Paulatinamente, os governos municipais e estaduais já solicitam esse método de trabalho em editais de empreendimentos públicos. Por exemplo, o governo de Santa Catarina solicitou projetos em BIM para a secretaria de saúde. Porém, com a crise financeira e política, em curso no país, vem diminuindo muito o ritmo da evolução do BIM, visto que menos construções vêm sendo realizadas e as empresas andam fugindo de assumir riscos com novas tecnologias e metodologias de trabalho.

Pequenas e médias empresas terão mais dificuldades para a implementação do BIM, pois grande número dessas empresas será subcontratado de empresas maiores ou trabalharão em uma pequena seção do empreendimento e terão muitas interfaces com outras empresas.

São consideradas pequenas empresas no Brasil, de acordo com o BNDES, aquelas que possuem receita operacional bruta entre 2,4 milhões a 16 milhões de reais ao ano, e médias empresas são aquelas que possuem receita operacional bruta entre 16 milhões a 90 milhões de reais ao ano.

A partir das barreiras observadas na revisão da literatura e com o estudo empírico observado, é bem possível propor soluções, apresentando as principais barreiras e indicando diretrizes para guiar a implantação do BIM em pequenas e médias empresas no Brasil. Para isso, foi criado um mapa conceitual a partir das barreiras observadas e, baseado nelas, serão apresentadas diretrizes de acordo com cada barreira.

Os artigos escolhidos para compor o portfólio bibliográfico na revisão sistemática da literatura são apresentados na Tabela 9 por autores para serem numerados para a indicação no mapa conceitual.

Tabela 9 – Lista de artigos

#	Autores
1	Gu e London (2010)
2	Singh et al. (2011)
3	Tang et al. (2010)
4	Grilo e Jardim-Goncalves(2010)
5	Jung e Joo (2011)
6	Hu e Zhang (2011)
7	Zhang et al. (2013)
8	Barlish e Sullivan (2012)
9	Sacks et al. (2010)
10	Arayici et al. (2011)
11	Grilo e Jardim-Goncalves (2011)
12	Häkkinen e Belloni (2011)
13	Isikdag e Underwood (2010)
14	Porwal e Hewage (2013)
15	Jardim-Goncalves e Grilo (2010)
16	Redmond et al. (2012)
17	Leite et al. (2011)
18	Motawa e Almarshad (2013)
19	Popov et al. (2010)
20	Linderoth (2010)
21	Babič et al. (2010)
22	Park et al. (2013)
23	Chi et al. (2013)
24	Peterson et al. (2011)
25	Wang et al. (2013)
26	Kim et al. (2013)
27	Xiong et al. (2013)
28	Eastman et al. (2010)
29	Zhiliang et al. (2011)
30	Shen et al. (2012)
31	Davies e Harty (2013)
32	Brilakis et al. (2011)
33	Pauwels et al. (2011)
34	Irizarry et al. (2013)
35	Moum (2010)
36	Klein et al. (2012)
37	Sacks et al. (2010)
38	Cheng e Teizer (2013)
39	Eadie et al. (2013)
40	Lee et al. (2012)

Foi criado um mapa conceitual a partir das barreiras observadas na literatura, com a maioria sendo verificada e confirmada no estudo empírico. Apenas a barreira de limitações de *software* não pôde ser verificada durante o estudo por envolver tecnologias de campo, que não foram observadas. Esse mapa é mostrado abaixo, na Figura 19, com o número correspondente ao do artigo que cita cada barreira:



Figura 19 - Mapa conceitual mostrando as diferentes barreiras para implantação do BIM - formato adaptado de Garza-Reyes (2015)

Em seguida, foram definidas diretrizes para se ultrapassar cada barreira evitando grandes dificuldades (Tabela 10).

Tabela 10 - Barreiras e diretrizes para implantação do BIM

	Barreiras	Diretrizes	#
Processos	Diferentes expectativas	Alinhar expectativas entre disciplinas e Cliente	Q1
	Forma de entrega	Definir o que será entregue	Q2
	Falta de colaboração	Definir o fluxo de informação	Q3
Tecnologia	Falta de interoperabilidade	Especificar e selecionar ferramentas para interligação	Q4
	Falta de suporte técnico	Avaliar o uso de suporte técnico externo	Q5
	Limitações de <i>software</i>	Ter precaução com captura de dados	Q6
Pessoas	Falta de conhecimento	Fornecer treinamento aos profissionais	Q7
	Falta de engajamento	Demonstrar benefícios	Q8
	Redes de conhecimento não se mantêm	Gerenciar o conhecimento sistematicamente	Q9

As diretrizes são orientações para serem observadas antes de se começar a implantação da metodologia BIM. Elas foram pensadas fundamentalmente para pequenas e médias empresas de engenharia no Brasil, que terão menores investimentos, mas que podem sim se beneficiar do BIM. São observações importantes para se saber o que esperar e, assim, ter uma implantação sem muitas surpresas.

Para testar a validade dessas diretrizes propostas, foi realizado um *survey* com um questionário que mediu a percepção de profissionais de todo o mundo com relação às diretrizes propostas. O questionário utilizado encontra-se nos Apêndices A e B, em inglês e português, respectivamente. Esse grau de relevância foi medido em uma escala de um a cinco, o que possibilita a avaliação quantitativa dos dados obtidos.

Como mostrado na Tabela 11, as diretrizes Q1, Q2, Q7, Q8 e Q9 são consideradas com o maior grau de relevância por mais de cinco a cada dez respondentes. Isso indica que a maior parte das diretrizes foram consideradas pela maioria dos respondentes com o maior grau de relevância possível. As questões Q3, Q4, Q5 e Q6 obtiveram médias menores, porém tiveram um grau de rele-

vância percebido próximo ao das diretrizes com maiores médias. Cada uma das diretrizes propostas é detalhada e analisada a frente.

Tabela 11 – Frequência relativa

	Média	Frequência Relativa				
		1	2	3	4	5
Q1	4.35	0%	3%	19%	19%	58%
Q2	4.54	3%	0%	6%	31%	61%
Q3	4.15	0%	0%	33%	19%	47%
Q4	4.08	3%	6%	3%	53%	36%
Q5	3.50	8%	11%	28%	22%	31%
Q6	3.85	0%	11%	14%	44%	31%
Q7	4.54	0%	0%	8%	39%	53%
Q8	4.38	0%	3%	6%	42%	50%
Q9	4.27	0%	3%	17%	22%	58%

Processos

Alinhar expectativas com outras disciplinas e Cliente (Q1)

Enquanto o BIM é uma novidade e está em constante evolução, as partes envolvidas em um projeto que faz uso dele correm o risco de terem um entendimento diferente do que será produzido no modelo 3D e no que será extraído do mesmo. Como foi visto, um bom exemplo dessa possibilidade está no Estudo Empírico 1. Nele, foi constatada durante a criação do modelo que faltava uma parte do projeto. Essa falha aconteceu porque uma das disciplinas, com a expectativa de que outra disciplina colocaria no modelo as ruas e as calçadas, não fez isso. O mesmo aconteceu com a outra disciplina. Quer dizer, nenhuma das duas se preparou para fazer área externa em volta da estação de metrô projetada.

Gu e London (2010) citaram a existência de diferentes expectativas por cada disciplina e também diferentes níveis de adoção do BIM pelos líderes do mercado. Já Barlish e Sullivan (2012) relataram a falta de uma certificação formal e de um conjunto de métricas para medir o BIM. Leite *et al.* (2011) observaram que utilizar o LOD (Nível de detalhamento – em inglês, *Level of Detail*) inadequado gera retrabalho.

A metodologia BIM é a forma como será feito, mas o que será feito deve ser definido. O BIM não é um pacote fechado e, por isso, é necessário um ali-

nhamento fino de expectativas e um acordo prévio entre sobre o que cada disciplina ou empresa produzirá com o BIM.

É muito importante que todas as empresas participantes do projeto, as disciplinas de uma mesma empresa, os fornecedores e o proprietário saibam e entendam o que será realizado com o uso do BIM e que cada um saiba qual será o seu papel.

A Figura 20 mostra que esse alinhamento sugerido foi considerado muito relevante pela maior parte dos especialistas que responderam o questionário.

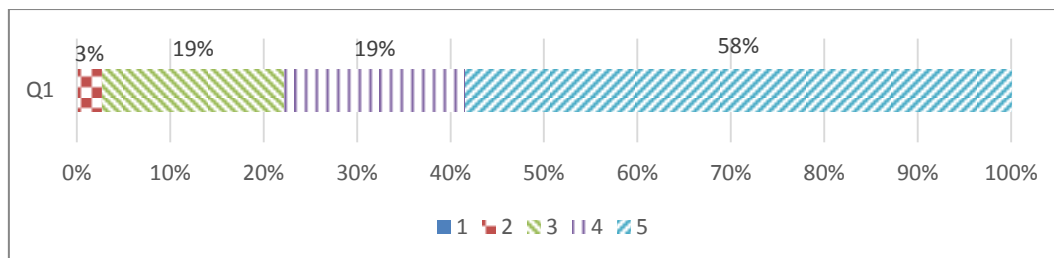


Figura 20 - Q1 - Para evitar dificuldades com diferentes expectativas é importante que haja alinhamento entre disciplinas, fornecedores e clientes.

Definir o que será entregue (Q2)

Tradicionalmente, os projetos de engenharia e arquitetura são entregues para outras disciplinas e para a construção através de documentos em forma de desenhos, que apresentam plantas, cortes, vistas e detalhes, e em forma descritiva, como memórias de cálculo, lista de quantidades e especificações. No momento inicial do projeto, quando o BIM começa a ser utilizado, ainda é necessário entregar documentos por questões burocráticas, como, por exemplo, o próprio contrato, além de outras práticas que ainda se observam, como a medição do progresso físico de um projeto por documentos emitidos.

De acordo com Eadie *et al.* (2013), a maior parte dos projetos com o uso do BIM ainda necessita de entregas de desenhos 2D. Isso ocorre por questões legais para aprovação do projeto ou porque a empresa construtora ainda trabalha dessa forma. Como observado no Estudo Empírico 1, criar arquivos digitais 2D pode se tornar um problema se não for uma ação automática de extração do modelo. Havendo a necessidade de ajustes no arquivo 2D, o retrabalho para uma futura revisão será maior, pois a informação entregue será a do arquivo 2D e não a do modelo, e em extrações para futuras revisões todos ajustes terão que ser feitos novamente.

As entregas de projeto são um dos pontos que se pretende mudar com o BIM, passando de entregas de documentos para entregas de informação. Mas ainda vai demorar um tempo para que toda indústria ponha isso em prática. Mo-

tawa e Almarshad (2013) observaram dificuldades de se encontrar registros de manutenções realizadas no empreendimento estudado e, se o BIM for utilizado, essas informações de manutenções também poderão ser registradas no modelo BIM e recuperadas quando necessárias.

Em resumo, o formato de entrega da documentação de projeto para construção deve ser definido antes do início dos trabalhos, para que todos possam se preparar para trabalhar de acordo com essa definição. Uma sugestão é a extração direta do *software* BIM de arquivo para impressão do tipo PDF. Assim, qualquer revisão será realizada no modelo e a extração de documentos será sempre feita a partir dele.

Observa-se pela Figura 21 que a relevância dessa diretriz foi considerada bastante alta, sendo a que obteve o maior percentual de respostas com o grau máximo. Isso pode ser um reflexo da experiência dos profissionais com casos em que vivenciaram ocorrer dificuldades com a entrega de documentação.

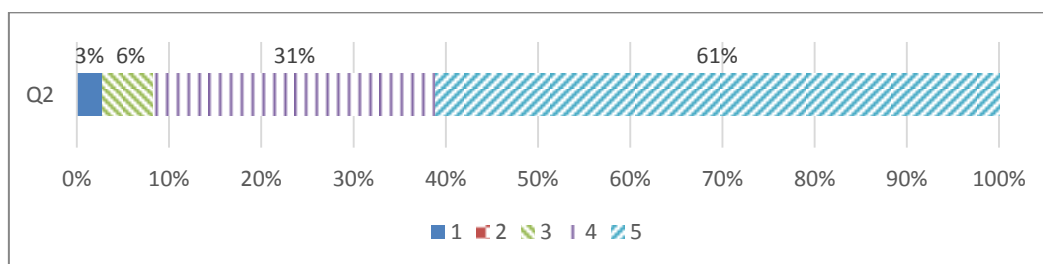


Figura 21 - Q2 - Para evitar dificuldades com documentação de projeto é importante que seja clara a definição da forma em que o projeto será entregue, inclusive deve-se impreterivelmente definir este requisito em contrato.

Definir fluxo de informação (Q3)

Projetos que envolvem diversas disciplinas necessitam de alguma colaboração entre as mesmas. Na forma tradicional de se fazer projetos, a informação passa de uma disciplina para outra por documentos, antes, em papel, e agora, em arquivos digitais.

O BIM traz uma inovadora forma de interação entre as pessoas e equipes. A troca de informações pode ser feita diretamente pelos modelos 3D, que são integrados. Isso traz uma dificuldade nova, a integração para construção do modelo 3D. Porwal e Hewage (2013) apontam a necessidade de mudanças nas práticas de projeto existentes. Essa nova forma de se trabalhar permite novas

possibilidades, como a verificação de possíveis alternativas. E Popov *et al.* (2010) propõem que essas alternativas sejam feitas no estágio inicial do projeto para se evitar retrabalho.

Ainda no Estudo Empírico 1, foi constatada a falta de colaboração entre as disciplinas para se criar o modelo, e alguns documentos tiveram que ser revisados para corrigir inconsistências que ainda não haviam sido modeladas por outra disciplina.

Uma nova dinâmica entre as disciplinas é fundamental quando se utiliza um modelo 3D interligado, pois para que a informação de uma disciplina fique completa, muitas vezes será preciso que informações de outra disciplina já estejam no modelo. Logo, o fluxo de informação deve ser definido de acordo com isso.

Apesar de essa diretriz ter sido considerada com um grau alto por quase metade dos respondentes, a mesma também recebeu um grau médio de um terço dos respondentes (Figura 22). Isso pode ser analisado como sendo um sinal de que parte dos respondentes não tiveram grandes problemas com essa falta de colaboração, mesmo assim, pode ser considerada uma diretriz importante já que não houve nenhum respondente que a definiu com grau baixo de relevância.

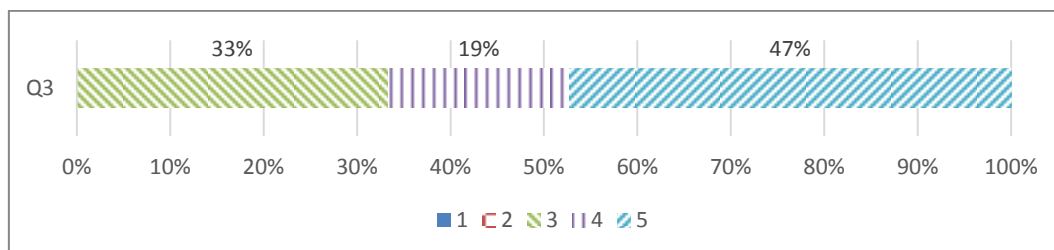


Figura 22 - Q3 - A falta de colaboração interdisciplinar pode ser solucionada definindo o fluxo de informação previamente, interligando os fluxos de trabalho com respectivos responsáveis das diferentes disciplinas, fornecedores e clientes.

Tecnologia

Especificar e selecionar ferramentas para interligação (Q4)

A interoperabilidade é um dos princípios importantes do BIM. É, como dito anteriormente, a capacidade de se conseguir utilizar o *software* que desejar para criar o modelo e realizar análises, e ainda poder abrir esse modelo em outros *softwares*. Isso se dá pelo uso de arquivos neutros, e o mais utilizado é o IFC, que é desenvolvido pelo grupo *BuildingSMART international*.

O IFC ainda tem limitações, tais como não expressar alguns objetos e não carregar todas as informações necessárias para realizar análises. Esse fato foi destacado por diversos autores na revisão da literatura, como Redmond *et al.* (2012), Zhiliang *et al.* (2011), Pauwels *et al.* (2011) e Sacks *et al.* (2010a). Neste trabalho, no Estudo Empírico 2, foi relatada a impossibilidade de se exportar o modelo entre *softwares* para realizar análise estrutural.

Até hoje empresas utilizam diferentes ferramentas para desenhos 2D, dependendo do que é solicitado pelo cliente, caso do *AutoCad* e do *Microstation*. Ou seja, ainda hoje, existe a demanda de clientes para uso de uma ferramenta específica para os desenhos 2D, que têm arquivos neutros já consagrados como DXF. Lee *et al.* (2012) reconhecem que faltam pesquisas de interoperabilidade para que este possa ser um princípio plenamente seguido.

Por enquanto, conforme observado na literatura e no estudo empírico, ainda são necessárias evoluções na interoperabilidade para que seja possível integrar modelos de *softwares* diferentes facilmente. Portanto, é importante especificar como serão as ligações entre modelos de *softwares* diferentes, ou deixar claro que será utilizado o mesmo *software*. Desse modo, serão evitados problemas para realizar a integração posteriormente.

Essa diretriz não foi considerada com o mais alto grau de relevância pela maioria dos respondentes, mas sua média ainda assim ficou maior do que quatro, podendo-se afirmar que é uma diretriz importante (Figura 23).

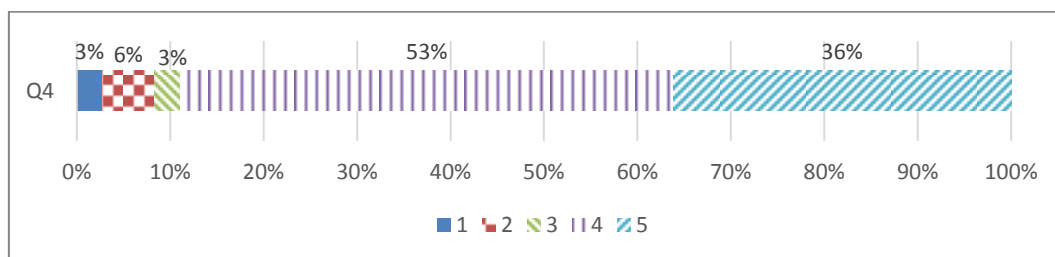


Figura 23 - Q4 - Para se combater a falta de interoperabilidade entre *softwares* é necessário especificar linguagem padrão e selecionar as ferramentas mais adequadas para serem adotadas no projeto, essas ferramentas devem ser testadas previamente com projetos anteriores ou amostra reduzida.

Avaliar o uso de suporte técnico externo (Q5)

O BIM necessita do apoio de equipe de tecnologia da informação para criar a rede e as conexões entre modelos de diferentes disciplinas e para apoiar na

utilização dos *softwares*, e ainda para realizar adaptações de funcionalidades dos mesmos. O apoio à interoperabilidade também é importante que seja realizado por equipe dessa área.

Singh *et al.* (2011) observaram a falta de suporte técnico para gerenciamento da tecnologia ao verificar os requerimentos técnicos para um servidor BIM funcionar como uma plataforma de colaboração.

No Estudo Empírico 2, foi observado a necessidade do suporte de uma equipe de tecnologia da informação (TI) para criar as conexões entre modelos através de um servidor conectado a uma rede interna e outra externa da empresa. Portanto, para empresas pequenas de engenharia, que não possuam uma área especializada, será importante avaliar o uso de uma equipe de suporte externo que tenha conhecimento do uso do BIM e possa apoiar a integração entre as partes do projeto.

No *survey*, essa diretriz obteve a menor média (3,50) entre as nove, logo pode ser considerada a menos relevante das diretrizes propostas. Fazendo um paralelo com a literatura analisada, apenas um artigo citou essa barreira. Conclui-se que os respondentes não vivenciaram grandes barreiras devido à falta de suporte técnico ou que essa barreira seja uma das mais simples de ultrapassar, podendo ser solucionada internamente. A Figura 24 mostra a divisão das respostas para essa diretriz.

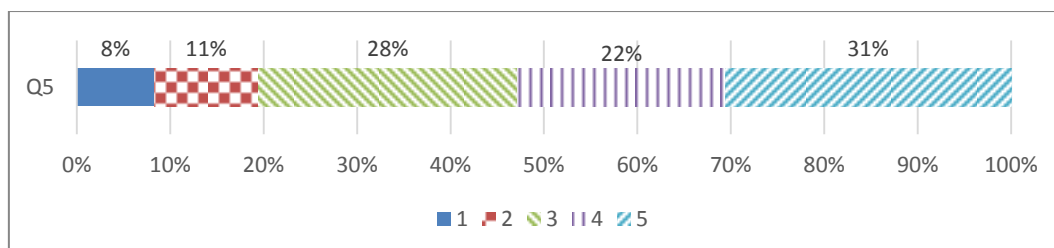


Figura 24 - Q5 - Para pequenas empresas é importante buscar suporte técnico externo de tecnologia da informação antes do início do projeto e realizar testes de todas as trocas de dados que ocorrerão durante o projeto.

Ter precaução com captura de dados (Q6)

A metodologia BIM vem sendo integrada a diversas novas tecnologias, como Realidade Aumentada e captura de dados por escâner a laser e outras. Muitos testes vêm sendo realizados com essas novas tecnologias.

Foi observado na literatura que a maioria dos problemas relatados de limitações de *software* ocorreram em tentativas do uso de realidade aumentada ou na captura de dados automática. Portanto, é importante ter cuidado e paciência para se utilizar essas inovações e, preferencialmente, buscar empresas especializadas nessas funcionalidades para realizar tais tarefas.

Tang *et al.* (2010) apontaram dificuldade em modelar estruturas complexas, Kim *et al.* (2013) observaram que o status de *as-built* de alguns componentes podem ser imprecisos e, por isso, é necessária uma revisão de segundo estágio. Zhang *et al.* (2013) disseram ainda que foi preciso esforço manual para entradas e saídas de dados. Também Brilakis *et al.* (2011) concluíram que algumas configurações precisam ser feitas manualmente e estão sujeitas a erro humano. Xiong *et al.* (2013) observaram dificuldades de precisão na obtenção de *as-built* automático; Cheng e Teizer *et al.* (2013) relataram que há pouca maturidade na aplicação de Realidade Virtual em tempo real; Chi *et al.* (2013) concluíram que a Realidade Aumentada ainda tem limitações para o uso ser expandido; e Shen *et al.* (2012) chegaram à conclusão de que o método de visualização e simulação testado tem limitações.

Portanto, é importante se ter cuidado no uso de captura automática de dados para o modelo. Como essas tecnologias ainda estão sendo consolidadas, há sempre alguma probabilidade de não ser possível a utilização desses dados.

Essa barreira foi bastante mencionada na literatura em casos em que se buscava alguma inovação tecnológica integrada ao BIM, e por isso, pode não ter sido vivenciada por grande parte dos respondentes. Sua média ficou 3,85 (Figura 25), mas com grande parte a considerando grau quatro, podendo ainda ser considerada acima da média.

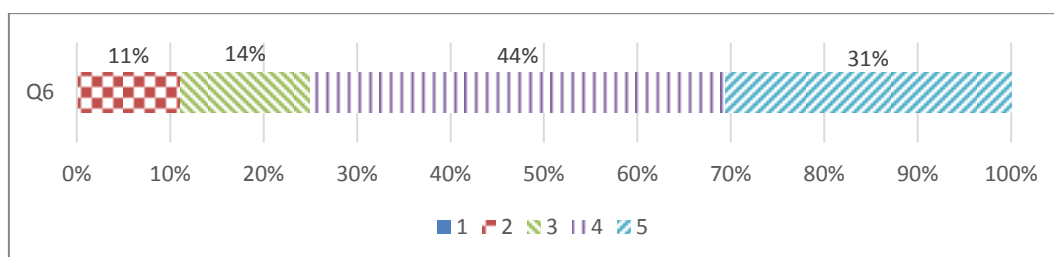


Figura 25 - Q6 - Deve-se atentar às limitações nos *softwares* de captura automática de formas no campo a serem modeladas. É necessário que testes sejam feitos com a tecnologia a ser usada para verificar o alcance ao resultado esperado.

Pessoas

Fornecer treinamento aos profissionais (Q7)

A metodologia BIM utiliza novas ferramentas para criar modelos 3D com informações. Esses *softwares* possuem uma dinâmica diferente de uso dos *softwares* de desenhos CAD, previamente utilizados na indústria da construção.

Os profissionais não possuem ainda conhecimento para as novas ferramentas de modelagem 3D. Como se viu no estudo empírico 3, é necessário o treinamento prévio para que os profissionais possam utilizar as novas ferramentas.

Gu e London (2010) relataram essa falta de experiência dos profissionais e Moum (2010) concluiu que usuários devem aprimorar habilidades no uso de novas ferramentas.

Com o tempo, haverá profissionais que se destacarão no uso dessas ferramentas e poderão ensinar aos outros. Mas para empresas que estejam começando o uso de determinada ferramenta, é importante um treinamento inicial para que depois a capacitação possa ser *on the job* ao longo dos projetos que sejam executados.

Essa diretriz foi a que obteve a maior média entre todas, percebendo pela Figura 26 que a imensa maioria, 92%, a considerou grau quatro ou cinco, ou seja, muito relevante. Isso mostra que a diretriz de treinamento de profissionais é considerada muito importante, e esse treinamento deve ser previsto ao realizar a implantação do BIM.

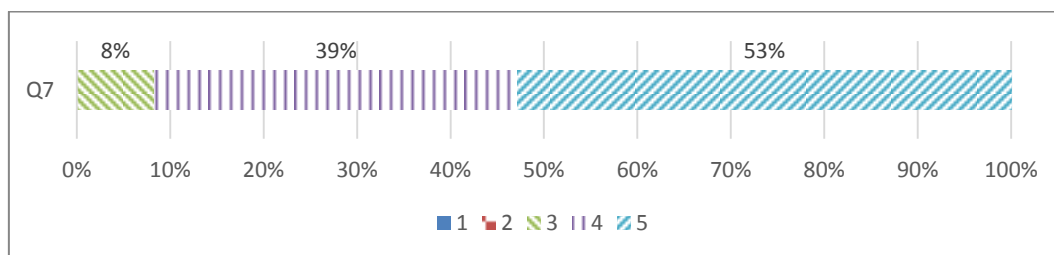


Figura 26 - Q7 - Deve-se treinar os profissionais em novas ferramentas BIM estratégicas em que não haja conhecimento e com isso avançar nos níveis de maturidade BIM, de forma contínua e incremental.

Convencer líderes (Q8)

BIM é uma nova metodologia que começa a ser implantada. E, como em geral acontece com as novidades, BIM exige mudança, e mudanças sofrem resistência, principalmente das lideranças, que são quem tem o poder de aplicá-las nas empresas. Desse modo, novas tecnologias sofrem resistência porque requerem mudanças de processos, gerando riscos e custos não previstos (Häkkinen e Belloni, 2011).

Uma das mudanças que reforçam essa resistência à implantação do BIM é, como dizem Arayici *et al.* (2011), que o seu processo envolve a necessidade de engajamento das pessoas. Davies e Harty *et al.* (2013) também se referem a essa resistência quando contam o caso dos diretores que recusavam a comprar os *tablets* para o uso da tecnologia no campo. Assim, o BIM acaba não sendo implantado e essa falta de engajamento se torna uma barreira (Linderoth, 2010).

Pode acontecer das pessoas ficarem resistentes ao uso dessa ferramenta nova por falta de conhecimento, é natural que elas não queiram experimentar, correr riscos, que queiram manter as coisas sempre do mesmo jeito, do jeito que elas conhecem. Então, como foi visto no estudo empírico 3 desta pesquisa, o principal meio de acabar com essa resistência é demonstrando às lideranças das empresas os benefícios do uso do BIM. É importante que líderes de equipes sejam convencidos de que o uso trará vantagem para o projeto, tanto financeiramente como pelo entendimento das soluções e da redução do retrabalho. É importante que sejam mostrados casos de sucesso do uso do BIM.

Essa diretriz foi também considerada com grau alto de relevância (Figura 27), o que demonstra que a falta de engajamento da liderança é percebido ao redor do mundo e, deve ser um ponto de atenção para se ter uma implantação com sucesso.

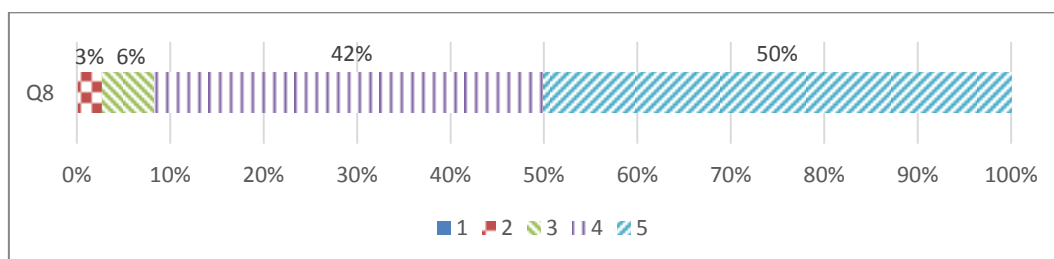


Figura 27 - Q8 - Deve-se demonstrar os benefícios do uso do BIM para conseguir o engajamento dos profissionais, principalmente os líderes, que escolhem utilizar ou não a metodologia BIM.

Gerenciar o conhecimento sistematicamente (Q9)

Tradicionalmente, a indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção é fragmentada, com diversas empresas participando de um mesmo empreendimento. Muitas vezes grandes empresas subcontratam empresas menores para realizar parte do trabalho ou então cada empresa é contratada para realizar uma parte do projeto e a construção.

Uma barreira observada por Linderoth (2010) é que as redes de trabalho para essa área de projetos e construção não se mantêm em projetos consecutivos, e, assim, os conhecimentos e as práticas adquiridas são perdidas.

Para que isso não aconteça nas pequenas empresas, para que haja evolução no conhecimento, não se tenha que começar do zero a cada novo projeto que se execute, para que as redes de trabalho se mantenham, é importante que haja uma gestão sistemática do conhecimento, mapeando e coletando todo conhecimento adquirido em um projeto, para que no próximo, as lições aprendidas possam ser recuperadas e observadas.

Apesar dessa diretriz ter sido observada apenas em um artigo, analisando a Figura 28 é possível perceber que essa diretriz foi considerada com grau alto por muitos dos respondentes, concluindo que essa descontinuidade foi observada pelos respondentes de fora do Brasil e que gerenciar o conhecimento adquirido de um projeto para o seguinte é de grande importância.

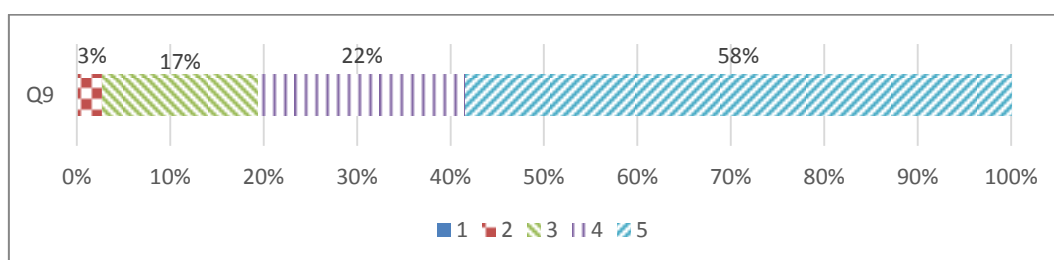


Figura 28 – Q9 - Deve-se utilizar a gestão do conhecimento sistemática para que o conhecimento não seja perdido após o fim de um projeto e que as lições aprendidas sejam aproveitadas nos projetos seguintes.

7 Conclusões e Pesquisas Futuras

7.1 Resumo e conclusões

Neste trabalho pretendeu-se observar o novo modo de se trabalhar trazido pelo uso do BIM, suas barreiras e seus benefícios, e então sugerir maneiras de ultrapassar tais barreiras para se obter os benefícios esperados.

O processo de implantação do BIM é complexo, e teve que ser estudado a partir de uma revisão da literatura e da observação em um caso real por observação direta e participante, o que permitiu confirmar na prática o que foi observado na literatura.

A adoção do BIM no Brasil começou há pouco e tem sido lenta, diferentemente dos Estados Unidos e do Reino Unido que já ultrapassaram muitas barreiras e já estão usufruindo dos benefícios do seu uso. E, por isso, são destaques neste trabalho, no qual foram analisadas suas normas e seus documentos.

Muito comentado, compreendido como uma nova tendência na área da Arquitetura, Engenharia e Construção, empresas começam a implantar esse novo método de trabalho, o BIM, sem de fato conhecer as grandes mudanças que certamente acontecerão. As diretrizes propostas neste trabalho podem colaborar para que a essa implantação aconteça de forma mais eficiente, conhecendo-se as barreiras e como ultrapassá-las.

E é essa a ideia central deste trabalho, a de levar esse conhecimento aos profissionais brasileiros, de, assim, poder contribuir para a discussão sobre a implantação do BIM, de identificar as barreiras para tal, de buscar soluções para ultrapassá-las e de mostrar os benefícios que a metodologia BIM pode trazer, conforme sempre foi seu objetivo.

A partir do levantamento do problema, em que se obteve a análise bibliométrica, a revisão da literatura e a análise do estudo empírico, foi possível cumprir o objetivo deste trabalho de propor diretrizes para guiar pequenas empresas de engenharia na implantação do BIM. Além disso, foi possível validá-las através de uma pesquisa *survey* respondida por diversos profissionais com experiência em BIM de diversos países.

Vale ressaltar as limitações da pesquisa, a métrica utilizada para seleção dos artigos que utilizou o número de citações fez com que artigos dos anos mais recentes fossem excluídos e a pesquisa *survey*, apesar de ter sido respondida por profissionais que afirmaram ter experiência no uso do BIM, apenas garante parcialmente a validade das diretrizes, já que depende da opinião dos respondentes.

As diferentes expectativas relatadas na literatura foram confirmadas no estudo empírico como uma barreira que necessita de um alinhamento prévio entre as partes envolvidas para se evitar surpresas durante o projeto. Essa barreira foi ainda validada nas respostas ao *survey* com uma média de 4,35 em uma escala de um a cinco.

As empresas brasileiras que pretendem implantar a metodologia BIM devem fazê-lo aos poucos e se adaptando para cada projeto. De forma que, a cada projeto, as empresas venham a se adaptar a essa nova realidade e a utilizar cada vez mais e mais as vantagens do BIM, passando de nível a cada projeto. Pois existirão projetos em que o cliente exigirá certo nível de BIM e outros em que o cliente não o exigirá, e o BIM será usado como uma ferramenta, e não como um método de trabalho. Nesse momento de transição na forma de se trabalhar será necessário um esforço de adaptação especial para cada projeto.

Ainda será uma mudança muito grande de filosofia de trabalho a transição de entregas para o cliente de documentação para informação. Todos os processos de planejamento, controle e até medição de avanço físico do projeto são feitos hoje por documentos. Todo esse processo já é feito digitalmente, de forma que não é necessária a impressão de cada desenho. No estudo empírico foi observado que os arquivos digitais de desenho 2D podem se tornar um problema se ficarem incompatíveis com o modelo 3D BIM. Portanto, uma diretriz estabelecida foi a de se definir previamente quais serão as entregas e como funcionarão os processos em que eram utilizados documentos, como por exemplo, a medição do avanço de um projeto. Esse processo costuma ser contabilizado por emissão de documentos, e uma mudança nisso implicará em modificações na forma de se contabilizar o andamento desse projeto, e também na forma de pagamento pelo Cliente. Essa foi a diretriz mais vezes classificada com o maior grau de relevância pelos respondentes, o que dá validade ao proposto.

Foi também observada na literatura que a falta de colaboração entre as disciplinas, pode ser uma barreira grande na implantação do BIM, como confirmado no questionário realizado em que todos os respondentes a consideram com relevância a cima da média. O fato é que esse novo método de trabalho traz

com ele a necessidade de que as pessoas envolvidas num projeto colaborem entre si, o que é muito diferente do que ocorria anteriormente. As empresas que pretendam utilizar o BIM devem elaborar diretrizes bem claras sobre o fluxo das informações.

Passando de processos para tecnologia, área com a maioria das barreiras e dos benefícios observados nos artigos, entre elas a bastante relatada falta de interoperabilidade entre *softwares*. Ficou definida a diretriz de que as empresas devem, previamente, especificar e selecionar as ferramentas para interligação a fim de se conseguir ligar os modelos das diferentes disciplinas. A relevância dessa diretriz foi testada e validada com 89% das respostas acima de grau quatro.

O suporte técnico se mostrou importante, porque as pequenas e médias empresas de engenharia geralmente não têm conhecimento suficiente para solucionar problemas da área da tecnologia da informação. No Estudo Empírico 2 foi observado que houve apoio e foi definido como uma diretriz se obter suporte externo se, pelo tamanho da empresa, não for possível ter suporte técnico internamente. Essa diretriz foi considerada com menos relevância que as outras propostas, porém, mesmo assim, o grau cinco foi o mais selecionado pelos respondentes.

Na literatura foram observados muitos casos de inovações tecnológicas como o uso de realidade aumentada, obtenção de dados a laser ou por vídeo, e uso de dispositivos portáteis no campo. O estudo empírico envolveu apenas a fase de projeto e não foi possível se observar tais usos. Foi definida a diretriz de se ter bastante atenção com as tecnologias de captura de dados, já que foram observadas muitas limitações na literatura. Ainda que não tenha sido percebida pelos respondentes como uma das mais relevantes, esta obteve 75% de avaliações grau quatro ou cinco.

A falta de conhecimento de novas ferramentas por profissionais foi relatada na literatura e observada no estudo empírico, portanto fornecer treinamento é importante para se obter esse conhecimento, o que se confirmou como uma das diretrizes mais importantes. É essencial que um treinamento venha acompanhado da utilização das ferramentas no trabalho para se aplicar e desenvolver o que foi aprendido.

O uso do BIM pode ter resistência de profissionais que não queiram mudar a forma de trabalhar. Com a observação e a literatura mostrando que ocorre essa falta de engajamento, foi sugerido, que se deve demonstrar os benefícios do BIM para as lideranças serem convencidas das vantagens que a nova metodolo-

gia trará e obter o engajamento necessário, e essa diretriz foi confirmada de muita relevância.

Por último, foi observada a descontinuidade das equipes em projetos consecutivos. Muitas vezes diversas empresas trabalham em um mesmo projeto e depois de finalizá-lo vão trabalhar com outras empresas, com culturas diferentes. Desse modo, gerenciar o conhecimento obtido em cada projeto foi considerado importante para a empresa conseguir utilizar as lições aprendidas em um projeto nos seguintes.

7.2 Pesquisas futuras

Foram extraídas as pesquisas futuras propostas pelos autores dos artigos utilizados para análise bibliométrica e revisão da literatura. E também foram sugeridas outras pesquisas a partir da leitura desses mesmos artigos e sugestões a partir deste trabalho.

Muitos artigos propuseram métodos ou modelos e, nesses casos, sugere-se realizar uma validação dos mesmos.

Mais estudos sobre a interoperabilidade entre *softwares* e o IFC foram propostos em alguns artigos. Isso vai ao encontro do observado nessa dissertação durante o estudo empírico. A interoperabilidade deve ser facilitada para que o BIM seja implantado por mais empresas e empreendimentos.

Observaram-se muitos casos de tentativas de se utilizar inovações tecnológicas integradas ao BIM, como Realidade Aumentada; uso de geolocalização; captura de dados por escaneamento a laser ou outras técnicas inovadoras; e uso de aparelhos portáteis durante a construção. Porém todas se mostraram em fases muito iniciais e há espaço para desenvolver estudos nessa área.

Foram propostas pesquisas para mostrar os benefícios do BIM ligados à economia e à sustentabilidade. Também foram propostos o aprimoramento de métricas e a criação uma certificação formal.

Sugere-se o aprimoramento da métrica utilizada para seleção dos artigos que incluía artigos mais recentes em que ainda não tiveram muitas citações. Também podem ser realizadas validações das diretrizes propostas com outros grupos de profissionais.

8 Referências bibliográficas

AMORIM, S. R. L. **Relatório BIM: Building Information Modeling no Brasil**. Projeto Apoio aos Diálogos Setoriais União Europeia – Brasil, 2014.

ARAYICI, Y. et al. Technology adoption in the BIM implementation for lean architectural practice. **Automation in Construction**, v. 20, n. 2, p. 189-195, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT-NBR15965 - Sistema de classificação da informação da construção**, Brasil, 2011.

BABIČ, N. C.; PODBREZNIK, P.; REBOLJ, D. Integrating resource production and construction using BIM. **Automation in Construction**, v. 19, n. 5, p. 539-543, 2010.

BARLISH, K.; SULLIVAN, K. How to measure the benefits of BIM - A case study approach. **Automation in Construction**, v. 24, p. 149-159, 2012.

BRILAKIS, I.; FATHI, H.; RASHIDI, A. Progressive 3D reconstruction of infrastructure with videogrammetry. **Automation in Construction**, v. 20, n. 7, p. 884-895, 2011.

BIM INDUSTRY WORKING GROUP, **Strategy Paper for the Government** Construction Client Group, Reino Unido, 2011.

BRITISH STANDARDS INSTITUTE, **Digital Built Britain. Level 3 Building Information Modelling** – Strategic Plan, Reino Unido, 2015

BRITISH STANDARDS INSTITUTE, **PAS 1192**, Reino Unido, 2015.

BUILDINGSMART ALLIANCE, National Institute of Building Sciences, **National BIM Standard – United States Version 3**. Washington, D.C., Estados Unidos da América, 2015.

CHENG, T.; TEIZER, J. Real-time resource location data collection and visualization technology for construction safety and activity monitoring applications. **Automation in Construction**, v. 34, p. 3-15, 2013.

CHERF, R. **Introduction to construction management and the "built environment"**. 2011. 37 p. Notas de Aula.

CHI, H. L.; KANG, S. C.; WANG, X. Research trends and opportunities of augmented reality applications in architecture, engineering, and construction. **Automation in Construction**, v. 33, p. 116-122, 2013.

DeWalt, K. M.; DeWalt, B. R. **Participant observation: A guide for fieldworkers**. Lanham, Md, USA: Rowman & Littlefield, 2011.

DAVIES, R.; HARTY, C. Implementing 'site BIM': A case study of ICT innovation on a large hospital project. **Automation in Construction**, v. 30, p. 15-24, 2013.

EADIE, R. et al. BIM implementation throughout the UK construction project lifecycle: An analysis. **Automation in Construction**, v. 36, p. 145-151, 2013.

EASTMAN, C. M. et al. Exchange model and exchange object concepts for implementation of national BIM standards. **Journal of Computing in Civil Engineering**, v. 24, n. 1, p. 25-34, 2010.

EASTMAN, C, et al. **BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors**. John Wiley & Sons, 2011.

Fink, A., **Conducting Research Literature Reviews**. 2 ed. Los Angeles, USA: SAGE, 2005.

FREITAS, H. et al. O método de pesquisa survey. São Paulo, Brasil: **Revista de administração da USP**, v. 35 n.3, p. 105-112, 2000.

GARZA-REYES, J. A. Lean and green - a systematic review of the state of the art literature. **Journal of Cleaner Production**, 102, p. 18-29, 2015.

GOVERNO DE SANTA CATARINA, **Caderno de Apresentação de projetos BIM**, Brasil, 2014.

GRILO, A.; JARDIM-GONCALVES, R. Value proposition on interoperability of BIM and collaborative working environments. **Automation in Construction**, v. 19, n. 5, p. 522-530, 2010.

_____. Challenging electronic procurement in the AEC sector: A BIM-based integrated perspective. **Automation in Construction**, v. 20, n. 2, p. 107-114, 2011.

GU, N.; LONDON, K. Understanding and facilitating BIM adoption in the AEC industry. **Automation in Construction**, v. 19, n. 8, p. 988-999, 2010.

HÄKKINEN, T.; BELLONI, K. Barriers and drivers for sustainable building. **Building Research and Information**, v. 39, n. 3, p. 239-255, 2011.

HOUAISS, A. et al. **Dicionário Houaiss da língua portuguesa**. Rio de Janeiro, Ed. Objetiva, 2007.

HM GOVERNMENT, **Industrial strategy: government and industry in partnership. Building Information Modelling**, Reino Unido, 2012.

HU, Z.; ZHANG, J. BIM- and 4D-based integrated solution of analysis and management for conflicts and structural safety problems during construction: 2. Development and site trials. **Automation in Construction**, v. 20, n. 2, p. 155-166, 2011.

IRIZARRY, J.; KARAN, E. P.; JALAEI, F. Integrating BIM and GIS to improve the visual monitoring of construction supply chain management. **Automation in Construction**, v. 31, p. 241-254, 2013.

ISIKDAG, U.; UNDERWOOD, J. Two design patterns for facilitating Building Information Model-based synchronous collaboration. **Automation in Construction**, v. 19, n. 5, p. 544-553, 2010.

JARDIM-GONCALVES, R.; GRILO, A. SOA4BIM: Putting the building and construction industry in the Single European Information Space. **Automation in Construction**, v. 19, n. 4, p. 388-397, 2010.

JUNG, Y.; JOO, M. Building information modelling (BIM) framework for practical implementation. **Automation in Construction**, v. 20, n. 2, p. 126-133, 2011.

KIM, C.; KIM, C.; SON, H. Automated construction progress measurement using a 4D building information model and 3D data. **Automation in Construction**, v. 31, p. 75-82, 2013.

KIVINIEMI, A., et al **Review of the Development and Implementation of IFC compatible BIM**. Erabuild, 2008, 128 p.

KLEIN, L.; LI, N.; BECERIK-GERBER, B. Imaged-based verification of as-built documentation of operational buildings. **Automation in Construction**, v. 21, n. 1, p. 161-171, 2012.

LEE, S. I.; BAE, J. S.; CHO, Y. S. Efficiency analysis of Set-based Design with structural building information modeling (S-BIM) on high-rise building structures. **Automation in Construction**, v. 23, p. 20-32, 2012.

LEITE, F. et al. Analysis of modeling effort and impact of different levels of detail in building information models. **Automation in Construction**, v. 20, n. 5, p. 601-609, 2011.

LINDEROTH, H. C. J. Understanding adoption and use of BIM as the creation of actor networks. **Automation in Construction**, v. 19, n. 1, p. 66-72, 2010.

MANZIONE, Leonardo. **Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM. 2013.** Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

MOTAWA, I.; ALMARSHAD, A. A knowledge-based BIM system for building maintenance. **Automation in Construction**, v. 29, p. 173-182, 2013.

MOUM, A. Design team stories: Exploring interdisciplinary use of 3D object models in practice. **Automation in Construction**, v. 19, n. 5, p. 554-569, 2010.

PARK, C. S. et al. A framework for proactive construction defect management using BIM, augmented reality and ontology-based data collection template. **Automation in Construction**, v. 33, p. 61-71, 2013.

PAUWELS, P. et al. A semantic rule checking environment for building performance checking. **Automation in Construction**, v. 20, n. 5, p. 506-518, 2011.

PETERSON, F. et al. Teaching construction project management with BIM support: Experience and lessons learned. **Automation in Construction**, v. 20, n. 2, p. 115-125, 2011.

POPOV, V. et al. The use of a virtual building design and construction model for developing an effective project concept in 5D environment. **Automation in Construction**, v. 19, n. 3, p. 357-367, 2010.

PORWAL, A.; HEWAGE, K. N. Building Information Modeling (BIM) partnering framework for public construction projects. **Automation in Construction**, v. 31, p. 204-214, 2013.

OWEN, R. **CIB White Paper on IDDS Integrated Design and Delivery Solutions**. Rotterdam: CIB, 2009, 14 p.

OWEN, R. et al. Challenges for Integrated Design and Delivery Solutions. **Architectural Engineering and Design Management**, v.6, p.232-240, 2010.

REDMOND, A. et al. Exploring how information exchanges can be enhanced through Cloud BIM. **Automation in Construction**, v. 24, p. 175-183, 2012.

SACKS, R. et al. The Rosewood experiment - Building information modeling and interoperability for architectural precast facades. **Automation in Construction**, v. 19, n. 4, p. 419-432, 2010a.

SACKS, R.; et al. Requirements for building information modeling based lean production management systems for construction. **Automation in Construction**, v. 19, n. 5, p. 641-655, 2010b.

SACKS, R.; **Evento do Dia do Gerente de Projetos**. Universidade de Tecnologia de Tallinn, 2012.

SHEN, W.; SHEN, Q.; SUN, Q. Building Information Modeling-based user activity simulation and evaluation method for improving designer-user communications. **Automation in Construction**, v. 21, n. 1, p. 148-160, 2012.

SILVA, Leonardo Toledo da. **Contratos de aliança: direito empresarial e ambiente cooperativo**. 2015. Tese (Doutorado em Direito Comercial) - Faculdade de Direito, University of São Paulo, São Paulo, 2015.

SILVA, M.R.; HAYASHI, C.R.M.; HAYASHI, M.C.P.I. Análise bibliométrica e cientométrica: desafios para especialistas que atuam no campo. **InCID: Rev. Cienc. Inf. Doc.**, v. 2, n. 1, p. 110-129, 2011.

SINGH, V.; GU, N.; WANG, X. A theoretical framework of a BIM-based multi-disciplinary collaboration platform. **Automation in Construction**, v. 20, n. 2, p. 134-144, 2011.

SOARES, M.B.; MACIEL, F. **Alfabetização**. Brasília: MEC/INEP/Comped, 2000.

ROMANOWSKI, J. P.; ENS, R. T. As pesquisas denominadas do tipo “estado da arte” em educação. **Revista Diálogo Educacional**, v. 6, n.19, p. 37-50, 2006.

TANG, P. et al. Automatic reconstruction of as-built building information models from laser-scanned point clouds: A review of related techniques. **Automation in Construction**, v. 19, n. 7, p. 829-843, 2010.

TAYLOR, J. E.; BERNSTEIN, P. G. Paradigm Trajectories of Building Information Modeling Practice in Project Networks, **Journal of management in engineering**. V.25, n.2, p.8, 2009.

TRANFIELD, D. et al. Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review.

British Journal of Management, v. 14, n. 3, p. 207-222, 2003.

VAN NEDERVEEN, G.A.; TOLMAN, F. Modelling Multiple Views on Buildings. **Automation in Construction**, v.1, n. 3, p. 215-224, 1992

WANG, X. et al. A conceptual framework for integrating building information modeling with augmented reality. **Automation in Construction**, v. 34, p. 37-44, 2013.

XIONG, X. et al. Automatic creation of semantically rich 3D building models from laser scanner data. **Automation in Construction**, v. 31, p. 325-337, 2013.

YIN, Robert K.. **Case study research: design and methods**. 5 ed. Los Angeles, USA: SAGE Publications, 2014

ZHANG, S. et al. Building Information Modeling (BIM) and Safety: Automatic Safety Checking of Construction Models and Schedules. **Automation in Construction**, v. 29, p. 183-195, 2013.

ZHILIANG, M. et al. Application and extension of the IFC standard in construction cost estimating for tendering in China. **Automation in Construction**, v. 20, n. 2, p. 196-204, 2011.

Apêndices

Apêndice A – Survey em inglês

Survey - Guidelines for BIM implementation on small and medium-sized enterprises

This research aims to validate a set of guidelines for the implementation of BIM in small businesses from a study conducted by literature research and empirical studies. Please provide some personal and professional information and then answer this small research. All information will be kept confidential.

How old are you?

- ☐ 18 or younger
- ☐ 18 to 25
- ☐ 26 to 30
- ☐ 31 to 40
- ☐ 41 to 50
- ☐ 51 to 60
- ☐ 60 or older

Where are you from? _____

What is your education?

- ☐ High School
- ☐ Technical High School
- ☐ College
- ☐ Bachelor's degree
- ☐ Master's incomplete
- ☐ Master's degree
- ☐ Doctorate incomplete
- ☐ Doctorate degree
- ☐ Post Doctorate

How many years of experience with BIM do you have?

- ☐ Less than 1 year
- ☐ 1 to 2 years
- ☐ 3 to 4 years
- ☐ More than 4 years
- ☐ No experience

In which stages have you experienced or observed the use of BIM?

- ☐ Basic Design
- ☐ Executive Design with one discipline
- ☐ Executive Design with some disciplines integrated
- ☐ Construction
- ☐ Operation / Maintenance
- ☐ Did not experience or not observed
- ☐ Other: _____

Position / Funtion: _____

Gender:

- ☐ Male
- ☐ Female

What type of project have you participated or participate in?

- ☐ Building
- ☐ Infraestructure
- ☐ Industrial
- ☐ Other: _____

Please check the degree of relevance, in your opinion, of each guideline indicated in the statements below.

Fill blank if you can't answer or if it does not apply for you.

1 - To avoid difficulties with different expectations, it is important to have alignment between disciplines, suppliers and customers.

Little relevant ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 Very relevant

2 - To avoid difficulties with the design documentation, it is important to define well what will be delivered, including one should imperatively set this requirement in the contract.

Little relevant ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 Very relevant

3 - The lack of interdisciplinary collaboration can be solved by setting the flow of information in advance, connecting workflows with respective heads of the different disciplines, suppliers and customers.

Little relevant ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 Very relevant

4 - To combat the lack of interoperability between software, one should specify default language and select the most appropriate tools to be adopted in the project, these tools must be pre-tested with previous projects or small sample size.

Little relevant ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 Very relevant

5 - For small businesses it is important to seek external technical support for information technology before the start of the project and conduct tests of all exchanges that occur during the project.

Little relevant ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 Very relevant

6 - Attention should be paid to the limitations of the software to automatically capture the form being modeled. It is necessary to make tests with the technology that will be used to verify the achievement of the expected result.

Little relevant ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 Very relevant

7 - One should train professionals in new strategic BIM tools, in which they have no knowledge and with that advance the BIM maturity levels continuously and incrementally.

Little relevant ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 Very relevant

8 - It should be demonstrated the benefits of using BIM to achieve the engagement of professionals, particularly to the leaders that will decide whether or not to use the BIM methodology.

Little relevant ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 Very relevant

9 - A systematic knowledge management must be used so the acquired knowledge is not lost after the end of a project and that lessons learned are utilized in the following projects.

Little relevant ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 Very relevant

Apêndice B – Survey em português

Survey - Diretrizes para implantação do BIM em pequenas e médias empresas

Essa pesquisa tem o objetivo de validar diretrizes definidas para a implantação do BIM em pequenas empresas a partir de estudo realizado através de pesquisa bibliografia e estudo empírico. Favor fornecer algumas informações pessoais e profissionais e em seguida responder a pequena pesquisa. Todas as informações serão mantidas em sigilo.

Qual é a sua idade?

- ☐ Menos de 18
- ☐ 18 a 25
- ☐ 26 a 30
- ☐ 31 a 40
- ☐ 41 a 50
- ☐ 51 a 60
- ☐ acima de 60

De que país você é? _____

Qual é a sua escolaridade?

- ☐ Ensino Médio
- ☐ Ensino Médio Técnico
- ☐ Ensino Superior Incompleto
- ☐ Ensino Superior Completo
- ☐ Mestrado Incompleto
- ☐ Mestrado Completo
- ☐ Doutorado Incompleto
- ☐ Doutorado Completo
- ☐ Pós-doutorado

Quanto anos de experiência com o BIM você tem?

- ☐ Menos de 1 ano
- ☐ 1 a 2 anos
- ☐ 3 a 4 anos

☐ Mais de 4 anos.

☐ Nenhuma experiência

Em quais fases você vivenciou ou observou o uso do BIM?

☐ Projeto Básico

☐ Projeto Executivo de uma disciplina

☐ Projeto Executivo com diversas disciplinas integradas

☐ Construção

☐ Operação / Manutenção

☐ Não vivenciei ou não observei

☐ Outro: _____

Cargo / Função: _____

Gênero

☐ Masculino

☐ Feminino

Tipo de projeto que participou ou participa

☐ Edificações

☐ Infraestrutura

☐ Industrial

☐ Outro: _____

Favor marcar o grau de relevância, na sua opinião, de cada diretriz apontada nas afirmações abaixo.

1 - Para evitar dificuldades com diferentes expectativas é importante que haja alinhamento entre disciplinas, fornecedores e clientes.

Pouco relevante ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 Muito relevante

2 - Para evitar dificuldades com documentação de projeto é importante que seja clara a definição da forma em que o projeto será entregue, inclusive deve-se impreterivelmente definir este requisito em contrato.

Pouco relevante ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 Muito relevante

3 - A falta de colaboração interdisciplinar pode ser solucionada definindo o fluxo de informação previamente, interligando os fluxos de trabalho com respectivos responsáveis das diferentes disciplinas, fornecedores e clientes.

Pouco relevante ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 Muito relevante

4 - Para se combater a falta de interoperabilidade entre softwares é necessário especificar linguagem padrão e selecionar as ferramentas mais adequadas para serem adotadas no projeto, essas ferramentas devem ser testadas previamente com projetos anteriores ou amostra reduzida.

Pouco relevante ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 Muito relevante

5 - Para pequenas empresas é importante buscar suporte técnico externo de tecnologia da informação antes do início do projeto e realizar testes de todas as trocas de dados que ocorrerão durante o projeto.

Pouco relevante ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 Muito relevante

6 - Deve-se atentar às limitações nos *softwares* de captura automática de formas no campo a serem modeladas. É necessário que testes sejam feitos com a tecnologia a ser usada para verificar o alcance ao resultado esperado.

Pouco relevante ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 Muito relevante

7 - Deve-se treinar os profissionais em novas ferramentas BIM estratégicas em que não haja conhecimento e com isso avançar nos níveis de maturidade BIM, de forma contínua e incremental.

Pouco relevante ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 Muito relevante

8 - Deve-se demonstrar os benefícios do uso do BIM para conseguir o engajamento dos profissionais, principalmente os líderes, que escolhem utilizar ou não a metodologia BIM.

Pouco relevante ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 Muito relevante

9 - Deve-se utilizar a gestão do conhecimento sistemática para que o conhecimento não seja perdido após o fim de um projeto e que as lições aprendidas sejam aproveitadas nos projetos seguintes.

Pouco relevante ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 Muito relevante