



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

**DIFICULDADES PARA A IMPLANTAÇÃO DE *SOFTWARES*
INTEGRADORES DE PROJETO (BIM) POR USUÁRIOS DA CIDADE
DE ARACAJU / SERGIPE**

Aluno: Marcelo Augusto Costa Maciel

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Débora de Gois Santos

São Cristóvão (SE)

Fevereiro, 2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

**DIFICULDADES PARA A IMPLANTAÇÃO DE SOFTWARES
INTEGRADORES DE PROJETO (BIM) POR USUÁRIOS DA CIDADE
DE ARACAJU / SERGIPE**

Autor: Marcelo Augusto Costa Maciel

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, como requisito parcial à obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Débora de Gois Santos

São Cristóvão (SE)

Fevereiro de 2014

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

M152d Maciel, Marcelo Augusto Costa
Dificuldades para a implantação de softwares integradores de projeto (BIM) por usuários da cidade de Aracaju - Sergipe / Marcelo Augusto Costa Maciel ; orientadora Débora de Góis Santos. – São Cristóvão, 2014.
98 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Sergipe, 2014.

1. Engenharia civil. 2. Software. 3. Mecanismos de controle. 4. Construção civil – Aracaju (SE). I. Santos, Débora de Góis, orient. II. Título.

CDU 624:004.4(813.7)

MARCELO AUGUSTO COSTA MACIEL

DIFICULDADES PARA A IMPLANTAÇÃO DE SOFTWARES INTEGRADORES DE PROJETO (BIM) POR USUÁRIOS DA CIDADE DE ARACAJU / SERGIPE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Sergipe como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, Universidade Federal de Sergipe.

São Cristóvão, 21 de fevereiro de 2014.

BANCA EXAMINADORA:

Prof^a. Dr^a Débora de Gois Santos
Orientadora

Prof^a. Dr^a. Angela Teresa Costa Sales – DEC/UFS
1^a Examinadora

Prof^a. Dr^a Rozana Rivas de Araújo – DAU/UFS
2^a Examinadora

A meus pais Marcelo e Laís, a meus irmãos e, em especial, a minha companheira de todas as horas, Josi. Sem o apoio e compreensão de vocês, esta jornada, com certeza, teria sido mais difícil.

AGRADECIMENTOS

Após diversos anos na carreira docente, em 2012, finalmente decidi enfrentar o desafio de fazer o mestrado. Para que esta jornada fosse exitosa, alguns fatores foram primordiais e não devem passar despercebidos.

A criação do PROEC, no ano de 2010, com o início de suas atividades no primeiro semestre de 2011;

A participação no V TIC, em Salvador, no ano de 2011, me abriu os olhos para esta nova tecnologia que estava sendo adotada e que trazia consigo tantos recursos para o desenvolvimento da indústria da construção civil;

A parceria com minha orientadora, Débora, que, antes do mestrado já demonstrava ser uma ótima colega de trabalho e, com o desenvolvimento deste trabalho, se revelou uma excelente parceira de pesquisa: comprometida, interessada e sempre andando ao nosso lado, trocando experiências e dando novas ideias. Seguramente, esta parceria foi fundamental para o sucesso deste trabalho.

O apoio incondicional de minha esposa, Josi, que está sempre ao meu lado, inclusive na carreira acadêmica. Seu apoio é sempre importante para mim e me ajuda a enfrentar novos desafios.

Não poderia deixar de agradecer a toda a equipe do PROEC, com destaque aos professores das disciplinas que cursei, Alcigeimes, Angela, Claudia, Débora, Erinaldo, Gisélia, e Suzana, pelos conhecimentos passados nas aulas e fora delas, e pela compreensão nas minhas ausências;

Aos colegas que trabalharam junto comigo, no desenvolvimento dos trabalhos das disciplinas e nas diversas conversas que sempre contribuíram para um bom resultado nesta aventura. Em especial, gostaria de registrar meu agradecimento a Victor e a Anselmo;

Os arquitetos e urbanistas Felipe Contier e Wagner Conde, que me receberam em seus escritórios e contribuíram profundamente no entendimento sobre o tema;

Aos arquitetos e urbanistas e engenheiros civis, além das empresas de construção que, através de seus representantes, tiveram a disponibilidade em responder aos questionários que serviram de base para este estudo.

A todos, meu **MUITO OBRIGADO!**

Walk on! Walk on!
What you got, they can't steal it
No, they can't even feel it
Walk on! Walk on!
Stay safe tonight

[...]

Walk on! Walk on!
What you got, they can't deny it
Can't sell it, or buy it
Walk on! Walk on!
You stay safe tonight

Adam Clayton / Bono / Larry Mullen, Jr. / The Edge

SUMÁRIO

RESUMO.....	11
ABSTRACT.....	12
1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Justificativa e Problema de pesquisa.....	13
1.2 Objetivos	15
1.2.1 Objetivo geral.....	15
1.2.2 Objetivos específicos	15
1.2.3 Delimitação do trabalho	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 Sistema Toyota de Produção e Construção Enxuta.....	17
2.2 Projeto	20
2.2.1 Projeto do Produto e Projeto para Produção.....	21
2.2.2 Projeto e Tecnologia da Informação.....	23
2.3 Projeto Simultâneo e Modelos Paramétricos.....	25
2.3.1 Projeto Simultâneo.....	25
2.3.2 Softwares paramétricos e BIM	27
2.3.3 Dificuldades na implantação do BIM	33
3 METODOLOGIA.....	36
3.1 Estratégias de Pesquisa	36
3.2 Ferramentas de pesquisa	38
3.3 Amostragem	42
4 RESULTADOS.....	44
4.1 Censo da Arquitetura e Urbanismo em Sergipe	44
4.2 Pesquisa sobre difusão e apropriação do paradigma BIM no Brasil	46
4.3 Panorama da aplicação do BIM no Brasil: referências de São Paulo e Rio de Janeiro	52
4.4 Empresas de Arquitetura e Urbanismo	58
4.5 Empresas de Engenharia que fazem projetos complementares	66
4.6 Empresas de Construção	70
4.7 Dificuldades para implantação da tecnologia BIM pelos agentes pesquisados	77
5 CONCLUSÃO	83
REFERÊNCIAS	86
Apêndice A - Questionário sobre a utilização do BIM em escritórios de Arquitetura em Sergipe.....	91
Apêndice B - Questionário sobre a utilização do BIM em escritórios de Engenharia, que desenvolvem projetos complementares em Sergipe.....	94
Apêndice C - Questionário sobre a utilização do BIM em empresas de Engenharia do Nordeste do Brasil	97

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Capacidade de influenciar o custo final de um empreendimento de edifício ao longo de suas fases.....	22
Figura 2 - Proposta de estruturação para a equipe multidisciplinar envolvida no desenvolvimento do projeto.....	27
Figura 3 - Nível de Conhecimento de Informática dos profissionais de arquitetura e urbanismo.....	45
Figura 4 - Domínio dos <i>softwares</i> por profissionais de arquitetura e urbanismo.....	45
Figura 5 - Áreas de atuação nos últimos 2 anos dos profissionais de arquitetura e urbanismo (SE).....	46
Figura 6- Área de Atuação dos profissionais de arquitetura e urbanismo.....	59
Figura 7–Estrutura do Escritório de projeto.....	60
Figura 8- Tempo dedicado para o desenvolvimento de projetos (meses).....	61
Figura 9 - Responsável pela compatibilização nos escritórios de projeto.....	63
Figura 10 - Causas para as perdas nos escritórios de projeto.....	64
Figura 11 - Necessidade de ajustes nos projetos dos escritórios de projeto.....	65
Figura 12 - Área de Atuação das empresas que trabalham com projetos complementares.....	66
Figura 13 – Estrutura do Escritório de projetos complementares.....	66
Figura 14- Tempo dedicado para o desenvolvimento de projetos (meses).....	67
Figura 15 - Responsável pela compatibilização nos escritórios de projetos complementares.....	68
Figura 16 - Causas para as perdas nos escritórios de projeto.....	69
Figura 17 - Necessidade de ajustes nos projetos dos escritórios de projeto.....	70
Figura 18 - Área de Atuação das empresas construtoras.....	71
Figura 19 - Estrutura técnica das empresas construtoras.....	71
Figura 20 – Projetos Desenvolvidos / Contratados pelas empresas construtoras.....	72
Figura 21 - Responsável pela compatibilização dos projetos nas empresas construtoras ...	74
Figura 22 - Tipos de perdas no projeto que a empresa construtora tem?.....	75
Figura 23 - Quais são as causas para as perdas nas empresas construtoras relacionadas a projetos?.....	75
Figura 24 - Necessidade de ajustes nos projetos.....	76

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - As sete perdas no Escritório de Projeto	20
Quadro 2 – Níveis de adoção do BIM versus dimensões versus características de cada estágio de adoção	31
Quadro 3 - Ferramentas de Pesquisa:	39
Quadro 4 – Palavras relacionadas às dificuldades na adoção e difusão do BIM.....	49
Quadro 5 – Questões mais citadas das dimensões: gerencial e cultural.....	82

RESUMO

O sistema CAD é utilizado no desenvolvimento dos projetos de um empreendimento imobiliário desde a década de 1990. Mais recentemente, a tecnologia BIM vem sendo implementada nesta tarefa. O objetivo deste trabalho é analisar quais são as maiores dificuldades para se implantar a tecnologia BIM nos escritórios de arquitetura e urbanismo, nos escritórios que desenvolvem projetos complementares e nas empresas construtoras, em cidades do Nordeste do Brasil. Estas ferramentas trabalham com modelagem do edifício e trazem uma vasta quantidade de informações incorporadas ao projeto, o que auxilia no processo de decisão e na minimização das perdas no desenvolvimento de empreendimentos imobiliários. Para isto, foi avaliada a atuação de escritórios de arquitetura e urbanismo, de escritórios de projetos complementares e empresas incorporadoras e construtoras em cidades do Nordeste, por meio de entrevistas estruturadas e pesquisa documental. Também foram realizadas entrevistas com empresas do Sudeste que já utilizam a ferramenta, a fim de se entender a extensão do uso do BIM no Brasil. Pesquisou-se estrutura organizacional, perfil dos profissionais envolvidos, grau de implantação e metodologia usada para o desenvolvimento de projetos. Incluiu-se a relação com os projetos complementares e foram buscadas as ações que contribuirão para a redução de perdas. Verificou-se que existe resistência na adoção de *softwares* BIM, pois quem o utiliza no desenvolvimento dos projetos, apresenta o produto aos clientes por meio do CAD. Observou-se ainda que os projetistas, apesar de identificarem algumas perdas no desenvolvimento de seus trabalhos, não têm conhecimento dos princípios enxutos, nem de como eles poderiam melhorar o desenvolvimento de seus trabalhos. Quanto às empresas da área de incorporação e construção, nas pesquisas iniciais, foi observado que, apesar de terem conhecimento dos conceitos da construção enxuta, também não adotaram a prática de desenvolver seus empreendimentos com *softwares* BIM. Por se tratar de um tema extenso, este trabalho se restringe às fases de projeto e planejamento dos empreendimentos estudados. Espera-se que, havendo uma maior cobrança sobre o uso do BIM pelos contratantes ou órgãos financiadores, este recurso será utilizado mais frequentemente em cidades do Nordeste brasileiro.

Palavras-chave: BIM, Modelagem Integrada do Edifício. Perdas. Construção Enxuta. CAD.

ABSTRACT

CAD system is used in the development of a real estate projects since the 1990s. More recently, BIM has been implemented in this task. The aim of this work is to analyze what are the main difficulties to implement BIM in architecture and urban planning offices, offices that develop complementary designs and construction companies in cities of Northeast Brazil. These tools work on modeling of the building and bring a vast amount of information incorporated into the project, which helps in decision-making and minimizing wastes in real estate development. For this, the performance of architecture and urbanism offices, offices that develop complementary designs and construction companies in cities of Northeast was evaluated through structured interviews and documentary research. Interviews with companies in the Southeast, that already use the tool in order to understand the extent of the use of BIM in Brazil were also performed. It was searched the organizational structure, profile of the professionals involved, degree of implementation and the methodology used for the projects development. It's been included the relationship with the complementary projects and actions were pursued that contribute to the waste reduction. It was found that there is strength in the adoption of BIM software, because who uses it in the projects development, presents the product to customers through CAD. It was also observed that designers, despite identifying some wastes in the development of their work, have no knowledge of lean principles, or how they could improve the development of their work. For the companies in the development and construction area, the initial research observed that, despite having knowledge of the lean construction concepts, also did not adopt the practice to develop their projects with BIM software. Since this is an extensive topic, this research it is restricted to the design and planning stages of the operations studied. It is expected that with a higher charge on the use of BIM by contractors or funding agencies, this resource will be used more often in cities of the Brazilian Northeast.

Keywords: BIM, Building Integrated Modeling. Wastes. Lean Construction. CAD.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Justificativa e Problema de pesquisa

A indústria da construção civil necessita criar meios para otimizar a sua produção. Para tanto, desenvolve novas tecnologias, a fim de reduzir perdas devidas a retrabalho e, conseqüentemente, reduzir os custos de produção, podendo então produzir com mais qualidade e eficiência.

Nos últimos anos, vários estudos foram desenvolvidos com a intenção de melhorar processos, integrando os diferentes projetos envolvidos, a fim de dar mais segurança aos empreendedores, quando da tomada de decisão, a exemplo das pesquisas de Fabricio e Melhado (1998), Fabricio; Baía e Melhado (1998), Sacks et al. (2009), Cheng e Law (2002), Goes e Santos (2011) e Bahtla e Leite (2012), dentre outros. Além disto, a utilização de novas ferramentas que otimizem a programação das etapas de uma obra, tais como a chegada de materiais no canteiro, ao tempo em que forem necessários para sua aplicação, também contribuem para que se tenha um melhor controle do fluxo da execução do empreendimento.

Contribuindo para esta evolução, os conceitos de Projeto Simultâneo têm como finalidade a realização em paralelo de várias “etapas” do processo de desenvolvimento de produto, de forma a reduzir o tempo de projeto e ampliar a integração entre as interfaces de projetos (FABRICIO; MELHADO, 1998).

A evolução tecnológica, em especial no que se refere ao desenvolvimento de *hardwares* e *softwares*, tem contribuído para o avanço na área de projetos e construção de empreendimentos de todos os portes. Com o desenvolvimento de programas de Desenho Auxiliado por Computador (CAD, na sigla em inglês), no início da década de 1980, houve um ganho em produtividade, mas, ainda assim, a representação técnica dos projetos continuou sendo pouco amigável para os que não são acostumados a trabalhar com esta técnica.

Recentemente, começou a ser utilizada a Modelagem da Informação da Construção, conhecida como tecnologia BIM (*Building Information Modeling*), que agrega uma grande quantidade de informações ao modelo trabalhado, uma vez que várias disciplinas são integradas em um único modelo, que é compartilhado entre todos os profissionais envolvidos no projeto.

Segundo Goes e Santos (2011), os *softwares* BIM podem integrar um grande número de informações em um único banco de dados paramétrico, no qual vários profissionais trabalham simultaneamente em um mesmo arquivo, a partir do qual são geradas as diversas plantas e planilhas que compõem o empreendimento. Esses *softwares* contribuem significativamente para que se minimizem os conflitos entre os diversos projetos, uma vez que todos os participantes do projeto têm acesso imediato às atualizações, evitando assim que informações conflitantes atrapalhem seu desenvolvimento.

Entre as novas tecnologias e técnicas gerenciais, destaca-se a difusão da Engenharia simultânea, que se baseia na execução de tarefas em paralelo e na troca de informações de forma constante e eficaz entre os diversos agentes do processo, tendo como suporte o uso da tecnologia da informação (TI) (SOUZA, 2009).

A utilização do *Last Planner System*TM, sistema de controle da produção desenvolvido pelo Instituto da Construção Enxuta ou *Lean Construction Institute* (LCI), é outro sistema de planejamento que vem a somar no desafio de se reduzirem as falhas quando da implantação de um empreendimento. Neste sistema, são feitas reuniões periódicas, envolvendo as equipes de projeto e de execução, nas quais se definem cronogramas com antecedência de seis semanas. Estes cronogramas são revistos e atualizados semanalmente, a fim de se chegar a uma previsão mais realista para a execução, fazendo os ajustes que forem necessários para que as falhas e os atrasos sejam minimizados (BHATLA; LEITE, 2012).

De acordo com Ballard (2008) apud Bahtla e Leite (2012) e Ballard (2000), o controle promovido pelo *Last Planner System*TM significa chegar a um cronograma desejado a partir da identificação das variações entre o que é planejado e o que é efetivamente executado.

Estes são alguns exemplos do que vem sendo estudado recentemente com a intenção de dar mais segurança aos envolvidos em empreendimentos imobiliários, e que, por estarem ainda em implantação, especialmente no Brasil, ainda não geraram dados consistentes quanto aos resultados obtidos. Algumas dessas tecnologias já são amplamente utilizadas em indústrias de grande porte, como a automobilística e a aeronáutica, mas ainda são incipientes na construção civil.

Assim, ao serem aplicadas novas tecnologias de informação para a elaboração e execução de projetos nos empreendimentos, conforme identificado em pesquisas bibliográficas, questiona-se: quais as principais dificuldades para a implantação destes *softwares* de integração de projetos por escritórios de projeto e por empresas construtoras e incorporadoras que atuam em cidades da região Nordeste; quais os tipos de perda que acontecem nos processos de elaboração de projeto de arquitetura e nos projetos

complementares; e como a tecnologia BIM pode contribuir com o melhor aproveitamento de tempo e de recursos.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Investigar as principais dificuldades para a implantação da tecnologia BIM, por escritórios de projetos e por empresas construtoras e incorporadoras na cidade de Aracaju / Sergipe.

1.2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos da presente pesquisa são:

- Mostrar a interação entre as diversas especialidades de projeto e como podem ser eliminadas interferências na fase construtiva;
- Confrontar os depoimentos de agentes do processo de projeção que utilizam o BIM, com os usuários de projeto;
- Correlacionar a integração de projetos com os tipos de perdas no projeto e nas etapas de planejamento da produção;
- Avaliar o estágio da implantação do *software* integrador em cidades do Nordeste do Brasil
- Identificar as consequências de sua implantação nos empreendimentos, para o melhor aproveitamento de tempo e de recursos;
- Avaliar a viabilidade técnica de utilização desta tecnologia;
- Investigar as dificuldades dos profissionais de projeto que ainda não utilizam a tecnologia BIM;
- Traçar o perfil dos profissionais dos escritórios de projeto que utilizam ou pensam em utilizar um *software* integrador.

1.2.3 Delimitação do trabalho

O presente trabalho abordou a integração das etapas de projeto e execução de empreendimentos imobiliários através do uso de *softwares* BIM. Dentre os projetos estudados, estão o arquitetônico, o projeto estrutural, o de instalações elétricas e

hidrossanitárias, assim como as possíveis interferências que possam aparecer durante a fase de projeto, servindo de base para a análise da aplicabilidade destes *softwares*.

Assim, por ser uma área nova, que ainda está em implantação, pelo menos na região Nordeste do Brasil, o trabalho não se estenderá às etapas de construção e pós-ocupação, avaliando apenas seu desempenho na etapa de projeto, discutindo e verificando a contribuição de ferramentas de projeto integradoras do processo, como a tecnologia BIM, segundo a visão dos responsáveis pelo projeto arquitetônico, pelos projetos complementares e dos usuários desses (engenheiros de obras).

A pesquisa também não pretende avançar para outros projetos complementares, tais como lógica, drenagem e mecânico.

Desta forma, por ser uma ferramenta que deve ser utilizada desde os primeiros momentos do empreendimento, desde a tomada de decisão, o trabalho focou especialmente nas etapas de projeto e planejamento da obra.

O trabalho restringe-se a escritórios de projeto de algumas capitais da região Nordeste (Maceió, Recife, Natal, Salvador e São Luís), em especial da cidade de Aracaju (Sergipe) e a empresas construtoras, usuárias destes projetos. Na cidade de Aracaju foram pesquisados escritórios que utilizam, ou não, a tecnologia BIM. Para as demais cidades, foram entrevistados profissionais que trabalham em escritórios e empresas construtoras de destaque na região em que atuam, mesmo que ainda não utilizem este recurso.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Sistema Toyota de Produção e Construção Enxuta

A construção enxuta se refere à aplicação e adaptação dos conceitos e princípios do Sistema Toyota de Produção (STP), cujo foco está na redução das perdas, aumento de valor para o consumidor e aperfeiçoamento contínuo (SACKS et al., 2009). Então, quando se produz um projeto com mais detalhes, tendo as diversas disciplinas integradas, tem-se como consequência uma antecipação nos problemas que podem aparecer na etapa de execução da obra, minimizando assim as perdas originadas na etapa de projeto e tornando o processo mais produtivo, uma vez que se reduzem as revisões durante a construção, que, muitas vezes, causam atrasos na obra, enquanto se esperam as soluções.

O conceito de perdas na construção civil é, com frequência, associado unicamente aos desperdícios de materiais. No entanto, as perdas estendem-se além deste conceito e devem ser entendidas como qualquer ineficiência que se reflita no uso de equipamentos, materiais, mão de obra e capital em quantidades superiores àquelas necessárias à produção da edificação. Neste caso, as perdas englobam tanto a ocorrência de desperdícios de materiais, quanto à execução de tarefas desnecessárias que geram custos adicionais e não agregam valor (FORMOSO et al., 1997).

Ohno (1997) e Shingo (1996) propõem sete classes de perdas para sustentar o processo sistemático de identificação e eliminação dessas. São perdas por:

a) Superprodução - usada para prevenção de defeitos que possam vir a acontecer, fabricando-se produtos em maior quantidade, produzindo antecipadamente e estocando até serem processadas (SHINGO, 1996);

b) Transporte - o transporte ou a movimentação de materiais é um processo que não agrega valor ao produto (SHINGO, 1996);

c) Processamento em si - perdas presentes na forma de parcelas do processamento;

d) Fabricação de produtos defeituosos;

e) Movimentação - decorrente de todo movimento desnecessário realizado pelos operadores com a finalidade de realizar uma tarefa;

f) Espera - perda na qual nenhum processo ou operação é realizado, ficando a peça na espera para seguir o processo;

g) Estoque - Devido à manutenção de estoques de matérias primas, materiais em processo ou produtos acabados.

Koskela (2004) cita a oitava categoria de perdas, *making-do*, que surge quando uma tarefa é iniciada, sem que todos os seus insumos estejam disponíveis, ou quando a execução de uma tarefa continua, mesmo quando um dos insumos necessários para sua realização acaba. Para operacionalizar o conceito de perdas, o STP apoia-se em pilares. Os pilares do Sistema Toyota de Produção, segundo Guinato (1996) e Guinato (1984) apud Silva et al. (2007), são o *just-in-time* (JIT) e a autonomação (JIDOKA).

O conceito *Just-in-time*, através do qual somente peças certas, na quantidade certa e no momento certo são fornecidas de um posto de trabalho para outro, foi desenvolvido, aperfeiçoado e ampliado por Ohno e Shingo, baseados nas ideias de Kiichiro Toyoda de manter as peças necessárias para a montagem de um automóvel ao lado da linha de montagem (GHINATO, 1996 apud SILVA et al., 2007, p.3).

O conceito de Autonomação foi disseminado por Ohno e inspirado nos mecanismos de parada automática, instalados em teares inventados por Sakichi Toyoda (GHINATO, 1994). Ela elimina a superprodução e evita a fabricação de produtos defeituosos, já que dá a máquina ou ao operador a autonomia de interromper a produção sempre que algo anormal seja detectado ou quando a quantidade planejada é atingida. (SILVA et al., 2007, p.4)

De acordo com Bahtla e Leite (2012), esforços de otimização são focados em fazer o fluxo de trabalho confiável, em oposição à melhoria da produtividade. Técnicas são utilizadas para governar o fluxo de materiais e informação através de redes colaborativas de especialistas.

Al Sehami et al. (2009) apud Santos et al. (2012) destacam que, na Construção Enxuta, planejamento e controle são considerados processos complementares e dinâmicos, mantidos durante o projeto, sendo considerados duas faces de uma mesma moeda. Desta forma, pode-se imaginar o ganho de produtividade que a utilização de *softwares* BIM poderá trazer para o desenvolvimento de um projeto.

O STP, ao ser estudado pelos americanos, deu origem à Produção Enxuta. Este modo de produção é caracterizado pelo pensamento enxuto. Os princípios do pensamento enxuto, estabelecidos por Womack e Jones (2003), apresentam-se como:

- Valor – definido pelo cliente, explicitado no atendimento dos requisitos estabelecidos de preço e tempo específico para o produto;
- Cadeia de valor – reúne as ações para produzir e entregar o produto ou serviço ao cliente, eliminando o que não agrega valor;
- Fluxo – revê o modo de trabalho e define o que de fato agrega valor ao processo;
- Puxar – o cliente puxa a produção e o mesmo ocorre com toda a cadeia de valor; e
- Perfeição – foco na melhoria contínua e transparência dos processos.

Koskela (2000) defende a adoção dos conceitos de transformação, fluxo e valor, pois em processos produtivos mais complexos, boa parte do custo de produção é gasto em atividades que não geram valor, tais como atividades de fluxo, em oposição às atividades que geram valor, que são as atividades de conversão. Com a mudança no modo de produção, passa-se a observar quais são as etapas que efetivamente geram valor e quais são as que não geram, pois estas deverão ser minimizadas ou até eliminadas, a fim de haver uma otimização na aplicação dos recursos na produção.

Koskela (1992) considera que o processo de produção consiste nas etapas de conversão, inspeção, espera e movimentação. Na maioria dos casos, apenas as etapas de conversão (processamento) são as que efetivamente geram valor ao produto. Ele também cita que o fluxo de um processo pode ser caracterizado por tempo, custo e valor, onde o valor significa o cumprimento dos requisitos do cliente. Então, para se ter mais eficiência no processo produtivo, é necessário se observar tanto o processo de conversão, quanto os fluxos.

A aplicação do Pensamento Enxuto (Womack; Jones, 2003), em processo de desenvolvimento de produtos, conduz as equipes de trabalho a um processo colaborativo com alto poder de conformidade e agregação de valor ao produto final, e com esforços dos participantes no combate de perdas que surgem em variadas formas, causando retrabalhos e aumento de custos (MORGAN; LIKER, 2008 apud NASCIMENTO et al., 2012).

O trabalho de Seraphim et al. (2010) apresenta uma adaptação dos tipos de perdas descritos na engenharia de produção e que são adotados pela construção enxuta, para promover melhorias nos processos (Quadro 1).

Aplicando-se os conceitos da construção enxuta, desde a fase de projeto, pode ser conquistada uma maior racionalidade nos processos, uma vez que diversos problemas, que atualmente são solucionados na fase de execução de um empreendimento imobiliário, passam a ser discutidos, avaliados e resolvidos na fase de planejamento da obra, evitando assim um maior custo e perdas desnecessárias.

Existe então o conceito de Engenharia Simultânea, que se refere a um processo de projeto caracterizado por uma análise prévia dos requisitos, a incorporação das restrições das fases subsequentes ainda na fase conceitual e ao controle de alterações até o fim do processo de projeto. Em comparação com o processo de projeção sequencial tradicional, ciclos de interação são transferidos para as fases iniciais entre os membros da equipe. A compressão no tempo de projeto, o aumento do número de interações e a redução do número de alterações são os três maiores objetivos da engenharia simultânea (KOSKELA, 1992).

Quadro 1 - As sete perdas no Escritório de Projeto

Tipo de perda	Escritório
Processamento sem valor	Uso incorreto de procedimentos ou sistemas inadequados, ao invés de abordagens simples e eficazes.
Superprodução	Geração de mais informação, em meio eletrônico ou papéis, além do que se faz necessário, ou antes, do correto momento.
Inventário (estoque)	Alto volume de informação armazenado (<i>buffer</i> sobrecarregado).
Defeito (fabricação de produtos defeituosos)	Erros frequentes de documentação, problemas na qualidade dos serviços ou baixa <i>performance</i> de entrega.
Transporte	Utilização excessiva de sistemas computacionais nas comunicações.
Movimentação	Movimentação excessiva de pessoas e informações.
Espera	Períodos de inatividade das pessoas e informações (aprovação de assinatura, aguardar fotocópias, esperar ao telefone).

Fonte: Adaptado de Seraphim et al. (2010).

Na sequência, serão discutidos os diferentes tipos de projeto e as diferentes tecnologias que podem ser adotadas nos seus desenvolvimentos.

2.2 Projeto

Segundo Fabricio (2002), o processo de Projeto envolve todas as decisões e formulações que visam subsidiar a criação e a produção de um empreendimento, indo da montagem da operação imobiliária, passando pela formulação do programa de necessidades e do projeto do produto até o desenvolvimento da produção, o projeto “*as built*” e a avaliação da satisfação dos usuários com o produto.

Ainda neste trabalho, o pesquisador define projetos para produção como aqueles responsáveis pela seleção da tecnologia construtiva para a realização de determinada parte ou subsistemas da obra. Envolve a definição de procedimentos e sequências de trabalho, bem como dos recursos materiais necessários, máquinas, ferramentas e materiais e componentes necessários (FABRICIO, 2002).

No processo de projeto, vários projetistas, consultores e agentes do empreendimento são mobilizados para contribuir. Cada agente participa com os seus interesses e

conhecimentos, de forma a desenvolver uma parte das decisões e formulações projetuais (FABRICIO, 2002).

Para Baccarini (1996) apud Tillmann (2012), os projetos de construção são tipicamente caracterizados pelo envolvimento de várias organizações independentes e diversificadas, tais como consultores e prestadores de serviços, por um período de tempo finito.

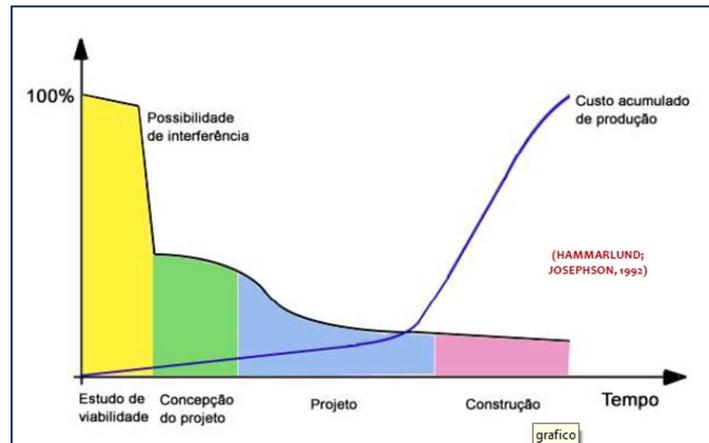
Ao longo do tempo, as decisões e a integração entre as interfaces, como ressalta Tahon (1997) apud Fabricio (2002), sempre podem ser aprimoradas, mas a necessidade de respeitar contratos, cronogramas e orçamentos determina uma data para o término do projeto.

Para Jouini; Midler (2000) apud Fabricio (2002), o projeto e o desenvolvimento de novos empreendimentos de construção ocorrem de forma fragmentada em três grandes etapas: a concepção do negócio - expressa na formulação do programa de necessidades; o projeto do produto edifício - traduzido nos projetos de arquitetura e de engenharia; e uma terceira fase em que se projeta a execução da obra.

2.2.1 Projeto do Produto e Projeto para Produção

Quando se pensa em executar um empreendimento, diversas fases devem ser cumpridas até a conclusão da obra. Em todas as etapas, existem custos associados e graus de interferência no andamento do serviço. Nas etapas iniciais, quando estão sendo definidos os parâmetros da edificação, o programa de necessidades e o projeto arquitetônico, a implicação das alterações no custo final do empreendimento é significativamente menor do que durante o andamento da construção, ou até no uso do mesmo (Figura 1) (FABRICIO, 2002).

Figura 1 – Capacidade de influenciar o custo final de um empreendimento de edifício ao longo de suas fases



Fonte: HAMMARLUND; JOSEPHSON (1992) apud Fabricio (2002)

Segundo Fabricio e Melhado (1998), na construção, um dos grandes obstáculos, com origens na cultura e práticas do setor, é justamente a pouca importância efetivamente atribuída aos projetos que, em muitos casos, são considerados como instrumentos necessários para o cumprimento das exigências legais (projetos legais) e de caracterização geral (pouco detalhada) do produto e de algumas de suas especialidades, como estrutura e instalações.

De acordo com Tillmann (2012), na indústria da construção, os maiores “desafios para gerar valor a partir de projetos de construção estão relacionados com a forma como a indústria opera tradicionalmente. Forgues e Koskela (2009) apontam a abordagem historicamente fragmentada e seqüencial para a construção. Koskela et al. (2006) afirmam que a incapacidade da indústria para se deslocar de um projeto seqüencial para o projeto integrado reside no contexto de negócios contraditório criado por métodos de contratação transacionais. Em uma transação, o vendedor é obrigado a entregar ao comprador um resultado especificado por um preço acordado. Risco e responsabilidade dos resultados são no ombro do vendedor, que não tem nenhum incentivo para a colaboração com outras partes contratantes na definição das soluções que melhor atendam resultados esperados” (TILLMANN, 2012, p.39).

Mesmo as especificações e os detalhamentos de produto, muitas vezes, são incompletos e falhos, sendo resolvidos durante a obra, quando a equipe de produção acaba decidindo sobre determinadas características do edifício não previstas em projeto (FABRICIO, BAÍA; MELHADO, 1998).

Uma das grandes dificuldades na indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) é a segregação existente entre as etapas de projeto e produção, gerando incompatibilidades entre o projeto e o sistema de produção da construtora. Os projetos em geral, caracterizam o produto sem a preocupação com a forma como será construído (FABRICIO, 2002).

Devido à grande influência do projeto sobre o produto final edificação, Barros (1999) apud Souza (2009) aponta o “projeto como elemento estratégico no processo de inovação tecnológica do setor de construção de edifícios, sendo o processo de projeto um elemento estratégico para se alcançar maior nível de competitividade”.

Para Nascimento e Santos (2003), na indústria da construção, o tratamento do fluxo de informações entre os vários agentes multidisciplinares dentro de todo o processo, é um dos fatores críticos para o sucesso de um empreendimento.

O maior aliado no desenvolvimento dos projetos vem a ser a utilização de *softwares* especializados em planejamento e gerenciamento de empreendimentos, que trazem maior racionalização na aplicação de recursos humanos e financeiros.

2.2.2 Projeto e Tecnologia da Informação

Para gerenciar um empreendimento, não é mais suficiente utilizar meios tradicionais, com os quais o gerente não tem controle satisfatório de todas as informações que fluem entre os agentes envolvidos (NASCIMENTO; SANTOS, 2003). Esta é a visão dominante atualmente.

A forte evolução da informática, ocorrida na segunda metade do século XX, levou ao desenvolvimento de equipamentos e *softwares* cada vez mais eficientes. O setor da construção civil se beneficiou com este avanço, com a adoção das planilhas eletrônicas, que auxiliam na fase de planejamento e gerenciamento dos empreendimentos, bem como dos programas gráficos, que deram mais velocidade ao desenvolvimento dos diferentes projetos associados aos empreendimentos imobiliários, tais como os projetos arquitetônicos, estruturais, de instalações, dentre outros (AYRES FILHO, 2009; FABRICIO, 2002).

Para Nascimento e Santos (2003), as empresas que adotam ferramentas colaborativas em seus projetos, sem considerá-las na sua estratégia de negócio, não têm a garantia de aumento de produtividade, pois estas ferramentas exigem que sejam alterados todo o modelo organizacional e o fluxo de informações do processo de projeto, além do fato de todos os parceiros do empreendimento terem que estar comprometidos com seu uso.

No trabalho de Laurindo et al. (2001), são encontrados alguns conceitos sobre tecnologia da informação:

O conceito de Tecnologia da Informação é mais abrangente do que os processamento de dados, sistemas de informação, engenharia de *software*, informática ou o conjunto de *hardware* e *software*, pois também envolve aspectos humanos, administrativos e organizacionais (KEEN, 1993apud LAURINDO et al., 2001, p.160).

Alguns autores, como Alter (1992), fazem distinção entre Tecnologia da informação e Sistemas da Informação, restringindo à primeira expressão apenas os aspectos técnicos, enquanto que à segunda corresponderiam as questões relativas ao fluxo de trabalho, pessoas e informações envolvidas. Outros autores, no entanto, usam o termo tecnologia da informação abrangendo ambos aspectos, como é a visão de Henderson e Venkatraman (1993) (LAURINDO et al., 2001, p.160-161).

Com o desenvolvimento de programas CAD, como já exposto anteriormente, no início da década de 1980, houve um ganho em produtividade, mas, ainda assim, a representação técnica dos projetos continuou sendo pouco amigável para os que não são acostumados a trabalhar com ela, uma vez que, segundo Ferreira (2007) apud Goes e Santos (2011), embora seja possível a introdução de automação no processo no CAD 2D, o resultado final é a representação abstrata que reduz todos os dados espaciais sobre o edifício a plantas, cortes e elevações.

Para Ibrahim et al. (2004) apud Ayres Filho e Scheer (2007), o foco da tecnologia desses CAD's esteve sempre direcionado para a solução do problema da representação digital da geometria e não necessariamente para a transmissão de informação através do desenho.

Segundo Souza (2009), os projetos de produto e produção devem ser realizados de forma simultânea, permitindo agregar ao projeto de produto a questão da construtibilidade, levando em conta aspectos relativos aos sistemas de produção empregados e à execução dos elementos propostos.

Na década de 1980, e boa parte da década de 1990, houve muita pesquisa no setor da construção para tentar solucionar o problema da falta de informação entre as várias equipes que participam de um empreendimento, uma vez que este fator contribuía para o baixo desempenho do setor (NASCIMENTO; SANTOS, 2003).

No contexto da construção civil, o aumento da complexidade dos processos acarretou na necessidade de inserção de uma mentalidade industrial, buscando a aplicação de soluções adotadas na indústria da manufatura. Neste sentido, a noção de modelagem de produto adotada por outras indústrias deu origem ao conceito *Building Information Modeling* (BIM), como uma modelagem que busca integrar todos os processos relacionados à construção do produto edificação (SOUZA et al., 2009).

Forgues e Koskela (2008) apud Tillmann (2012) apontam que, em modelos integrados de entrega do projeto, o uso de tecnologias, como os modelos de computador, também pode apoiar a colaboração. A modelagem por computador pode auxiliar no trabalho de uma equipe integrada, uma vez que profissionais de todas as disciplinas são necessários

para convergir em torno deste modelo digital, a fim de entender as interdependências entre os sistemas de construção, ou seja, estrutural, elétrico, hidrossanitário, dentre outros, e melhor coordená-los (THOMSEN et al, 2009 apud TILLMANN, 2012.)

A criação do modelo tridimensional, que reúne todas as disciplinas de projeto de um edifício, permite que seja possível, desde o início da sua implementação, a detecção antecipada de incompatibilidades (ANDRADE, 2012).

Forgues e Koskela (2009) apud Tillmann (2012) também explicam que a indústria da construção deve se mover a partir da abordagem tradicional, sequencial e fragmentada, para uma mais colaborativa, para a qual a indústria está disposta a correr o risco de propor soluções inovadoras. Dentre elas, encontra-se o uso de ferramentas que suportam a colaboração entre as equipes (THOMSEN et al., 2009 apud TILLMANN, 2012)

2.3 Projeto Simultâneo e Modelos Paramétricos

2.3.1 Projeto Simultâneo

Cheng e Law (2002) propõem que uma equipe de projeto utilize simultaneamente *softwares* de planejamento, de acompanhamento, de organização, para estimativa de custos, e de visualização do progresso da construção, afirmando que, em um ambiente diversificado, a engenharia simultânea e a interoperabilidade da informação desempenham um papel importante no gerenciamento do empreendimento.

A Engenharia simultânea (ES) também denominada Engenharia Concorrente ou Engenharia Paralela, tem sido definida por alguns autores como o projeto simultâneo de um produto e seu processo de manufatura (Hall, 1991). Além dessas, é conhecida por outras denominações, como gerenciamento da compressão do tempo, gerenciamento do tempo para o mercado ou, mais genericamente, gerenciamento do ciclo temporal (Gaynor, 1992 apud KRUGLIANSKAS, 1993, p.104).

Como opção, para que se possam superar as dificuldades quanto à qualidade dos projetos, existe o sistema de Projeto Simultâneo, no qual, vários atores envolvidos compartilham informações ao longo do processo, contribuindo para o desenvolvimento do projeto como um todo e não apenas como etapas distintas (FABRICIO; BAIA; MELHADO 1998).

O Projeto Simultâneo, que vem sendo utilizado com sucesso por indústrias de larga escala, pode ser uma solução interessante para a indústria da construção civil, com uma integração maior entre todos os envolvidos no projeto, bem como entre os projetos, o planejamento e a gestão das obras, minimizando assim as perdas de tempo com retrabalhos, chegando a um produto final mais ajustado, com menor perda financeira.

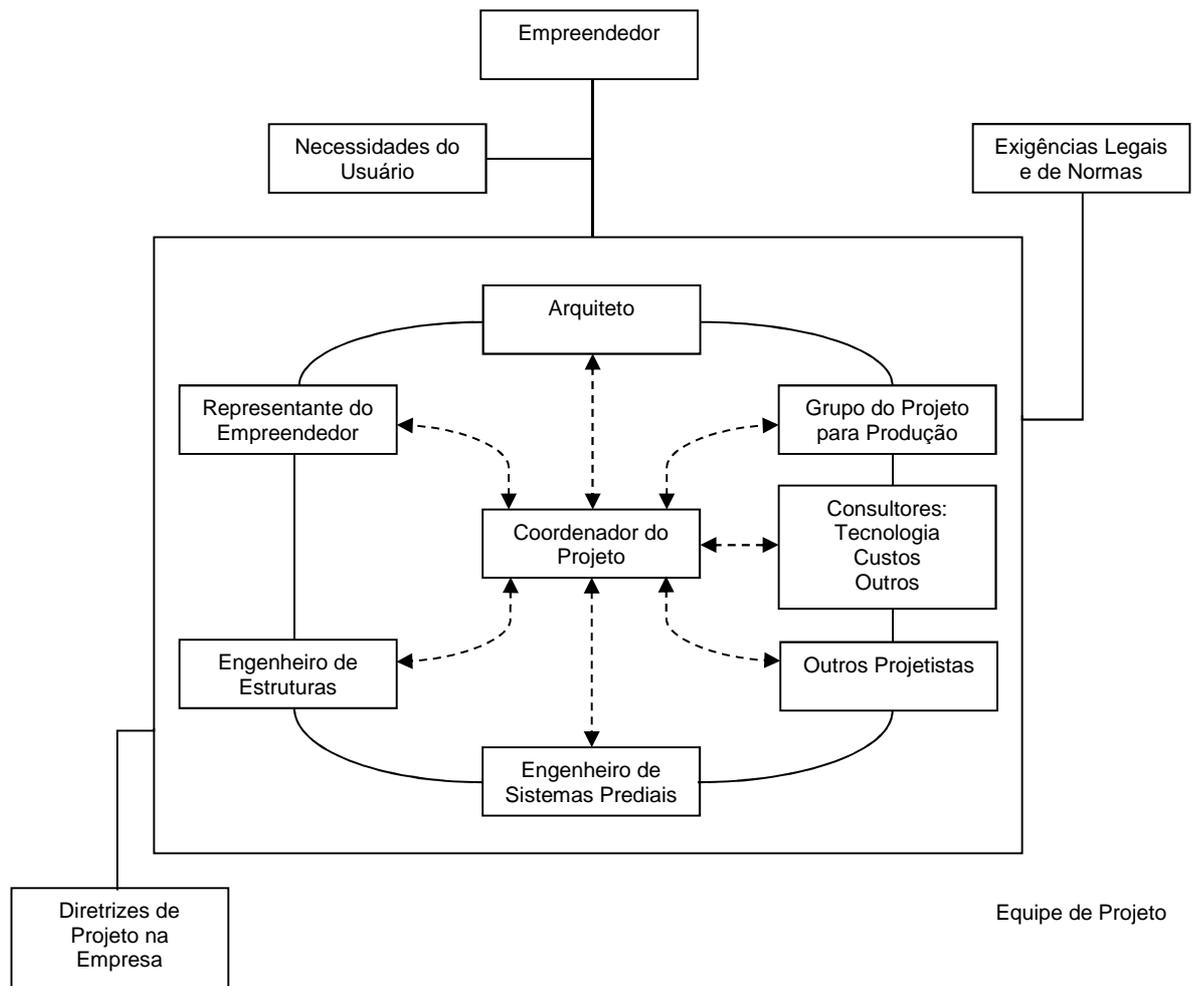
Houve também ganho de tempo e qualidade nos projetos, quando se refere ao gerenciamento de uma obra. As ferramentas paramétricas desenvolvidas aumentaram a confiabilidade no processo, dando mais eficiência na troca de informações entre os diferentes projetistas e melhorando o acompanhamento de todas as etapas do empreendimento.

Na construção civil é costume que os diversos projetos sejam feitos por várias equipes, muitas vezes em cidades diferentes, o que propicia que o produto conte com falhas projetuais e inconsistências entre as disciplinas envolvidas (ANDRADE, 2012).

Para minimizar as falhas, é importante que o empreendedor conte com a figura do coordenador do projeto, que se responsabilizará por fazer contato com todos os envolvidos no projeto, centralizando as informações e cuidando para atualizar os participantes do processo (FABRICIO; MELHADO, 1998).

Com o propósito da formação de grupos multidisciplinares e coordenados de projetos, Melhado (1994) apud Fabricio e Melhado (1998) propõe, na Figura 2, uma estruturação de equipes de projetos orientada à interatividade entre agentes, que prevê a concepção simultânea de novos empreendimentos.

Figura 2 - Proposta de estruturação para a equipe multidisciplinar envolvida no desenvolvimento do projeto.



Fonte: Adaptado pelo autor, baseado em Melhado (1994) apud Fabricio e Melhado (1998).

2.3.2 Softwares paramétricos e BIM

Dentre os *softwares* desenvolvidos para a representação de projetos, os da categoria BIM têm se destacado, uma vez que os *softwares* CAD trabalham apenas com a representação de linhas, pontos e curvas, sem dar um significado específico a estes elementos. Mesmo com a utilização dos *softwares* CAD 3D, quando se representa o projeto em uma maquete eletrônica, ela não agrega tantas informações quanto é possível com o BIM, já que naquele caso, tem-se a representação volumétrica do empreendimento, ainda sem dar significância aos elementos representados (AYRES FILHO, 2009).

No meio comercial e industrial, tornou-se conhecido o termo BIM, termo criado pela empresa americana Autodesk em meados dos anos 1990, para promover o seu novo CAD, o Revit™ (IBRAHIM et al., 2003 apud AYRES FILHO, 2009). Este trata do uso de

ferramentas computacionais para o desenvolvimento de modelos de informação para a construção (NASCIMENTO et al., 2012).

O BIM é considerado como um divisor de águas, salto tecnológico, novo paradigma para projetar edificações, uma vez que é um conceito que fundamentalmente envolve a modelagem de informações da edificação, ao criar uma base de dados digital integrada de todas as disciplinas, e que abrange o ciclo de vida da edificação (NASCIMENTO; SANTOS, 2003). A partir da modelagem geométrica tridimensional paramétrica, é feita a geração automática de documentos, onde a integração, consolidação e consistência das informações, a inteligência associada ao modelo, a possibilidade de simulação e análise da edificação, são algumas das características que, integradas e utilizadas, tornam vantajoso o uso do BIM (PEREIRA, 2013).

A utilização de aplicativos computacionais, que empregam o conceito de modelos paramétricos, permite ao projetista a possibilidade de explorar diferentes alternativas de solução de projeto, de forma rápida e segura. Novos objetos podem ser criados e reconstituídos sem necessitar apagar ou criar outro objeto. Além do mais, objetos com formas geométricas complexas, que outrora eram de difícil manipulação, são possíveis de serem transformados em modelos paramétricos (ANDRADE; RUSCHEL, 2009).

Segundo Amorim (2010) *apud* Pereira (2013), o paradigma BIM compreende um conceito complexo que encerra pelo menos três dimensões: o conceito em si, o modelo (base de dados unificada) e as ferramentas (tecnologia):

1- Como conceito, pode-se definir BIM como um processo colaborativo e integrado, em um ambiente computacional complexo, para execução de projetos das diversas disciplinas que compõe a edificação, e demais atividades abrangendo o seu ciclo de vida.

2- Enquanto modelo, BIM é uma base de dados digital, integrada e autoconsistente, que representa e armazena o conjunto de informações de uma edificação.

3- As ferramentas BIM, trazem um conjunto de novas tecnologias de informação e comunicação para o setor de Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO).

Eastman et al. (2014) entendem o BIM com três aspectos diferenciados, sendo eles: ferramenta BIM, que é um programa para tarefas próprias que produz um resultado específico, tais como: ferramenta para geração do modelo, análise de energia, estimativa de custos etc.; plataforma BIM, que gera dados para usos múltiplos, podendo ter várias ferramentas embutidas para modelagem geométrica (3D), quantitativos, “renderização”, detecção de conflitos, entre outras. Normalmente, incorpora interfaces para várias outras

ferramentas com variados níveis de integração; e ambiente BIM, que tem a capacidade de gerar e armazenar instâncias de objetos para ferramentas e plataformas diferentes, gerenciando esses dados de forma eficaz (bibliotecas de componentes, geração automática de conjuntos de dados e gestão de múltiplas ferramentas BIM). Neste ambiente, é possível a utilização de formas variadas da informação para a gestão do projeto, como vídeo, imagens, registros de áudio, e-mails, além dos dados do modelo.

De acordo com Ayres Filho (2009), utilizando-se os *softwares* BIM, os projetistas podem informar em um único modelo as características físicas da construção, tais como divisões dos espaços, alturas, pavimentos; elementos construtivos, como janelas portas, telhados; além de associarem informações relativas aos materiais que serão utilizados na composição de lajes, paredes, vigas, revestimentos, instalações e todas as disciplinas que são envolvidas na construção de um edifício.

Segundo Pereira (2013), no modelo BIM, os componentes são modelados com informações geométricas e seus atributos, que permitem melhorar a execução e a manutenção do edifício. O modelo ainda pode ser alimentado com as composições de custos e com os valores para cada serviço associado. Com estes recursos, pode-se conseguir um melhor controle do processo de projeto e, conseqüentemente, um melhor planejamento da obra que será construída. Este recurso tem grande utilidade, uma vez que antecipa uma série de conflitos que podem surgir quando da execução, minimizando assim os custos e racionalizando o processo construtivo. A quantidade e a qualidade da informação associada aos elementos representados no modelo são determinantes para a precisão dos dados que serão extraídos e que serão utilizados em toda a vida útil do edifício.

Conforme Campbell (2007), no contexto fragmentado da indústria de AEC, o BIM mostra-se como uma importante ferramenta, capaz de contribuir na integração dos processos a partir da eliminação de ineficiências e redundâncias, aumentando a colaboração e comunicação, a fim de garantir melhores resultados de produtividade.

Segundo Scheer et al. (2007), no BIM, o projetista “constrói” virtualmente um modelo da edificação, utilizando objetos que simulam em forma e comportamento os elementos construtivos a serem empregados na construção. Neste caso, então, trabalha-se com elementos parametrizados, nos quais se associam informações gráficas e não gráficas.

No mercado, existem hoje vários *softwares* desta categoria, que são caracterizados como *softwares* paramétricos de modelagem, tais como o Revit™, da Autodesk™; o ArchiCAD™, da Graphisoft™; o Active3D™, da Archimen™; o Allplan™, da Nemetschek™;

o DDS-CAD™, da Data Design System™; o MicroStation™, da Bentley™; dentre outros (FARIA, 2007).

Os *softwares* BIM surgiram em resposta a uma necessidade latente da construção civil. As representações nos antigos sistemas CAD, não possibilitavam a criação de um avançado banco de dados, cujos dados são trabalhados para serem convertidos em informações, nem a extração de informação diretamente do modelo. As transferências de informações entre os membros da equipe de obras, cada vez mais complexas, se tornaram cada vez mais dispendiosas e passíveis de erros e inconsistências (ANDRADE, 2012).

A disseminação desta tecnologia poderá gerar um ganho enorme para a construção, uma vez que, por se tratar de uma indústria que trabalha com projetos específicos para cada obra, não se tem a oportunidade de trabalhar com protótipos, a exemplo da indústria automobilística, que soluciona problemas ao trabalhar com o modelo em escala real. Nesta indústria, a adoção de *softwares* paramétricos de modelagem já está perfeitamente incorporada. No caso da indústria da construção civil, ela ainda está se iniciando na utilização destes instrumentos (FARIA, 2007).

Os novos recursos, que estão associados à tecnologia BIM, podem trazer ganhos a todas as etapas de um projeto, pois os diferentes atores envolvidos em todo o processo trabalham em um mesmo modelo, diminuindo assim a ocorrência de conflitos entre as diversas disciplinas e trazendo um ganho de produtividade, com a redução do retrabalho e do tempo que se leva, por fazer os ajustes nos diversos projetos que compõem o empreendimento (ANDRADE, 2012).

Ainda segundo Andrade (2012), o BIM também auxilia no planejamento, acompanhamento e controle da obra, fornecendo confiabilidade aos dados trabalhados, uma vez que os projetos são atualizados simultaneamente, fazendo com que todos os envolvidos tenham sempre as informações mais recentes.

No ambiente colaborativo de trabalho BIM, existe uma abordagem relativamente nova chamada *Integrated Project Delivery* (IPD) – Entrega de Projeto Integrado – que representa uma ruptura com os atuais processos de trabalho (PEREIRA, 2013). De acordo com Eastman et al. (2014), o IPD é caracterizado pela colaboração efetiva entre o proprietário, os projetistas e o construtor. A participação de todos os atores, utilizando ferramentas colaborativas, garante a redução de custo, com o atendimento dos requisitos do empreendimento.

Uma das principais características do BIM é a possibilidade de abordar todo o ciclo de vida da edificação, podendo abrigar o desenvolvimento de atividades relativas ao planejamento, projeto e construção. O BIM pode auxiliar na formulação de programas de

necessidades, estudos de viabilidade, na formulação do projeto, no gerenciamento da construção, na operação do uso do edifício e até mesmo na sua demolição (SOUZA, 2009).

Em Pereira (2013), pode ser encontrado um quadro comparativo das dimensões tecnológica, gerencial e cultural envolvidas nos três diferentes estágios para adoção do BIM, listados em Tobin (2008) adaptado por Pereira (2013), conforme aparece no Quadro 2,

Quadro 2 – Níveis de adoção do BIM versus dimensões versus características de cada estágio de adoção

Nível de adoção do BIM	Dimensões		
	Tecnológica	Gerencial	Cultural
BIM 1.0	Utiliza ferramenta CAD/BIM no desenvolvimento de Projetos arquitetônicos.	Processo individualizado de modelagem, sem o envolvimento e a colaboração de profissionais de outras áreas	Substituição dos editores de desenho por modeladores geométricos parametrizados; Necessidade de vencer a resistência às mudanças.
BIM 2.0	Utiliza uma plataforma BIM para modelagem da edificação com as disciplinas que a compõe. Maior facilidade de troca de dados, sem perda de informação.	Processo colaborativo que envolve outras disciplinas como: instalações, estrutura etc.; Associação de informações, como: tempo (4D), custos (5D) e análise de eficiência energética etc.	Alteração dos métodos de trabalho e da forma de pensar o projeto.
BIM 3.0	Acontece a modelagem em um ambiente BIM, com mais de uma plataforma, utilizando protocolos abertos, como o IFC para realizar a troca de informações.	Processo colaborativo que envolve todo o ciclo de vida da edificação.	Uso de entrega de projeto (IPD), com equipes integradas, utilizando um ambiente BIM para gerenciar o processo de projeto, construção e uso da edificação.

Fonte: Pereira (2013), adaptado pelo autor

No trabalho de Andrade (2012), o autor cita que os sistemas BIM contribuem para diminuir o prazo das obras, pois, quando se utiliza a compatibilização dos projetos das

várias disciplinas feitas em único modelo tridimensional, grande parte dos erros que seriam descobertos somente durante a fase de execução da obra é praticamente eliminada. Os sistemas BIM garantem que os resultados ocorram de acordo com o esperado, sem surpresas, porque todas as decisões foram analisadas *a priori* sem a necessidade de retrabalhos e mudanças durante a fase de construção.

A plataforma BIM é uma filosofia de trabalho que integra arquitetos, engenheiros e construtores na elaboração de um modelo virtual preciso, o qual gera uma base de dados que contém tanto informações topológicas como os subsídios necessários para orçamento, cálculo energético e previsão das fases da construção, entre outras atividades (MENEZES, 2011).

Como as informações estão todas correlacionadas, pode fazer várias simulações, alterando materiais, sistemas construtivos, opções por acabamentos em um tempo mais curto que o de costume e com menor risco de erros. Para tanto, é necessário que os projetistas dediquem mais tempo nas etapas iniciais do projeto, uma vez que o trabalho de se alimentar o modelo com tantas informações é bem maior do que o trabalho que se tem ao desenvolver os projetos em *softwares* CAD (GOES; SANTOS, 2011).

Para Amorim (2010) apud Pereira (2013), com a implantação do paradigma BIM, a metodologia projetual deverá ser alterada, possibilitando: a sincronização dos trabalhos em equipe, uma maior coordenação das diversas atividades, a inserção, em fases antecipadas, de novos atores no processo (como os fornecedores), e também, a criação do edifício virtual. O edifício virtual corresponde ao conceito do modelo isomórfico de um edifício, implementado através de uma base de dados digital unificada, autoconsistente, que contém todas as informações da edificação, sejam elas geométricas ou descritivas (atributos). Tal situação ideal corresponderia ao modelo BIM na sua plenitude.

Nos sistemas BIM as informações são utilizadas para a tomada de decisão, produção de plantas técnicas específicas, produção de documentação para a elaboração da estimativa de custo e também para o planejamento da construção da edificação, que permite atingir um resultado integrado. Dessa forma, o modelo único passa a ser a fonte primordial de toda a informação construtiva referente ao projeto (ANDRADE, 2012).

Cohen (2003) apud Kouider; Paterson; Thomson (2007), afirma que "o processo de construção seria melhor servido se toda a cadeia de informações do projeto à construção e operação pudesse permanecer em um formato digital perfeito".

Charles Eastman lembra que o BIM impulsiona muitas outras inovações, como a robótica, as novas formas de construção, a análise integrada na totalidade do projeto, o rastreamento de toda a cadeia de fornecimento, com montagem e entrega *just-in-time* e,

sendo uma resposta à complexidade, torna-se cada vez mais necessário conforme a complexidade aumenta (TAMAKI, 2011).

O período compreendido pelo início do século XXI até os dias atuais pode ser caracterizado pela inovação e desenvolvimento de uma ampla gama de recursos direcionados aos segmentos da AEC, pela ampliação da capacidade de processamento das máquinas, pela discussão de novos conceitos e pela necessidade de reestruturação das metodologias projetuais (CHECCUCCI; AMORIM, 2008).

A modelagem do processo de projeto visa, entre outros, servir de base para a tomada de decisão, abrigo conhecimentos que poderão ser utilizados pela empresa posteriormente, facilitando o planejamento de novos empreendimentos, a alocação de recursos, a escolha de tecnologias de informação e melhorando a comunicação e troca de informação (SOUZA, 2009).

2.3.3 Dificuldades na implantação do BIM

Além da importância do uso dos *softwares* paramétricos, em especial do modelo BIM, é importante destacar que, na literatura, existem trabalhos que citam as dificuldades encontradas para a adoção destes *softwares*, tais como: a escassez de mão de obra especializada, a resistência à mudança, o alto investimento com máquinas e treinamento. Estes são alguns fatores que dificultam a implantação efetiva da tecnologia nos escritórios de projeto do país (SOUZA, 2009).

Segundo Vergara e Beiza (2012), dentre os problemas identificados pelo estudo, feito no Chile, encontram-se o baixo nível de envolvimento dos clientes e contratantes, lacunas em relação ao uso do BIM como um documento contratual, e o nível de desorganização que existe na indústria da construção.

Ainda neste trabalho, os autores listaram outras questões e desafios que são observados a partir do estudo feito em escritórios de projeto (VERGARA; BEIZA, 2012):

- Barreiras econômicas que existem para as empresas e pequenos escritórios;
- Falta de apoio público à inovação nesta área de negócio; ou
- Falta de programas de treinamento que sejam apropriados às reais necessidades da indústria.

Em outro trabalho, Souza et al. (2009, p.40) cita:

Como uma das maiores dificuldades apontadas pelos escritórios a falta de tempo para implantação da tecnologia (25%). A escassez de profissionais com domínio sobre os *softwares* leva os escritórios a oferecer treinamentos que demandam tempo e investimento. A incompatibilidade com parceiros de projeto também foi um item bastante citado (16,67%). [...] outra preocupação das empresas é o investimento em equipamentos para suportar os *softwares*

No trabalho citado, a pesquisadora entendeu que a revolução está se iniciando pelos escritórios de arquitetura e a tecnologia BIM ainda está sendo pouco utilizada por outros projetistas. Estes levantamentos foram levados em consideração nesta pesquisa, a fim de que se pudesse verificar a ocorrência dos mesmos problemas na implantação do BIM na região contemplada por este estudo.

Segundo Nardelli et al. (2009), a inserção do BIM no processo de desenvolvimento de um empreendimento gera um contraste com o cenário pré-digital, quando predominavam os técnicos de grau médio e, eventualmente, os estagiários, o que revela uma mudança qualitativa no processo de produção que pode ser vista por dois ângulos distintos: de um lado, é possível afirmar que a automatização de diversas tarefas implicou numa mudança na função anteriormente desempenhada por projetistas e estagiários e, de outro lado, também implicou numa mudança no papel do arquiteto, agora também envolvido na produção dos documentos técnicos que compõem o desenvolvimento dos projetos, além da coordenação dos trabalhos.

De acordo com Figuerola (2011), hoje, a média de utilização do BIM nos escritórios de arquitetura norte-americanos, ou europeus, está entre 49% e 38% de adoção. Já para Eastman (Tamaki, 2011), esse número é um pouco mais elevado. Em pesquisas recentes, que realizou nos Estados Unidos e Europa, mais de 50% dos escritórios de arquitetura alegaram usar BIM. Continuando este raciocínio, Kymmel (2008) apud Souza et al. (2009) afirma que a indústria da construção só irá evoluir em direção ao BIM, de forma mais concreta, quando se tornar necessário, seja por exigência do contratante ou pela competição entre os projetistas e construtores, a implantação da tecnologia como forma dos agentes envolvidos manter sua sobrevivência no mercado.

Segundo Checcucci, Pereira e Amorim (2013), a difusão do BIM no Brasil ainda é pequena, embora tenha crescido ao longo dos últimos anos. Utilizando classificação de Tobin (2008) adaptado por Pereira (2013) (Quadro 2), o estágio predominante de adoção é o BIM 1.0. O levantamento realizado mostra que em Salvador existem poucas empresas que estão no estágio BIM 1.0, e que a grande maioria ainda não adotou o paradigma. Na região Sudeste, alguns profissionais já trabalham de forma integrada com a Modelagem de Informações da Construção agregando à modelagem questões relacionadas ao tempo de

execução e ao custo do empreendimento, caracterizando assim o estágio BIM 2.0. Entretanto, a maioria dos profissionais e empresas que adotou o paradigma está no estágio BIM 1.0 (PEREIRA, 2013).

Parte dessa dificuldade é que a implementação da tecnologia parte do contratado (projetista). Porém, na relação cliente-fornecedor, a produção dos projetos deveria ser feita em sistema puxado, em que o contratante deveria exigir o uso da tecnologia. Isto deveria acontecer porque o contratante é aquele que obtém os maiores lucros e benefícios com a adoção da tecnologia BIM e como principal interessado deveria incentivar o desenvolvimento das equipes e a implantação das ferramentas (KYMMEL, 2008 apud SOUZA et al. 2009).

Neste contexto, as iniciativas registradas são dos contratados. O trabalho de Menezes (2011) cita alguns dos escritórios pioneiros na adoção do BIM no Brasil, dentre eles, encontra-se o do arquiteto e urbanista Luiz Augusto Contier (São Paulo, SP), professor e presidente do Conselho da Associação Brasileira de Escritórios de Arquitetura (AsBEA). Contier relata que, na época da implantação, ainda no ano de 2002, seu escritório não tinha com quem trocar experiências, mas hoje diversos escritórios mudaram suas plataformas de projeto, haja vista clientes, como a PETROBRAS e a Companhia de Desenvolvimento Urbano da Região do Porto do Rio de Janeiro (CEDURP), que têm exigido projetos em BIM (GEROLLA, 2011).

Marcos da Fonte Castro, diretor técnico da Castro Projetos e Consultoria, argumentou que, com a implantação da plataforma BIM, o arquiteto tenderá a modelar sua ideia diretamente nos *softwares*, que, por sua vez, gerarão automaticamente documentação 2D (CASTRO, 2011). Assim, aquele profissional que detiver o conhecimento/experiência em BIM tenderá a ganhar valor no mercado de trabalho (MENEZES, 2011).

Alguns dos problemas e desafios identificados na pesquisa realizada no Chile, por Vergara e Beiza (2012), incluem a falta de compreensão do verdadeiro alcance da tecnologia, a falta de profissionais capacitados e programas de treinamento da tecnologia preparados sob medida para as necessidades da indústria de AEC, as diferenças de interesse e de capacidades entre as diversas disciplinas envolvidas no desenvolvimento de empreendimentos, a necessidade de participação ativa de clientes e contratantes (públicos e privados), as barreiras econômicas para escritórios e empresas de pequeno porte e baixo apoio público para a inovação tecnológica no setor.

Para Kouider; Paterson; Thomson (2007), um dos fatores que apresenta maior resistência para a implantação do BIM é a atual cultura de trabalho e a falta de vontade dos profissionais em mudar as práticas de trabalho tradicionais.

Excetuando-se os ambientes cooperativos e colaborativos de projetos do tipo de concepção-construção, os beneficiários do modelo parametrizado não oferecem aos profissionais de projeto qualquer compensação adicional para os seus custos e esforços na adoção da tecnologia (KOUIDER; PATERSON; THOMSON, 2007).

Birx (2006) apud Oliveira e Pereira (2011) afirma que o período de transição de CAD para BIM durará ao menos uma década, uma vez que os investimentos em *softwares*, treinamentos e aquisição de máquinas compatíveis com as exigências dos programas ainda são significativos.

Checucci e Amorim (2008, p.1), ao discutirem a adoção ainda incipiente do BIM no Brasil, identificam algumas dificuldades:

Talvez pela falta de divulgação de estudos técnico-científicos que possam apontar caminhos mais seguros quanto à adoção das mesmas, seja pela carência de produtos direcionados ao mercado brasileiro que incorporem os padrões, terminologias e metodologias de trabalho aqui utilizadas, seja ainda pela desorganização do setor de AEC e dos altos custos envolvidos.

Assim, pode-se esperar uma grande mudança na forma como se trabalha o desenvolvimento de projetos e planejamento de empreendimentos, a partir da mudança do paradigma atualmente estabelecido.

3 METODOLOGIA

3.1 Estratégias de Pesquisa

O Estado de Sergipe, em especial, a Cidade de Aracaju, teve um crescimento significativo na quantidade de arquitetos e urbanistas atuando no mercado local, com a criação dos dois primeiros cursos de graduação em Arquitetura e Urbanismo, sendo o primeiro deles em 1995 e o segundo em 2007. Com isto, surgiu a necessidade de se fazer este primeiro estudo sobre a utilização de *softwares* BIM para o projeto de empreendimentos, o planejamento e a gestão dos mesmos.

Partindo da análise inicial, a intenção deste estudo é aprofundar a discussão quanto à implementação destas e de outras tecnologias que venham a ser utilizadas para contribuir com o melhor planejamento e a execução mais eficiente dos empreendimentos imobiliários.

A estratégia de pesquisa adotada foi a pesquisa bibliográfica, a pesquisa documental, o levantamento de campo, por amostragem, com a aplicação de ferramentas de pesquisa e entrevistas, com escritórios que já trabalham com a ferramenta BIM, nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro.

Por se tratar de um tema muito recente e ainda em desenvolvimento, a pesquisa bibliográfica foi feita basicamente através de artigos em periódicos e conferências nacionais e internacionais além de dissertações e teses. Dentre os eventos recentes, podem ser relacionados o V Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção (TIC), seminário ocorrido em Salvador, Bahia em 2011 e o VI TIC, ocorrido na cidade de Campinas/SP em 2013, nos quais foi discutida a Tecnologia de Informação e Comunicação, com ênfase no BIM; os encontros anuais do *International Group of Lean Construction*, IGLC 20, que aconteceu em 2012 em San Diego, na Califórnia e o IGLC 21, ocorrido na cidade de Fortaleza/CE em 2013. Em 2013 ocorreu ainda o 8º Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, Inovação e Sustentabilidade (SIBRAGEC), na cidade de Salvador/BA. Outra fonte de recursos foram os artigos disponibilizados no site <http://cumincad.scix.net/cgi-bin/works/Home>, no qual se encontram textos relacionados à área tecnológica, em especial, artigos publicados nos eventos Congresso da Sociedade Ibero-Americana de Gráfica Digital (SIGRADI), *Arab Society for Computer Aided Architectural Design Conference* (ASCAAD), *Conference on Computer-aided Architectural Design Research in Asia* (CAADRIA) e *Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe Conference* (ECAADE), que tratam de gráfica digital, além de outras fontes bibliográficas.

Para tanto, foi feito um levantamento quanto aos sistemas disponíveis, levando à discussão também os conceitos de Construção Enxuta, Produção Enxuta, *Softwares* CAD e BIM, entre outros.

Quanto à pesquisa documental, observou-se que outra fonte significativa de informações é o Censo dos Arquitetos e Urbanistas do Brasil (CAU/BR, 2013), do Conselho de Arquitetura e Urbanismo. Este documento é o primeiro material que trata da formação e atuação dos profissionais registrados no conselho profissional. Estes dados são importantes para caracterizar as áreas de atuação dos arquitetos e urbanistas no país, na região Nordeste e em especial no Estado de Sergipe. Mas não somente isto, dados sobre projetos elaborados, especialidades, assessoria de obras, por exemplo, são relevantes para a pesquisa.

Em termos do levantamento de campo, a investigação foi conduzida para identificar empresas de projeto que já implantaram, ou que estão implantando, estas novas tecnologias (*softwares* paramétricos), em cidades da região Nordeste do Brasil.

Para o Estado de Sergipe, optou-se por investigar os principais escritórios de projetos, independentemente de aplicarem estas novas tecnologias, pois o objetivo era identificar as dificuldades para a implantação. Deste modo, este trabalho buscou fazer um levantamento das aplicações de *softwares* paramétricos em escritórios de Arquitetura e outros projetos, bem como junto a empresas incorporadoras e construtoras estabelecidas em algumas capitais do Nordeste do Brasil, a fim de avaliar o estágio da implantação destes sistemas e identificar as consequências desta implantação nos empreendimentos. A pesquisa buscou ainda, avaliar a sua viabilidade técnica e estudar os resultados obtidos, verificando se houve ganho real para as atividades envolvidas e como podem ser melhor aproveitados os recursos disponíveis.

Para que se possa melhor subsidiar o presente estudo, também foram feitas visitas e entrevistas em escritórios que incorporaram, ou não, a tecnologia BIM no seu processo de projeção, a fim de que se possa entender os recursos disponíveis com o uso desses *softwares* e comparar o grau de utilização dos mesmos nos escritórios e empresas pesquisados em cidades do Nordeste do Brasil.

Para complementar o estudo, foram feitas visitas a escritórios nas cidades de São Paulo e Rio de Janeiro que já trabalham com a tecnologia BIM, há alguns anos, a fim de avaliar a extensão dos recursos desses *softwares* e os incrementos que podem trazer no desenvolvimento dos empreendimentos nos quais foram utilizados. Esta etapa foi importante para se ter uma visão mais precisa do que tem sido feito na área no Brasil. Estes escritórios serviram de paradigma para a pesquisa.

3.2 Ferramentas de pesquisa

Foram adotadas três ferramentas de pesquisa. A primeira delas, para a pesquisa documental, foi a análise dos dados disponíveis no Censo dos Arquitetos e Urbanistas do Brasil (CAU/BR, 2013) e no artigo de Checucci; Pereira; Amorim (2013). No caso do CAU/BR (2013), o autor teve acesso ao acervo e, com isto, pôde fazer análises por grupo e por itens específicos. Este documento é de acesso restrito.

Outras ferramentas utilizadas, são descritas no Quadro 3.

Quadro 3 - Ferramentas de Pesquisa:

<p>Questionários estruturados, com grande parte das questões fechadas, para:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Projetistas de Arquitetura e Urbanismo; • Projetistas de projetos complementares e • Empresas incorporadoras e/ou construtoras (usuários dos projetos).
<p>Entrevistas com escritórios que já utilizam o BIM no desenvolvimento dos projetos de empreendimentos</p>

Fonte: Elaborado pelo autor (2013)

A segunda ferramenta foram os três questionários aplicados nas empresas que atuam na região pesquisada. Assim, foram trabalhados questionários estruturados, com grande parte das questões fechadas, a fim de sistematizar melhor o resultado da avaliação pela tabulação dos dados.

Foi elaborado então um questionário para os projetistas de Arquitetura e Urbanismo (Apêndice A), um para escritórios que trabalham com projetos complementares (Apêndice B) e outro para as empresas incorporadoras e ou construtoras (usuários dos projetos) (Apêndice C). Estes três questionários são complementares entre si, de modo a facilitar a análise dos dados. Nestes documentos, os responsáveis pelos projetos caracterizavam suas empresas quanto ao tipo de projetos desenvolvidos, dimensionamento da mão de obra, tempo para desenvolvimento de projeto, adoção da tecnologia BIM e tipos de perdas no processo de projeto (Quadro 1), de acordo com as teorias estudadas.

Para os responsáveis pelos empreendimentos, atuantes no mercado sergipano e nordestino, as questões foram semelhantes, mas na condição de usuários, sendo consideradas as perdas na produção, também de acordo com as teorias sobre construção enxuta estudadas.

O questionário respondido pelos projetistas (Apêndice A) foi dividido em três partes para que se pudesse melhor caracterizar a participação no mercado local. Na primeira parte foram prestadas informações sobre campo de atuação, composição das equipes de trabalho e tempo médio empregado no desenvolvimento dos diferentes tipos de projeto. Na segunda parte, aparecem as questões referentes à adoção do BIM no processo de projeto, e também quais eram as dificuldades encontradas para a adoção da tecnologia e a previsão, quando existente, de sua implantação. Ainda nesta parte, aparecem questões quanto à compatibilização de projetos e o emprego do BIM pelos outros projetistas.

A terceira, e última parte, destaca as perguntas sobre perdas e quais as causas para que elas ocorram. Para a preparação do questionário, foram levadas em consideração as

perdas identificadas no processo de projeto (Quadro 1) e, dentre as respostas prestadas pelos profissionais, foram feitas as correlações por semelhança.

Ao final da aplicação do questionário, foi solicitado aos entrevistados que dessem uma nota de zero a dez, em termos de sua percepção individual, quanto a duas perguntas, considerando as notas mais próximas de zero como pouco relevantes e as mais próximas de dez, como mais relevantes: 1- Quantidade de vezes que o projeto retorna da obra; e 2- Quantidade de visitas à obra para resolver problemas. Estas perguntas foram formuladas para identificar perdas no fluxo do processo de elaboração dos projetos.

O questionário respondido pelos escritórios que trabalham com projetos complementares (Apêndice B) também foi dividido em três partes para que se pudesse melhor caracterizar a participação no mercado local. A primeira e a segunda parte deste questionário tiveram questões semelhantes às utilizadas no questionário dos projetistas (Apêndice A)

Na terceira e última parte, foram feitas perguntas sobre a adoção dos conceitos da construção enxuta, tais como os tipos de perdas relacionadas ao projeto, a informação de quais são as perdas encontradas na empresa e as causas para suas ocorrências. Estas duas últimas questões foram de múltipla escolha, listando as opções, e que puderam ter várias respostas marcadas.

Ao final da aplicação do questionário, foi solicitado aos entrevistados que dessem uma nota de zero a dez em termos de sua percepção individual, considerando as notas mais próximas de zero, menos relevantes e as mais próximas de dez, mais relevantes, quanto às mesmas perguntas finais feitas no questionário dos projetistas: 1- Quantidade de vezes que o projeto retorna da obra; e 2- Quantidade de visitas à obra para resolver problemas.

O questionário respondido pelos usuários dos projetos (Apêndice C) também está dividido em três partes, nas quais os responsáveis pelas informações caracterizam as empresas quanto às áreas de atuação, quantidade de profissionais envolvidos na área de planejamento e gerenciamento dos empreendimentos. Nesta parte também são informados quais os tipos de projetos contratados ou desenvolvidos pela empresa e quanto tempo se leva para desenvolver cada um deles.

Na segunda parte, a empresa informa sobre o conhecimento e a utilização do BIM, listando inclusive as dificuldades encontradas para a implantação desta tecnologia. Outra informação importante, que também foi coletada nos questionários passados aos profissionais, é o *software* BIM adotado, caso se aplique. Na sequência, foi questionado se os fornecedores de projetos o fazem utilizando a tecnologia BIM e se é feita a

compatibilização dos diferentes projetos, destacando inclusive quem são os responsáveis por esta atividade.

Na terceira e última parte, também foram feitas perguntas sobre a adoção dos conceitos da construção enxuta, tais como os tipos de perdas relacionadas ao projeto, a informação de quais são as perdas encontradas na empresa e as causas para suas ocorrências. Duas questões foram semelhantes às do Apêndice B, porém, as últimas questões foram de múltipla escolha, listando as opções, e que podem ter várias respostas marcadas.

As últimas questões, a exemplo dos outros questionários, solicitam que os entrevistados deem notas nas quais demonstram sua percepção (sendo as notas mais próximas de zero, consideradas menos relevantes e as mais próximas de dez, as mais relevantes) quanto à: 1- Quantidade de vezes que o projeto retorna da obra; 2- Quantidade de visitas dos projetistas à obra para resolver problemas e 3- Quantidade de visitas dos arquitetos e urbanistas à obra para resolver problemas.

Após a finalização da etapa de coleta de dados, os mesmos foram tratados levando-se em consideração o grau de aplicação da tecnologia BIM nos empreendimentos, quais *softwares* são mais utilizados e os resultados obtidos, quais foram as dificuldades encontradas quando se optou por utilizar esta tecnologia, quais as razões que levaram a empresa ou escritório a utilizar o *software* implantado, para então chegar a uma avaliação final da viabilidade técnica de se implantar atualmente tal ferramenta.

Fez-se ainda uma comparação dos resultados obtidos nos três questionários, pois eles são complementares, uma vez que demonstram o interesse na utilização desta tecnologia por parte dos arquitetos e urbanistas (projetos arquitetônicos), escritórios de engenharia (projetos complementares) e das empresas construtoras (usuárias dos projetos). Com este resultado, pôde-se identificar quais foram as razões que levaram os envolvidos a adotar ou não os *softwares* BIM no desenvolvimento de seus empreendimentos e traçar uma perspectiva quanto à sua futura adoção por aqueles profissionais e empresas que ainda não adotam.

De posse dos resultados desses três agentes, foram feitas análises comparativas, de modo a identificar pontos convergentes e divergentes e, com isto, levantar as dificuldades enfrentadas pelos envolvidos na adoção da tecnologia BIM.

Por fim, e para apoiar esta comparação, foi aplicada a terceira ferramenta de pesquisa. Esta consistiu em entrevistas não estruturadas com dois escritórios de projetos que aplicam a tecnologia BIM em grandes empreendimentos que estão sendo

desenvolvidos atualmente no Brasil, a fim de identificar o nível de utilização desta tecnologia no país.

3.3 Amostragem

Ao todo, foram feitas entrevistas com:

- 14 escritórios de arquitetura e urbanismo (08 atuam no mercado sergipano e 06 sediados em outras capitais de estados do Nordeste (02 na Bahia, 01 em Alagoas, 01 em Pernambuco, 01 no Rio Grande do Norte e 01 no Maranhão) - questionário do Apêndice A;
- 04 empresas sergipanas que trabalham desenvolvendo projetos complementares - questionário do Apêndice B e
- 11 empresas que atuam na área de incorporação e construção, sendo 09 sediadas no Estado de Sergipe, 01 no Estado da Bahia e 01 em Minas Gerais - questionário do Apêndice C.

Das empresas com sede em Sergipe, quatro atuam também em outros estados do Nordeste ou em São Paulo.

Os entrevistados nos escritórios de arquitetura foram seus proprietários, nos escritórios de projeto também. Por sua vez, os entrevistados nas empresas construtoras foram proprietários, diretores ou gerentes de planejamento.

A partir da tabulação das respostas aos questionários trabalhados, pôde ser vislumbrado o atual estado de integração entre as diversas disciplinas envolvidas no projeto de um empreendimento, bem como sinalizar a possibilidade de integração dos projetistas através do uso de *softwares* integradores. As entrevistas feitas nas cidades de São Paulo e Rio de Janeiro serviram para destacar a extensão da integração possível entre os diferentes projetos envolvidos e, a partir daí, comparar com a situação atual na região delimitada por este estudo.

Com as informações colhidas nos escritórios que já adotam a tecnologia BIM no seu cotidiano também foi possível aferir se há ganho de tempo e economia de recursos com a utilização do BIM, uma vez que já foi experimentada sua aplicação em empreendimentos que estão sendo executados atualmente, podendo assim ser feita uma análise mais adequada deste item.

Depois de fazer as análises anteriormente relatadas, foi feita a avaliação da viabilidade técnica da utilização desta tecnologia na região estudada, levando-se em consideração os dados colhidos junto às empresas e escritórios de arquitetura, comparando com a diversidade de recursos incorporados à tecnologia.

4 RESULTADOS

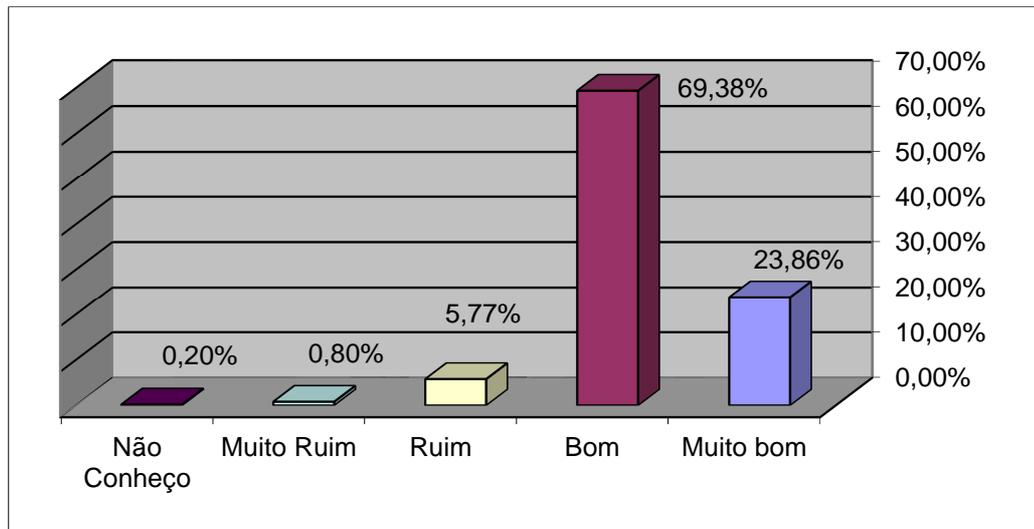
4.1 Censo da Arquitetura e Urbanismo em Sergipe

Segundo dados do Conselho de Arquitetura e Urbanismo (CAU/BR, 2013), na cidade de Aracaju existem aproximadamente 680 arquitetos e urbanistas, estando 503 regulares com o Conselho de Arquitetura e Urbanismo (CAU) em dezembro de 2012. Outra informação que se pode extrair deste levantamento é que a maioria dos arquitetos e urbanistas atua apenas como profissionais liberais, sem a constituição de uma empresa formal.

Destes 503 profissionais registrados no CAU, todos responderam ao censo. Do total de respondentes, 94,63% informaram trabalhar na área e 86 profissionais declararam possuir pessoa jurídica na área de arquitetura e urbanismo, sendo que 51 dos respondentes não possuem associação com outras profissões. Estas empresas, quando constituídas, têm um pequeno número de profissionais, conforme se pode constatar no levantamento feito com oito escritórios sergipanos selecionados para a pesquisa, considerados dentre os mais produtivos do estado, uma vez que desenvolvem diferentes tipos de projetos e têm destaque regional. Esta característica pôde ser observada nos outros seis escritórios da mesma área de atuação, sediados em outros estados do Nordeste e também selecionados para esta pesquisa.

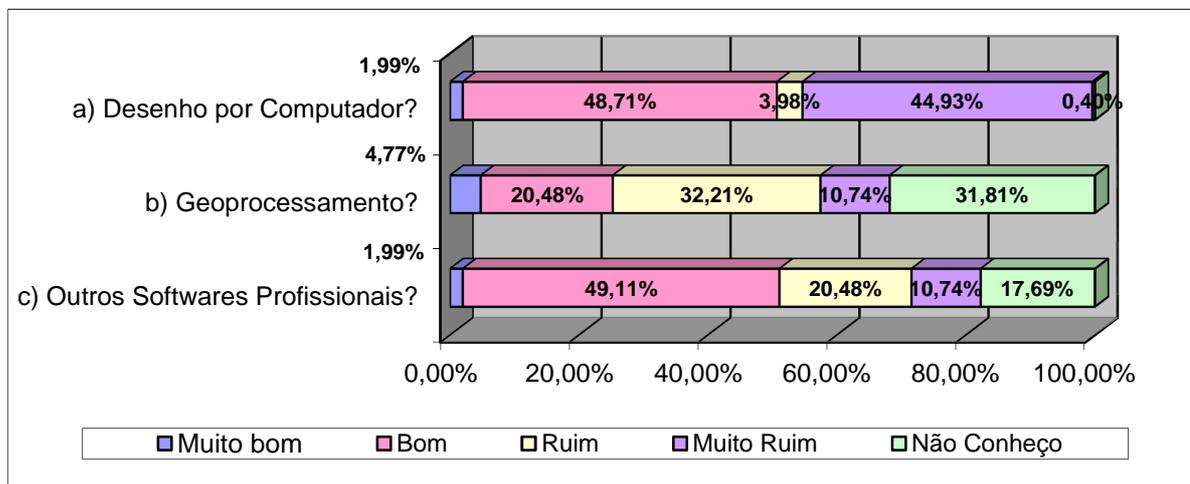
Também é importante destacar a pergunta sobre o conhecimento de informática, no qual pode ser notado que mais de 90% dos respondentes afirmaram ter conhecimento bom, ou muito bom, em informática, como pode ser constatado na Figura 3.

Figura 3 - Nível de Conhecimento de Informática dos profissionais de arquitetura e urbanismo



Fonte: CAU/BR (2013)

Dentre os *softwares* mais utilizados, destacam-se os de desenho por computador e outros *softwares* profissionais de Arquitetura e Urbanismo que entre as respostas “bom” e “muito bom” têm uma média acima de 50% (Figura 4).

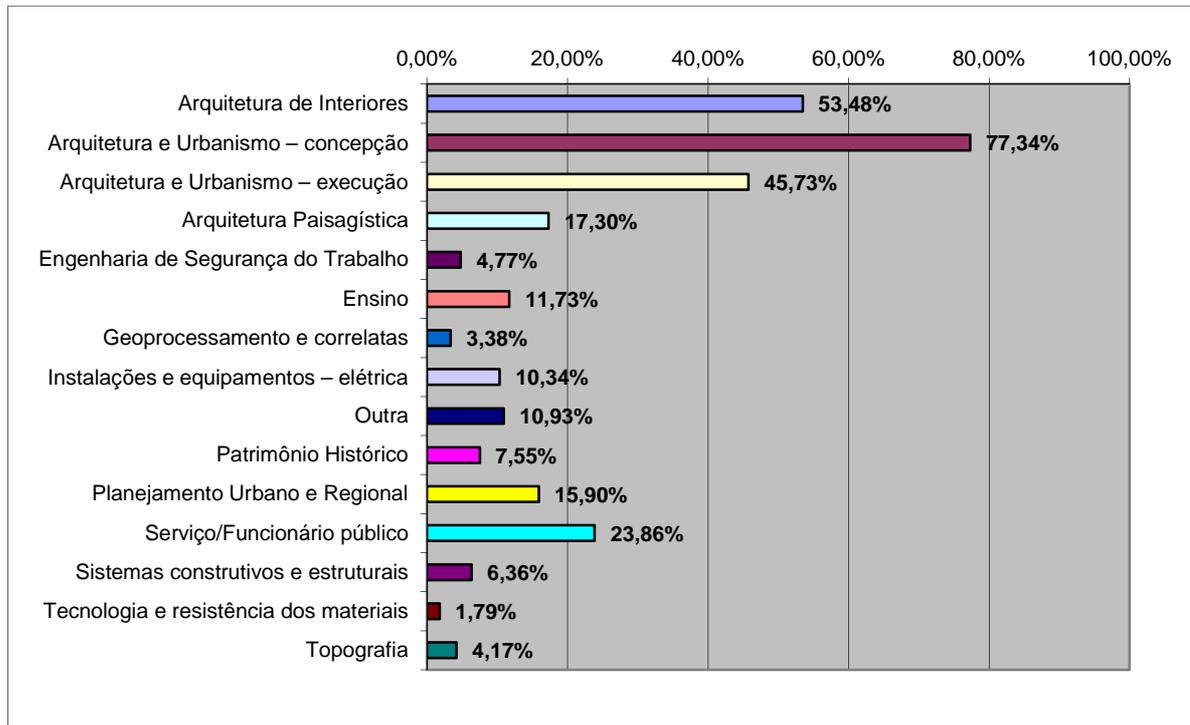
Figura 4 - Domínio dos *softwares* por profissionais de arquitetura e urbanismo

Fonte: CAU/BR (2013)

Outro item que merece destaque no Censo dos Arquitetos e Urbanistas é a pergunta na qual os profissionais informaram as áreas que têm atuado nos últimos dois anos. Estas e outras perguntas repercutem nos questionários aplicados aos profissionais para esta pesquisa. Os valores apurados pelo censo servem como referencial para demonstrar a validade dos dados colhidos nos questionários preparados para este trabalho.

Na Figura 5, pode ser notado que a concepção e a execução de projetos de arquitetura e urbanismo e os projetos de arquitetura de interiores aparecem como as atividades mais exercidas pelos profissionais atuantes em Sergipe.

Figura 5 - Áreas de atuação nos últimos 2 anos dos profissionais de arquitetura e urbanismo (SE)



Fonte: CAU/BR (2013)

A seguir, será informado o resultado das entrevistas feitas com escritórios de AU que já utilizam o BIM no desenvolvimento de seus projetos.

4.2 Pesquisa sobre difusão e apropriação do paradigma BIM no Brasil

No ano de 2011, durante a realização do V TIC em Salvador, os pesquisadores Érica de Souza Checucci, Ana Paula Pereira e Arivaldo Leão de Amorim distribuíram questionários com todos participantes do evento, que tinha como tema: BIM – Modelando a construção do futuro. Como resultado deste levantamento, foi publicado o artigo Uma visão da difusão e apropriação do paradigma BIM no BRASIL – TIC 2011, na revista Gestão de Tecnologia de Projetos, que, por ter informações importantes para este trabalho, terá seus itens mais relevantes descritos neste subcapítulo (CHECUCCI; PEREIRA; AMORIM, 2013).

Estiveram presentes a este evento trezentos e setenta e três participantes, dentre representantes de importantes universidades brasileiras, de empresas atuantes no setor, pesquisadores e estudantes de graduação e pós-graduação. Por se tratar de um evento criado para a discussão da tecnologia da informação e comunicação, este é, atualmente, o evento mais importante do setor no Brasil e conta com periodicidade bienal.

Os participantes eram de dezesseis diferentes estados, a grande maioria foi da Bahia, onde o evento foi realizado. A participação dos demais estados do Nordeste foi baixa, sendo 1 participante do Rio Grande do Norte, 2 de Sergipe, 3 da Paraíba, 4 de Alagoas, 5 do Ceará, 45 de Pernambuco e 187 da Bahia. Como pode ser observado, sete dos nove estados da região se fizeram representar, mas apenas dois deles tiveram uma participação expressiva, não esquecendo que um deles foi o anfitrião do evento. Considerando os outros cinco estados presentes, apenas quinze pessoas participaram, o que dá um índice de apenas 4% do público que foi ao evento.

Considerando a distribuição por categoria, apenas 30% dos participantes era composta por profissionais ou professores. Todos os demais se dividiram entre convidados, comissão organizadora, patrocinadores, estudantes de graduação e de pós-graduação.

Aproximadamente 50% dos questionários distribuídos foram respondidos, então o levantamento foi feito a partir desta amostra. Ao serem perguntados sobre a área de atuação, as áreas que tiveram os maiores índices de resposta foram projeto de edificações, com 42%, ensino com 26%, construção com 25% e gerenciamento da construção com 23%. Este resultado demonstra o grande interesse por parte dos profissionais que fazem parte da indústria da construção civil.

Na questão sobre a utilização de ferramentas BIM no trabalho, 53 participantes responderam afirmativamente. Ao serem questionados se já fizeram algum curso sobre BIM, 33 fizeram cursos sobre a ferramenta Revit™ da Autodesk™ e 5 sobre o ArchiCAD™. Em relação a quando fizeram os cursos, foi observado um crescimento ao longo dos anos de 2009 a 2011.

Também foi questionada qual a tradução para o termo BIM e 33,33% das pessoas que responderam a esta questão, deram definições próximas à tradução utilizada oficialmente pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT): Modelagem da Informação da Construção, o que indica um bom conhecimento do que a ferramenta significa. Em todo o caso, deve ser ressaltado que este era um evento científico na área, então era previsível que boa parte dos participantes tivesse alguma noção sobre o tema.

Os autores da pesquisa (Checucci; Pereira; Amorim, 2013, p.25) consideram que o BIM deve ser entendido como um novo paradigma da AEC que envolve pelo menos três eixos de compreensão:

1) o primeiro diz respeito ao processo colaborativo e integrado para projeção e gerenciamento do edifício virtual, envolvendo todas as disciplinas e atividades que o compõe, permitindo a interferência dos diversos especialistas no modelo, durante o ciclo de vida da edificação; 2) o segundo envolve o conjunto de ferramentas (*softwares*) envolvido neste processo, tendo elas diferentes propósitos, como o controle e acompanhamento do processo de projeto, a criação do modelo, a manutenção da edificação, dentre outros. As ferramentas de criação do modelo devem ser paramétricas e permitir o modelamento tridimensional além de apresentarem outras características como possibilitarem a extração automática das informações, a criação de simulações, dentre outras; 3) finalmente, o terceiro eixo relaciona-se com o próprio modelo criado, enquanto uma base de dados unificada ou integrada, que reúne toda a informação sobre a edificação. Esta base de dados deve ser interoperável entre os diferentes programas que serão utilizados para criá-la, editá-la e mantê-la ao longo do ciclo de vida da edificação.

O questionário foi dividido em dois blocos, sendo que o segundo deles se referia a experiências e percepções do paradigma BIM. Esta parte do trabalho tem suas questões mais relacionadas ao tema abordado nesta dissertação, então seus resultados serão utilizados nos comentários que estão relacionados no final deste capítulo. Apenas 48 das 53 pessoas que afirmaram anteriormente trabalhar com o BIM, responderam esta parte do questionário.

A primeira pergunta se referia às dificuldades em se trabalhar com o BIM, na qual foram listadas nove alternativas e as que tiveram maior destaque foram: integração com a equipe de parceiros; resistência da equipe em mudar as metodologias de trabalho e necessidade de formação de mão de obra especializada. Dentre as que foram menos consideradas, tem-se: complexidade da tecnologia; dificuldade no aprendizado das ferramentas e pouco material de aprendizagem disponíveis sobre o tema, como: manuais, livros e bibliografia.

Na sequência, foram perguntadas quais as razões para a adoção da ferramenta BIM. Neste caso, foram destacadas: porque as ferramentas BIM permitem realizar alterações com maior facilidade; para diminuir o prazo de entrega dos projetos; e por causa da complexidade dos projetos que desenvolve. A razão menos citada foi por demanda do cliente.

A pergunta seguinte, mudanças no processo de projeto e na construção, teve como destaques mais favoráveis: facilitou a visualização do projeto; antecipou problemas de projeto; permitiu a escolha de melhores soluções de projeto, com o aumento das opções criadas; melhorou a compatibilidade entre os projetos e reduziu os erros de representação gráfica. Em contraponto, as mudanças menos observadas pelos respondentes foram:

permitiu a simulação das cargas estruturais da edificação e acelerou a construção da edificação. Os entrevistados também relacionaram outras mudanças que não constavam no questionário, a partir das quais os pesquisadores puderam concluir que a adoção do BIM encontra-se ainda em uma fase inicial, pois as mudanças relacionam-se às etapas iniciais do ciclo de vida de uma edificação, especificamente à etapa de projeto.

A próxima pergunta lista as dificuldades na difusão e adoção do paradigma BIM. Para esta questão, os pesquisadores identificaram palavras-chave e agruparam as respostas de acordo com suas semelhanças, conforme o Quadro 4.

Quadro 4 – Palavras relacionadas às dificuldades na adoção e difusão do BIM

Palavras-chave	Número de vezes em que foram citadas
Cultura, resistência ou medo de mudanças	22
Desconhecimento do paradigma BIM	8
Custo	6
Complexidade	4
Pouca valorização do projeto	3
Mão de obra; tempo de implantação ou pouca integração entre softwares	2
Poucos materiais didáticos; poucas bibliotecas de símbolos ou necessidade de integração de equipe	1

Fonte: Adaptado pelo autor de Checucci, Pereira e Amorim (2013)

A partir das repostas, foi possível notar que o fator cultural se destaca em relação aos outros fatores relacionados pelos participantes da pesquisa.

Em seguida, utilizando o mesmo critério da questão anterior, foi perguntado quais são os aspectos da formação dos profissionais da área de Arquitetura, Engenharia e Construção Civil que o participante considerava relevantes no contexto BIM. A partir das repostas, elas foram agrupadas por palavras chave, conforme pode ser visto a seguir:

Das 29 repostas obtidas, 13 (44,8%) relacionam-se com a necessidade de ampliar a formação técnica do estudante de engenharia e arquitetura, como: trabalhar a integração dos processos de projeto nas suas diversas fases; melhorar o ensino das técnicas construtivas e ampliar a experiência em obras. 9 (31,0%) consideraram importante abordar a integração entre fases da obra e entre os profissionais. 7 (24,1%) responderam que modelagem e BIM devem ser inseridos no início do curso. 6 respostas (20,7%) explicitam a necessidade de ensinar a operação de ferramentas CAD-BIM. 5 (17,2%) levantam a necessidade de ensinar conhecimentos de computação, como

programação e banco de dados. E, 3 respostas (10,3%) citam a importância do desenvolvimento da visualização tridimensional (CHECCUCCI; PEREIRA; AMORIM, 2013, p.31).

Pode ser notada uma grande preocupação sobre a formação do estudante nas universidades e a necessidade de haver uma maior integração entre as diferentes fases de projeto.

Ainda, foram feitas perguntas sobre o papel dos segmentos da AEC, na implantação e aperfeiçoamento do paradigma BIM. Estas perguntas tiveram as respostas divididas por segmento, sendo eles: construtoras e incorporadoras; escritórios de projeto; entidades de classe; universidades e fornecedores de componentes para a construção.

As respostas, que eram abertas, foram agrupadas a partir da ideia central que aparecia em cada uma delas. Na sequência, serão demonstradas as impressões que mais se destacaram em cada categoria.

Construtoras e Incorporadoras – Das 39 respostas obtidas, 21 (53,8%) afirmam que as construtoras e incorporadoras tem como papel central a adoção, a valorização e/ou difusão do BIM. 12 participantes (30,8%) acreditam que elas devem financiar o processo de adoção, capacitar pessoal e/ou investir em pesquisa e desenvolvimento. 4 (10,3%) citaram que as construtoras e incorporadoras devem se envolver com normatização e o desenvolvimento de padrões.

Escritórios de Projeto - 28 participantes (71,8%) acreditam que os profissionais responsáveis pelo projeto da edificação têm o papel de adotar, difundir e valorizar BIM, além de capacitar mão de obra; 9 respostas (23,1%) falam sobre a necessidade de estabelecer parcerias para desenvolver um processo colaborativo; 3 participantes (7,7%) acreditam que os programas devam ser avaliados nos escritórios; já outros 3 (7,7%) afirmam que os escritórios devem coordenar o modelo BIM.

Apenas 1 pessoa (2,6%) cita a necessidade de participação dos profissionais de projeto nos processos de normatização, e duas outras respostas não trataram do tema.

Entidades de Classe - 28 participantes (53,8%) afirmaram que o papel das entidades de classe é o de divulgar, fomentar e capacitar através de cursos e seminários. 8 (20,5%) responderam que esse papel é o de definir normas e padrões. 3 (7,7%) acreditam que as entidades de classe devem dar suporte aos profissionais do setor. Apenas 1 resposta (2,6%) indica que estas entidades devem ter o papel de exigir a utilização da modelagem BIM e outra que elas devem tentar adequar o custo das ferramentas à realidade do mercado brasileiro.

Universidades - 33 entrevistados (84,6%) afirmam que as universidades devem ter o seu papel relacionado com o ensino e a pesquisa em BIM. 2 entrevistados (5,1%) afirmam que elas devem participar da normatização e outros 2 (5,1%) que devem dar suporte aos profissionais. 1 participante (2,6%) respondeu que as universidades devem ser responsáveis por avaliar ferramentas e outro (2,6%) que seu papel é criar parcerias com segmentos do setor privado.

Fornecedores de componentes para a construção - 25 participantes (64,1%) afirmaram que empresas fornecedoras de componentes para a construção devem ser responsáveis por produzir bibliotecas (famílias) de seus produtos. Outros 5 (12,8%) citaram que devem definir padrões e/ou modelos. 2 respostas (5,1%) afirmam que o papel destas empresas é o de patrocinar

BIM e outras 2 (5,1%) o de incentivar sua utilização (CHECCUCCI; PEREIRA; AMORIM, 2013, p.33-34).

Para finalizar, foram listados quatro pares de características de ferramentas BIM e foi solicitado aos participantes que eles escolhessem uma delas ou, caso fosse indiferente, marcassem a coluna do meio.

Os resultados obtidos indicam:

- Dois terços dos respondentes preferem uma ferramenta BIM que permita modelagem mais flexível, onde o usuário garante a integridade do modelo e apenas 16% afirmaram preferir uma ferramenta com modelagem de componentes controlada por restrições rígidas, porém, que garanta uma maior integridade ao modelo;

- Quase metade dos entrevistados (49%) afirmou que prefere um *software* que possibilite o gerenciamento e a coordenação de alterações de forma semi-automatizada, porém, com maior rapidez. Já 37% preferem que o gerenciamento e a coordenação de alterações sejam completamente automatizadas;

- Aproximadamente metade das pessoas que responderam a estas questões (47%) indicaram preferir uma ferramenta mais intuitiva e fácil de aprender, embora, 37% marcaram preferir uma ferramenta mais robusta, com maior capacidade de modelar formas complexas;

- Na última pergunta desta série, 42% dos participantes respondeu que preferem um *software* BIM que tenha mais desenvolvidos seus recursos de documentação e 33% preferem uma ferramenta que tenha mais desenvolvidos seus recursos de modelagem geométrica.

Em todas as questões, houve uma parcela entre 14% e 26% de respondentes que indicaram ser indiferentes às situações listadas.

A última questão que deveria ser respondida listava uma série de características desejáveis em uma ferramenta BIM e os entrevistados deveriam pontuar cada uma delas, com valores correspondentes ao grau de importância, na opinião deles. Dentre as características consideradas mais importantes, foram indicadas: permitir a extração automática de quantitativos e custos; ter integração direta com aplicativos de análise de custo; ter integração direta com aplicativos de gerenciamento de obra; ter objetos que mantenham suas relações, associações e conexões com outros elementos; ter habilidade para trabalhar de forma colaborativa, em equipes multidisciplinares; ter funcionalidades para permitir o trabalho multidisciplinar e ter integração direta com aplicativos de análise estrutural.

A partir deste levantamento, os pesquisadores entenderam que:

Percebe-se uma frequente associação deste paradigma com um ou mais *softwares*, faltando o entendimento de uma forma mais ampla e completa, nos seus outros eixos, como processo colaborativo e integrado, e como uma base de dados interoperável que reúne toda a informação sobre a edificação visando ao uso durante o seu ciclo de vida.

Observou-se ainda, que a modelagem da informação da construção já é utilizada nas fases de projeto e gerenciamento de obra, entretanto não é usada nas outras etapas mais avançadas do ciclo de vida da edificação, inferindo-se a necessidade da melhor consolidação de conceitos e outras informações sobre o tema (CHECCUCCI; PEREIRA; AMORIM, 2013, p.37).

Dando continuidade à pesquisa, foram feitas entrevistas com escritórios, localizados em cidades da região Sudeste, a fim de conhecer o estágio atual na utilização das ferramentas BIM no Brasil.

4.3 Panorama da aplicação do BIM no Brasil: referências de São Paulo e Rio de Janeiro

Para este trabalho, foram feitas entrevistas com profissionais de escritórios localizados nas cidades de São Paulo e Rio de Janeiro, os quais já trabalham com os *softwares* BIM há, pelo menos, sete anos e têm uma grande experiência na sua utilização. A intenção destas entrevistas foi apontar o nível de excelência, no uso da ferramenta estudada, já alcançado no país em empreendimentos de alta complexidade. Na cidade de São Paulo, foi entrevistado o arquiteto e urbanista Felipe Contier, do escritório Contier Arquitetura, e, no Rio de Janeiro, a entrevista foi feita com o arquiteto e urbanista Wagner Conde, que tem escritório próprio, mas também desenvolve alguns projetos em conjunto com a Contier Arquitetura.

Nas entrevistas, foram feitas algumas perguntas, que serviram para caracterizar os escritórios, tais como o tempo de experiência no uso da ferramenta, o tamanho da equipe que trabalha com o BIM, quais os *softwares* utilizados e a configuração dos equipamentos utilizados. Outras observações foram feitas pelos entrevistados, de acordo com a percepção individual acerca do tema e os projetos atualmente desenvolvidos por eles.

A Contier Arquitetura trabalha com *softwares* BIM desde o ano de 2002 e tem hoje dezoito profissionais envolvidos no desenvolvimento dos projetos. Eles trabalham com o Revit™, para modelagem, e o Navisworks™, para identificar o choque de informações (*clash detection*) entre as diversas disciplinas envolvidas no projeto. Ambos os *softwares* são da Autodesk™. Como o escritório costuma trabalhar com projetos complexos, que

chegam a incluir 28 diferentes disciplinas associadas (estruturas, instalações hidrossanitárias, dados, incêndio, entre outros), os arquivos facilmente passam de um gigabyte (Gb) de dimensão, o que exige máquinas potentes.

No escritório, eles trabalham apenas com *workstations*, que têm o processador Xeon™, com *clock* de alta capacidade - em média 2,8 Gigahertz (GHz) e memória RAM entre 24Gb e 32Gb, pois eles consideram ideal ter memória RAM superior a vinte vezes o tamanho do arquivo trabalhado. O HD não precisa ter grande capacidade de armazenamento, mas tem que ser rápido, pois trabalham em rede e o arquivo fica armazenado no servidor. Também não necessitam de placa de vídeo dedicada, pois ela só seria necessária quando da renderização do modelo, mas não é uma atividade corriqueira no escritório.

Todos os profissionais envolvidos na modelagem com o BIM são arquitetos e urbanistas. O entrevistado considera que, por ser necessária uma visão mais precisa de como funciona uma construção, é importante que os profissionais sejam da área, pois terão maior facilidade em trabalhar com o *software*. Na Contier Arquitetura, eles costumam capacitar os novos funcionários, passando primeiramente atividades mais simples e, paulatinamente, avançando na formação específica.

A necessidade de se utilizar um *software* BIM surgiu na empresa quando, em 2002, estava sendo desenvolvido o Terminal de ônibus Sacomã, na cidade de São Paulo, pois uma decisão política durante o processo de projeto alterou os tipos de ônibus que circulariam por lá, mudando as alturas das plataformas. Como o projeto já estava adiantado e contava com aproximadamente duas mil pranchas, os responsáveis pelo seu desenvolvimento ficaram preocupados com a quantidade de alterações que deveriam ser feitas em todos os desenhos, pois esta alteração mudaria todas as plantas, vistas, cortes e fachadas, em todos os projetos, o que dificultaria o controle de qualidade do que estava sendo produzido naquele momento.

Então o proprietário da Contier Arquitetura, Luís Augusto Contier, consultou a Autodesk™, desenvolvedor do AutoCAD™, sobre a possibilidade de existir um *software* com a capacidade de absorver alterações no projeto, sem causar tantos transtornos na documentação que estava sendo produzida. Àquela época, a Autodesk™ tinha comprado o Revit™ há pouco tempo e ainda não tinha domínio sobre a ferramenta.

O escritório então foi o primeiro a adquirir a ferramenta no Brasil, sendo necessário que os profissionais envolvidos aprendessem através da documentação que vem junto ao *software*. Ao longo do tempo, foi feita uma parceria entre o escritório e o desenvolvedor, a

fim de se fazerem melhorias do desempenho do Revit™. Foi relatado inclusive que uma das sócias auxiliou a Autodesk, quando da tradução do programa para o português.

Hoje, a Contier Arquitetura é a empresa brasileira que trabalha com o Revit™ de forma mais completa e avançada. Chegaram ao ponto de ter grandes dificuldades no processamento dos projetos desenvolvidos, pois eles trabalhavam todas as disciplinas em um único modelo e, ao consultar o desenvolvedor sobre como melhorar o desempenho, a Autodesk™ surpreendeu-se com a quantidade de informações inseridas em um único modelo. A experiência da Contier Arquitetura é das mais completas a nível mundial, pois trabalham todas as informações em um único programa, ao contrário do que é feito em outros países, que costumam utilizar *softwares* específicos para cada aspecto do projeto.

Hoje estão sendo desenvolvidos pelo escritório dois projetos de grande escala, o primeiro é a unidade de negócios do Pré-sal, para a Petrobras, que está sendo construído na cidade de Santos, São Paulo. Este empreendimento tem mais de cem mil metros quadrados e é composto por um grande embasamento com pavimentos, subsolo e área comum e três torres, além da manutenção de parte de um galpão que já existia no local. Neste trabalho, a Contier Arquitetura é responsável pela modelagem dos prédios e do projeto luminotécnico, além de preparar o projeto executivo e o modelo final, após a conclusão da construção, que serão entregues à contratante, pois todo o controle operacional do prédio será feito pela Petrobras, através do modelo desenvolvido em BIM. Os projetos complementares (28 ao todo) estão sendo realizados em BIM e, de acordo com o edital, eles são de responsabilidade dos escritórios que os estão desenvolvendo. A Contier Arquitetura apenas faz a verificação das informações e as repassa aos projetistas, quando há algum choque entre os projetos.

Este projeto da Petrobras, que tem agregado um grande número de informações, foi dividido em quatro arquivos, sendo um para as torres, outro para o embasamento, um terceiro para o subsolo e um último que agrega os três primeiros. Neste último arquivo não é feita nenhuma alteração nas informações das partes, ele apenas une os outros três, dando uma visão completa do empreendimento. Esta atitude fez com que as equipes envolvidas com cada arquivo fossem menores (de até quatro pessoas), assim como o tráfego de dados na rede, o que fez com que o trabalho fosse otimizado.

Outro projeto que está sendo desenvolvido no escritório é o da Vila dos Atletas dos Jogos Olímpicos e Paralímpicos de 2016, no Rio de Janeiro, também conhecido como Ilha Pura. Este empreendimento, da Construtora Odebrecht, é composto por 31 torres de 17 andares e contará com 3.604 apartamentos. Devido à característica específica deste empreendimento, que será entregue em três etapas, a primeira para as Olimpíadas, a

segunda para as Paralimpíadas e a terceira para os proprietários finais, a construtora entendeu que a utilização do BIM seria fundamental no seu planejamento e execução.

A Contier Arquitetura é responsável pelo projeto executivo e pelo modelo 4D, desenvolvido no Navisworks™, no qual é representado o planejamento do canteiro e o andamento da obra ao longo do tempo, pois após cada evento esportivo, os prédios sofrerão alterações para o uso seguinte, então é exigido um maior controle no planejamento do andamento da obra.

Durante a entrevista, o entrevistado ressaltou que, a maior contribuição do BIM no desenvolvimento de projetos é a precisão das informações. Ele citou que toda a documentação extraída do modelo é automatizada, o que exige uma preparação maior quando se inicia o desenvolvimento do projeto. Os recursos da ferramenta são incontáveis, mas é importante que se defina desde o início a quantidade e a profundidade de informações que serão extraídas do modelo. Por exemplo, se não for necessária a informação de qual a luminância emitida pelas lâmpadas utilizadas no empreendimento, as famílias das luminárias poderão ser desenvolvidas sem este dado.

Depois de finalizado o trabalho, caso surja a necessidade de tal informação, fica difícil alterar as famílias já desenvolvidas, principalmente quando se trata de grandes empreendimentos. Ele destaca que não é necessário que todos os elementos representados sejam modelados em 3D, pois um dos recursos mais importantes do BIM é a possibilidade de se agregarem informações à imagem, então um simples retângulo poderá conter informações do que ele representa: dimensões, fabricante, recursos, material do qual é composto, cor e todos os dados que venham a ser necessários para o trabalho.

Com o uso do BIM, toda a documentação extraída tem como origem um único modelo, portanto, qualquer alteração que venha a ser feita no modelo, imediatamente é atualizada em todas as pranchas, o que aumenta a confiabilidade nos documentos produzidos. Uma crítica recorrente é que a qualidade da representação gráfica dos desenhos extraídos do BIM não é boa, mas o entrevistado deixa claro que o resultado da documentação depende diretamente da criação de um modelo (*template*), no qual o profissional define as informações que aparecerão no desenho e com que qualidade. Este trabalho basta ser feito uma única vez e dará à documentação o aspecto desejado pelo projetista.

Quanto à disseminação do uso do BIM, o entrevistado considerou que já existem, no mundo e em especial no Brasil, alguns movimentos governamentais e por parte de empresas contratantes, na direção de se exigir o uso desta tecnologia no desenvolvimento dos empreendimentos. Ele citou o caso da Inglaterra e dos EUA, onde existem leis que

condicionam a contratação de obras públicas ao uso do BIM, por considerarem mais confiáveis e mais fáceis de rastrear. No caso, a tecnologia é exigida, mas os *softwares* são de livre escolha dos participantes.

No Brasil, os exemplos mais eloquentes são a Petrobras, com o projeto do qual a empresa está participando, e o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), que contratou o escritório para desenvolver famílias de Revit™ para o programa federal Minha Casa, Minha Vida, pois têm a intenção de adotar esta padronização no desenvolvimento de novos projetos. Estas famílias estão disponíveis gratuitamente no site do ministério. Outro exemplo é o da Fundação de Desenvolvimento Escolar (FDE), que gere as escolas estaduais de São Paulo; tem um catálogo de projetos, com vários elementos construtivos pré-fabricados e exige em seus editais o uso destes elementos no desenvolvimento de novos prédios. Atualmente este trabalho ainda é feito sem o uso do BIM, mas a fundação tem demonstrado profundo interesse em passar a adotar esta tecnologia, a fim de melhor controlar a qualidade dos projetos.

Na segunda entrevista, feita na cidade do Rio de Janeiro com o arquiteto e urbanista Wagner Conde, o entrevistado informou que trabalha com *softwares* BIM há sete anos e utiliza o *software* Revit™, da Autodesk™, por considerar que a desenvolvedora tem a melhor permeabilidade no país, facilitando assim a troca de informações e a assistência técnica. Atualmente trabalham no escritório, além dele, mais três arquitetas e urbanistas que têm boa experiência no uso do programa. Duas delas já trabalhavam com o BIM e a terceira, que já tinha experiência do ofício do arquiteto, mas ainda não trabalhava com a ferramenta, aprendeu com facilidade, pois a utilização do BIM se torna mais fácil quando a pessoa tem visão do processo de construção. Elas também ficam responsáveis por coordenar os estagiários envolvidos na modelagem dos empreendimentos.

O escritório tem oito estações de trabalho com, no mínimo, processador Intel™ I7, com *clock* de 3,4GHz, 16Gb a 32Gb de memória RAM e placas de vídeo dedicadas para melhorar a visualização dos modelos. Este escritório também tem um servidor, que trabalha junto ao servidor da Contier Arquitetura, nos projetos que compartilham.

Em um dos trabalhos que este escritório está desenvolvendo junto à Contier Arquitetura, o projeto Ilha Pura, o entrevistado destaca que a Construtora Odebrecht optou por fazê-lo em BIM, por considerar o recurso adequado para ter um maior controle sobre todo o processo de projeto e planejamento da obra. Neste caso, o modelo é construído utilizando todas as disciplinas (arquitetura, estrutura, instalações, etc.) e também pode trabalhar com a operação de toda a construção do empreendimento. Como o modelo trabalha com informações reais, consegue-se uma maior precisão quanto à utilização do

material adequado, como dimensões de tubulações, caimentos e outras informações que passariam despercebidas na maneira tradicional. Com o desenvolvimento em BIM, principalmente nas instalações, a construtora terá uma melhor percepção quanto ao uso de material, pois terá como quantificar precisamente tudo o que será utilizado, podendo, inclusive, classificar o material por pavimento, por tipo, por uso, dentre outras possibilidades, o que facilitará na hora de decidir sobre a contratação de empreiteiras que farão esta parte da obra.

O entrevistado considera que, com o uso do BIM, é possível prever todo o material utilizado em uma obra, inclusive fazendo a compatibilização das diferentes disciplinas envolvidas, podendo prever a melhor solução para cada empreendimento. Como resultado, os Gerentes de Obra terão maior facilidade na hora de executar a construção, pois os problemas que apareceriam apenas na fase de execução já foram solucionados na etapa de projeto.

Nos trabalhos desenvolvidos no escritório, vários chegaram com o projeto básico já definido em AutoCAD, mas sofreram diversas alterações a partir da criação do modelo em BIM, pois algumas soluções apareceram com a construção virtual do empreendimento (o entrevistado prefere este termo, a modelagem). Ele considera que agora é necessária uma mudança no processo decisório, pois a discussão de elementos e soluções ainda não definidos aparece ainda na fase do projeto.

Assim, para que se faça o modelo de forma correta, é necessário que as decisões sobre materiais, acabamentos e outras que seriam tomadas durante a obra, sejam feitas ainda neste momento, pois a representação gráfica é apenas a consequência das definições feitas antecipadamente. Quando se trabalhava com CAD, o desenho não tinha compromisso com a realidade, o que poderia gerar uma série de inconsistências.

Assim como o primeiro entrevistado, Wagner Conde concorda que a participação de profissionais de arquitetura e urbanismo e engenharia é fundamental no desenvolvimento de projetos em BIM, pois os elementos inseridos no projeto têm função real. Portanto, é necessário que os projetistas tenham conhecimento de obras, afinal de contas, agora se está trabalhando com uma construção virtual e não apenas com desenhos representados em um papel.

Ele ainda citou que, apesar do alto custo de implantação do BIM, a confiabilidade do que é representado no modelo traz uma segurança maior quando do levantamento de materiais utilizados na obra. Então quando se está trabalhando com grandes empreendimentos, o custo da perda causada por falhas na compra e no planejamento, podem facilmente ser reduzidos, absorvendo o custo da compra dos equipamentos, das

licenças e da capacitação da equipe, que ficará responsável pela área na empresa e ainda assim reduzir os custos no setor de compras.

Com esta mudança de atitude, a responsabilidade do projetista aumenta, pois ele será responsável por todas as decisões sobre o projeto, não podendo mais delegar algumas definições aos responsáveis pelas obras. Desta forma, a valorização do trabalho do arquiteto e urbanista é uma consequência natural, uma vez que os projetos sairão mais completos, nos quais se conseguirá extrair uma quantidade enorme de informações, com total segurança.

O entrevistado também entende que, a princípio, as empresas mais organizadas, que têm preocupação com qualidade, economia e limpeza do canteiro de obras, terão ganhos maiores com a implantação do BIM. Neste sentido, empresas menores, que não levam em consideração a melhor qualidade da informação entregue, demorarão a adotar a tecnologia. Também há a dificuldade em se aceitar o novo, pois vários profissionais e empresas, que já têm uma maneira de trabalhar, dificilmente aceitarão a mudança de paradigma. Ele inclusive prevê que, no futuro, algumas empresas que não venham a se modernizar, poderão desaparecer – tanto empresas de projeto, quanto construtoras.

Como exemplo do que se tem feito atualmente no Brasil, Wagner Conde cita o caso de uma empresa do sul do país, que costuma trabalhar para bancos, construindo projetos próprios, sempre desenvolvidos em BIM; a partir do qual é feita uma imagem do modelo digital, que depois é comparada com o prédio já concluído, a fim de demonstrar que se constrói exatamente o que foi projetado, o que torna a obra mais previsível e mais fácil de administrar.

Ele ainda comentou sobre o edital que seria lançado em meados de 2013, pela Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (Infraero) para o projeto de 200 aeroportos no Brasil, projetados em BIM. Neste caso, a licitação foi suspensa com a intenção de serem feitas as correções no edital, uma vez que, do jeito que estava, poderia gerar várias ações judiciais, pois poderia favorecer a contratação de empresas estrangeiras. Em todo o caso, é importante destacar que já estão sendo feitos alguns movimentos no país, com a intenção de se adotar o BIM como padrão no desenvolvimento de projetos e no planejamento de obras.

4.4 Empresas de Arquitetura e Urbanismo

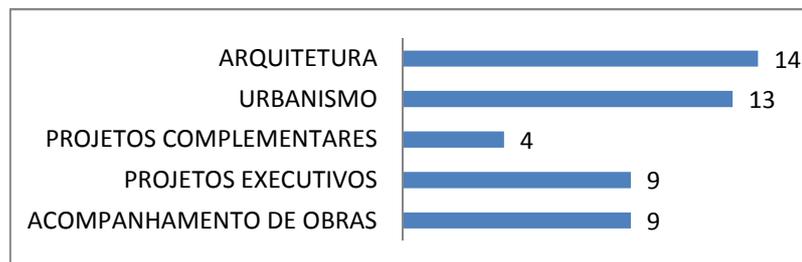
Na pesquisa com os escritórios de arquitetura e urbanismo, verificou-se que estas

empresas, quando constituídas, têm um pequeno número de profissionais, conforme se pode constatar no levantamento feito com oito escritórios selecionados, considerados dentre os mais produtivos do Estado de Sergipe, uma vez que desenvolvem diferentes tipos de projetos e têm destaque em Aracaju. Mesmo o levantamento feito com seis escritórios que têm sede em outros estados do Nordeste (Alagoas, Bahia, Pernambuco, Maranhão e Rio Grande do Norte) mantém este mesmo quantitativo padrão de profissionais.

Dos oito escritórios sergipanos, dois possuem seis Arquitetos e Urbanistas em seu quadro, enquanto que nos outros estados pesquisados, apenas um deles informa trabalhar com sete profissionais da área. Em todos os outros, a quantidade de Arquitetos e Urbanistas se assemelha à da maioria dos escritórios estabelecidos no Estado de Sergipe. Considerando todo o universo desta pesquisa, a quantidade média de Arquitetos e Urbanistas por escritório de projetos é de 3,5 profissionais, o que demonstra que são empresas enxutas, com pequena quantidade de funcionários.

Após a visita e entrevista com os diversos escritórios de projetos em Aracaju, entrevista com os Arquitetos e Urbanistas responsáveis pelos escritórios localizados em outros estados do Nordeste, com o preenchimento dos questionários preparados para esta pesquisa (Apêndice A), foi possível constatar que estes desenvolvem projetos de arquitetura e urbanismo (AU), principalmente, sendo feito o acompanhamento de obras e os projetos executivos por, aproximadamente, dois terços dos respondentes. Apenas quatro dos escritórios pesquisados informaram que também fazem os projetos complementares, como se pode observar na Figura 6.

Figura 6- Área de Atuação dos profissionais de arquitetura e urbanismo



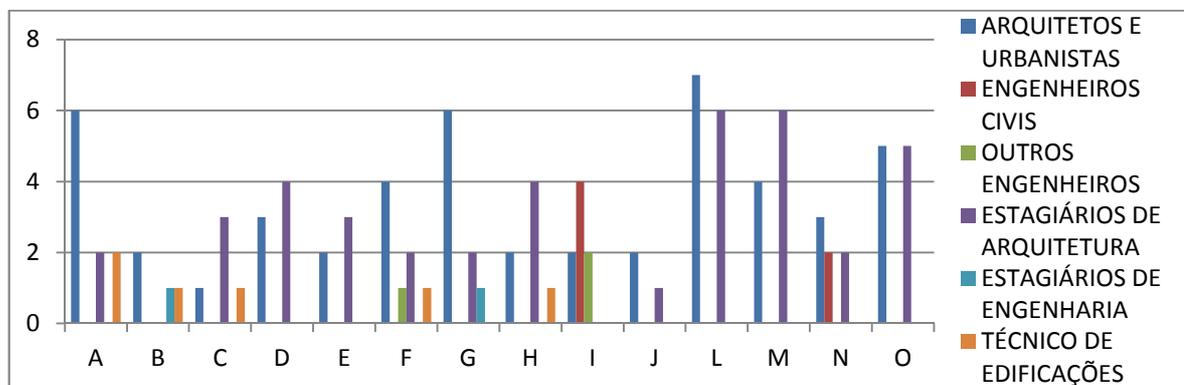
Fonte: Gráfico Elaborado pelo autor.

Com relação à composição das equipes (Figura 7), na grande maioria dos escritórios pesquisados há a predominância de arquitetos e urbanistas, chegando ao máximo de sete profissionais por escritório, número encontrado em apenas um deles, conforme mencionado. Nas equipes quase sempre há técnicos em edificações trabalhando, mas em apenas dois dos escritórios pesquisados, a equipe conta com a presença de Engenheiros Civis, e em

outros dois, de engenheiros com outras formações, sendo que o escritório I o que mais se destaca neste item, uma vez que conta com quatro Engenheiros Civis e dois de outras especialidades.

Cinco dos escritórios localizados em Aracaju trabalham, com Técnicos em Edificações, profissionais que não são encontrados nos escritórios pesquisados, que atuam nos outros estados., Apenas dois dos escritórios visitados não têm estagiários de Arquitetura e Urbanismo no quadro de funcionários, mas em um deles, pode-se encontrar um estagiário de Engenharia Civil, o que deixa clara a importância desta força de trabalho nos escritórios.

Figura 7–Estrutura do Escritório de projeto



Fonte: Gráfico Elaborado pelo autor.

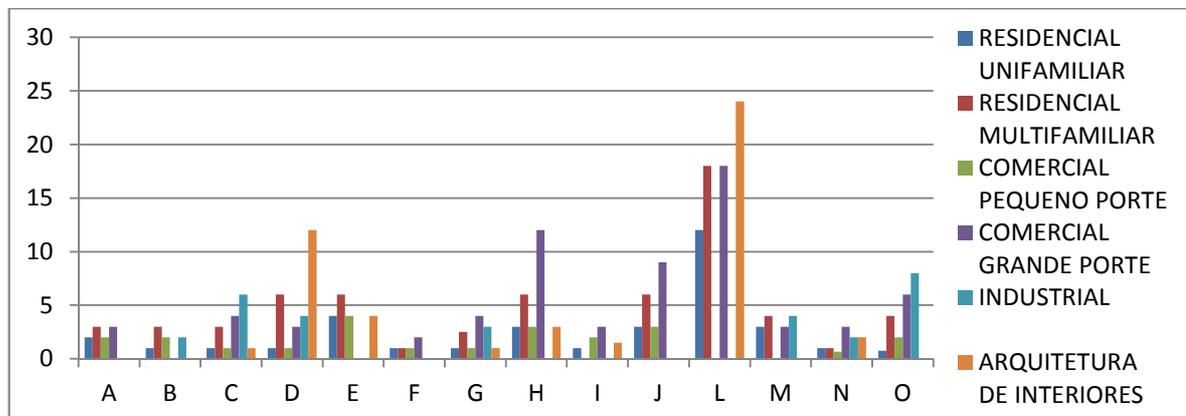
Quanto aos tipos de projetos desenvolvidos, também foi levado em consideração o tempo despendido em cada escritório para a entrega final ao cliente. Neste caso, pode-se observar que há discrepância, quando se trata de um mesmo tipo de projeto. Como se vê na Figura 8, enquanto a empresa D informa levar doze meses e a empresa L informa levar vinte e quatro meses para desenvolver projetos de arquitetura de interiores, as empresas C e G levam apenas um mês. Esta diferença pode significar o tamanho e a quantidade dos ambientes trabalhados, bem como a característica do tipo de projeto, uma vez que, nestes casos, há o comprometimento maior de tempo na escolha dos materiais e na sua finalização, pois exige uma maior interação com o cliente e maior disponibilidade de tempo para visitas a lojas e fornecedores.

Outra diferença significativa é observada no desenvolvimento de projetos comerciais de grande porte. A empresa H informou precisar de doze meses para sua finalização, enquanto as outras empresas, que também atuam neste nicho de mercado, informaram necessitar de três a quatro meses. Neste caso, como há uma variabilidade grande no que se

refere a projetos de grande porte, a diferença de tempo para o desenvolvimento pode ser um reflexo direto do tamanho dos escritórios avaliados (Figura 8). Dentre as atividades que não estavam listadas no questionário, mas que foram informadas pelos entrevistados, merecem destaque projetos de paisagismo, institucionais e estudos ambientais e urbanísticos. Este último, dada à complexidade envolvida no tema, não teve como estimar o tempo necessário para seu desenvolvimento.

Outra informação que pôde ser extraída dos questionários foi a média de tempo comprometida para o desenvolvimento de cada tipo de projeto. Os projetos residenciais unifamiliares, demandam aproximadamente dois meses e meio; os residenciais multifamiliares, necessitam de, aproximadamente o dobro do tempo do anterior, ficando com 4,88 meses; os projetos comerciais de pequeno porte tiveram a menor média, 1,89 meses; os projetos comerciais de grande porte ficaram com 5,83 meses; os projetos industriais necessitam, de acordo com a amostra estudada, de 4,14 meses e, finalizando, a maior média ficou com os projetos de arquitetura de interiores – 6,06 meses, cujas razões prováveis já foram descritas anteriormente.

Figura 8- Tempo dedicado para o desenvolvimento de projetos (meses)



Fonte: Gráfico elaborado pelo autor.

Partindo para as questões que versavam sobre a tecnologia aplicada no desenvolvimento dos projetos, foi identificado que a maioria dos profissionais que participou desta pesquisa, tem conhecimento do BIM (78,5%), mas que apenas 21,4% deles utilizam a ferramenta com regularidade. Dentre as empresas consultadas, a empresa F afirma que já utilizou *softwares* com esta tecnologia, mas que, no momento, não está utilizando por falta de demanda. O entrevistado ainda informou que, por vezes, até desenvolveu o estudo inicial em BIM, mas que fez as pranchas em CAD, e, nesse caso, usam o programa apenas para modelagem, e visualização em 3D.

Dentre as empresas que informaram conhecer, mas que ainda não adotavam estes tipos de programas, aproximadamente metade delas demonstrou o interesse em trabalhar com BIM em um prazo de doze meses. Os que já utilizam (apenas três empresas pesquisadas) trabalham há, no máximo, vinte e quatro meses, excetuando-se uma das empresas sediadas na Bahia, que afirmou trabalhar com o BIM há treze anos. Pode-se então observar que esta é uma tecnologia ainda muito incipiente no mercado imobiliário aracajuano, dentre o grupo de escritórios pesquisados. Em todos os casos, o *software* já adotado ou que virá a ser utilizado é o Autodesk™ RevitArchitecture™. À exceção da citada empresa baiana, nenhum dos outros escritórios atuantes fora do Estado de Sergipe trabalhava com o BIM à época do levantamento.

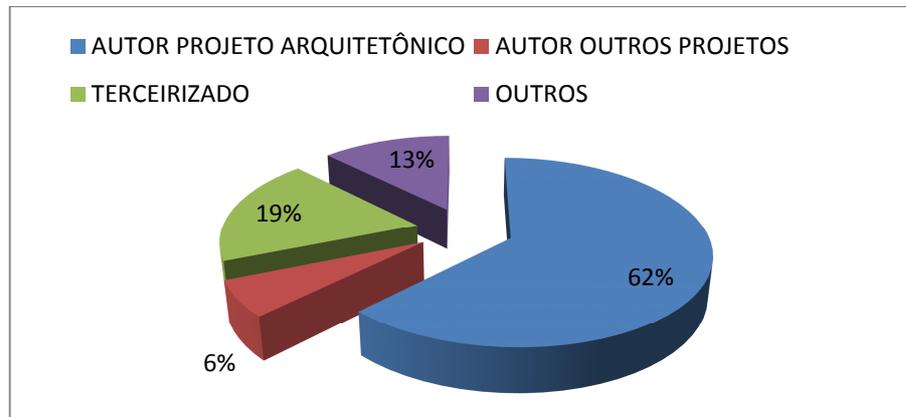
Na pergunta sobre quais as dificuldades encontradas para a implantação do BIM nas empresas, as razões mais destacadas foram a falta de informação sobre os programas existentes; a falta de mão de obra já treinada; o alto custo para sua implantação, uma vez que os *softwares* exigem máquinas mais potentes e com grande capacidade de processamento; e a falta de exigência do mercado. Outros fatores também citados foram a alta rotatividade da mão de obra de estagiários e arquitetos nos escritórios, que desestimula o investimento em capacitação por parte das empresas; a falta de tempo para o aprendizado da nova tecnologia – esta foi uma das respostas mais recorrentes, assim como a dificuldade em convencer os profissionais a desenvolver uma nova maneira de projetar, o que faz com que continuem optando pelo CAD. Estas duas últimas respostas foram recorrentes nos escritórios que estão sediados fora do Estado de Sergipe.

Quando foram questionados sobre a utilização do BIM pelos profissionais que fazem os projetos complementares, todos os entrevistados foram unânimes em afirmar que nenhum dos profissionais com os quais eles trabalham utiliza o BIM, o que faria com que, mesmo utilizando esta tecnologia, os projetos deveriam sair dos escritórios de arquitetura e urbanismo em formato CAD.

Na sequência, foi perguntado se é feita a compatibilização dos projetos de AU com os complementares. Neste caso, a grande maioria dos escritórios pesquisados – dez deles - informou que fazem, dois disseram que fazem parcialmente e outros dois afirmaram que não fazem. A grande maioria informou que, ao fazer o projeto arquitetônico, também se responsabiliza pela compatibilização dos diversos projetos complementares. Apenas uma pequena parte citou que o serviço é feito por empresa terceirizada, com esta finalidade. Em 13% dos casos, foi informado que são os estagiários da própria empresa que se encarregam da compatibilização, como não havia esta opção no questionário, eles figuram como outros, como se pode verificar na Figura 9. A partir desta informação, pode-se concluir que três quartos das empresas entrevistadas, a compatibilização dos diferentes

projetos fica a cargo do escritório que desenvolve o projeto arquitetônico.

Figura 9 - Responsável pela compatibilização nos escritórios de projeto



Fonte: Gráfico elaborado pelo autor.

A terceira parte do questionário traz questões sobre a construção enxuta, onde se pretende entender se as empresas têm conhecimento ou se adotam os conceitos enxutos no seu dia a dia.

Em um primeiro momento, foi perguntado aos entrevistados, o que eles entendem por perda. Nesta questão aberta, as respostas foram as mais variadas possíveis, pois foram relatadas perdas de espaço, de material, perdas financeiras, má gestão dos empreendimentos, baixa demanda por projetos, mudanças nos órgãos reguladores – este item foi citado por mais de um dos entrevistados –, mau uso dos materiais, sujeira na obra e retrabalho. Este último é resultado de perda e foi citado por vários respondentes. Também foi citada a dificuldade e o tempo dedicados a fazer compatibilizações, assim como a necessidade de se fazer um pacto entre o profissional e o cliente, certamente motivado pelas constantes mudanças de prioridades.

Uma das declarações que mais chamou a atenção foi a incompreensão da relação custo versus resultado, pois retrata a indignação do declarante em relação à dificuldade de convencer o cliente sobre a valorização de um projeto de qualidade, que certamente gera economia da construção do empreendimento. Alguns deram sugestões para a melhoria do desempenho, tais como construção com a minimização de perdas; construção com planejamento total, evitando procedimentos desnecessários, como mudanças durante o processo; perdas de materiais e serviços.

A partir destas respostas, pode-se considerar que, apesar de não terem conhecimento formal sobre a construção enxuta, alguns profissionais se preocupam com as perdas que surgem ao longo do processo de projeção e do funcionamento do escritório.

Depois foi perguntado quais os tipos de perdas que eles têm no escritório ou no desempenho de suas funções, conforme Seraphim et al. (2010).

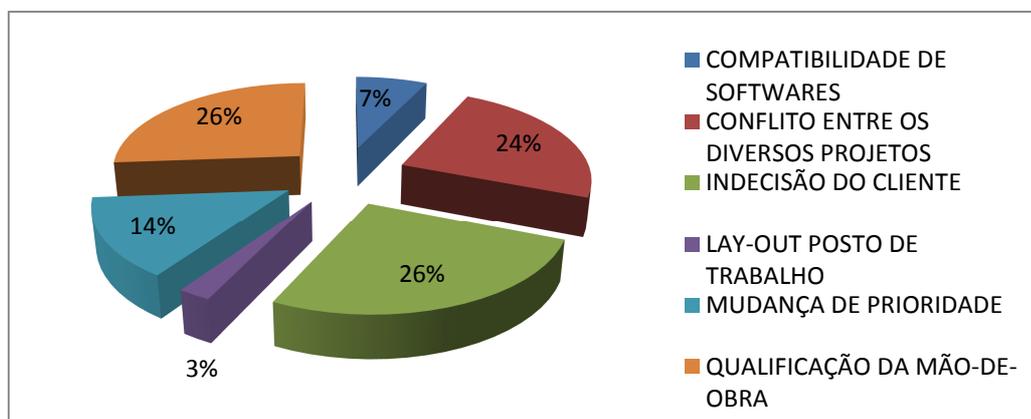
Neste item, os entrevistados listaram vários tipos de perdas, sendo a mais frequente o retrabalho. Outros tipos de perdas citados de forma recorrente foram demora no licenciamento, velocidade do *software*, tempo de revisão e compatibilização dos projetos, que podem ser incluídos no grupo Espera. Também foi indicado como perda as mudanças legais, que são enquadradas no grupo Processamento sem valor, pois, neste caso, há perda de tempo desenvolvendo o projeto, de acordo com normas que não estão mais em vigor, fazendo com que o trabalho seja refeito e demore mais para ser finalizado.

Quanto à categoria Superprodução, pode-se inserir respostas como gastos com impressão e detalhamento. A falta de domínio no uso do *software* e as diferentes plataformas utilizadas, que também foram citadas nos questionários, podem ser agrupadas no item Movimentação, pois é necessário fazer várias adequações nos arquivos já prontos, a fim de que os responsáveis pelos outros projetos possam desenvolver suas partes no empreendimento.

Verificou-se também que todos os itens citados se relacionavam com perdas financeiras e de tempo.

Quando perguntados sobre as causas para as perdas citadas por eles, os entrevistados deram mais ênfase à indecisão do cliente e à qualificação da mão de obra; mas também foram recorrentes as respostas relativas ao conflito entre os diversos projetos, como se pode observar na Figura 10. O item que foi menos considerado referiu-se ao *layout* do posto de trabalho, pois os espaços reservados para cada trabalhador atendiam às suas necessidades, evitando assim deslocamentos desnecessários durante o desenvolvimento do projeto. Quase metade dos entrevistados também considerou a mudança de prioridade por parte dos clientes como uma causa importante.

Figura 10 - Causas para as perdas nos escritórios de projeto

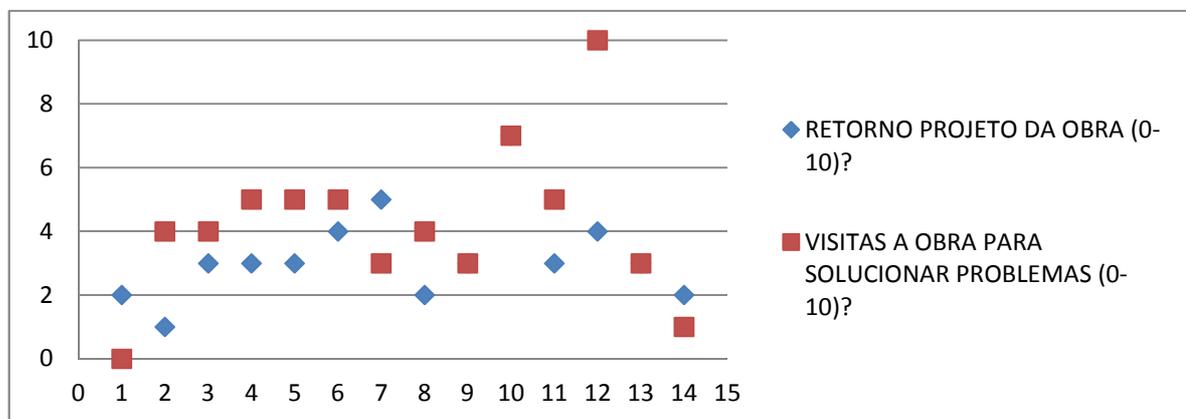


Fonte: Gráfico elaborado pelo autor.

Quanto à percepção dos entrevistados sobre visitas e correções de projetos (Figura 11), observa-se que na pergunta de retorno do projeto da obra o resultado foi de 3,21 pontos em média. Com isto, percebe-se que eles não consideram muito recorrente o retorno dos projetos da obra para correções. Já em relação à segunda pergunta (visita à obra para solucionar problemas), a média foi de 4,21 pontos, superior à primeira, mas, ainda assim, não é considerado um valor significativo. Com isto, a integração dos projetos e o planejamento e a gestão das obras apresenta fragilidade.

Verifica-se também que o grupo não apresenta uma convergência nas respostas, uma vez que para a maioria dos entrevistados a resposta foi igual ou superior a 3 pontos para a primeira pergunta e igual ou superior a 4 pontos para a segunda. Outra observação importante que pode ser extraída da figura é que, segundo as notas dadas, o retorno do projeto da obra é inversamente proporcional às visitas à obra para solucionar problemas, o que, de certa forma, demonstra uma lógica em relação às questões, ou seja, quanto mais visitas são feitas, menor a quantidade de vezes que o projeto retorna da obra para correções. Na segunda questão, a dispersão entre as notas dadas foi significativamente maior do que na primeira pergunta.

Figura 11 - Necessidade de ajustes nos projetos dos escritórios de projeto



Fonte: Gráfico elaborado pelo autor.

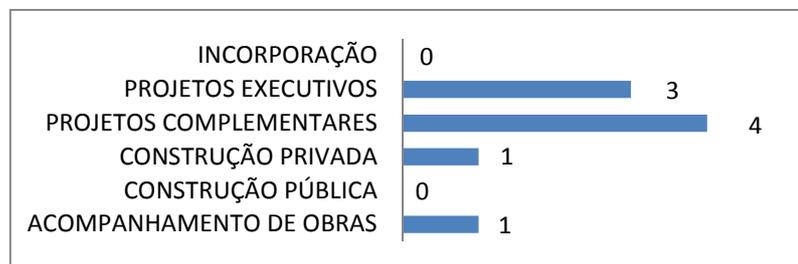
Pode-se então aferir que, na percepção dos entrevistados, após a finalização dos projetos, não existe grande necessidade de mudanças durante a obra, pois as médias das notas foram baixas. No entanto, ao se verificar o subitem 4.5 Empresas de Construção, ver-se-á que muitas decisões são tomadas pelos envolvidos diretamente na construção, evitando assim as consultas e/ou visitas dos projetistas ao canteiro de obras.

4.5 Empresas de Engenharia que fazem projetos complementares

Na pesquisa com escritórios de Engenharia, que fazem projetos complementares, sediadas na cidade de Aracaju, foram entrevistadas quatro empresas que se destacam no mercado local com esta atividade. Apesar de ser um número muito pequeno de empresas, elas são representativas pela quantidade e importância dos projetos que desenvolvem.

A partir dos dados coletados no questionário (Apêndice B), pode-se observar que as empresas pesquisadas trabalham prioritariamente desenvolvendo projetos complementares e executivos, como se pode observar na Figura 12. Uma das empresas também trabalha com acompanhamento de obras e outra executa construção privada.

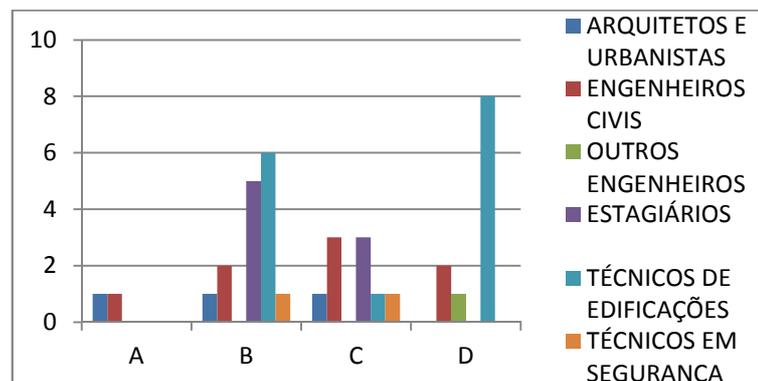
Figura 12 - Área de Atuação das empresas que trabalham com projetos complementares



Fonte: Gráfico Elaborado pelo autor.

Com relação à composição das equipes (Figura 13), todas as empresas contam com Engenheiros Civis e, apenas uma das empresas pesquisadas não tem um Arquiteto e Urbanista no quadro de funcionários. Assim como a maior parte das outras empresas de projeto pesquisadas, os escritórios contam com poucos profissionais de nível superior – no máximo quatro, mas, têm uma maior variedade de técnicos envolvidos, uma vez que quase todas contam com estagiários. Somente as empresas que trabalham também com construção possuem em seu quadro de profissionais Técnicos em Edificações e em Segurança.

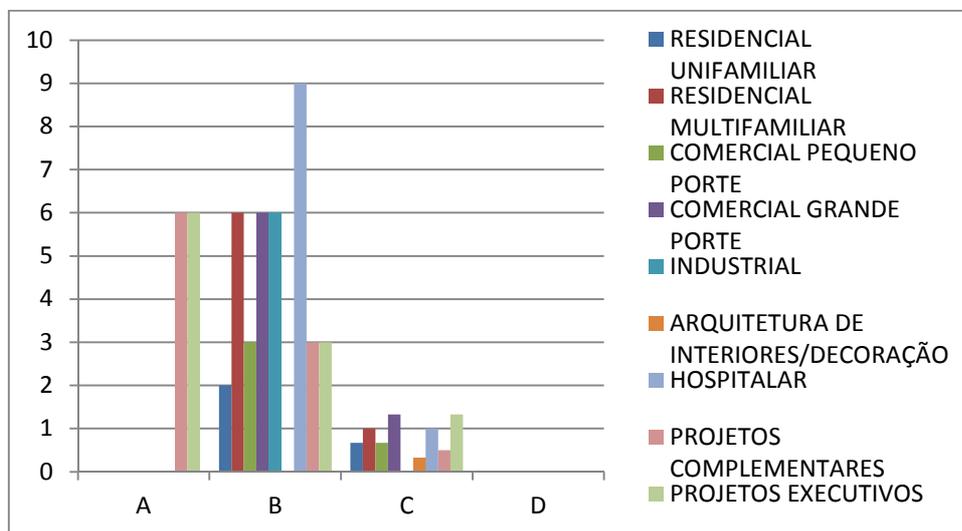
Figura 13 – Estrutura do Escritório de projetos complementares



Fonte: Gráfico Elaborado pelo autor.

Quanto aos tipos de projetos desenvolvidos, também foi levado em consideração o tempo despendido em cada escritório para a entrega final ao cliente. Neste item, um dos escritórios entrevistados não respondeu (empresa D) a questão. Em todo o caso, pode ser observado na Figura 14 que há uma grande variação no tempo informado pelos respondentes sobre os projetos complementares e executivos. Enquanto a empresa A informa levar seis meses para prepará-los, a empresa B informa a metade deste tempo e a empresa C leva 15 dias para o primeiro caso e 40 dias para o segundo. Esta diferença pode ter alguma relação direta com a quantidade de Engenheiros Civis que trabalham em cada empresa, pois a relação de tempo é inversamente proporcional à quantidade desses profissionais, como se pode observar na comparação das Figuras 13 e 14.

Figura 14- Tempo dedicado para o desenvolvimento de projetos (meses)



Fonte: Gráfico elaborado pelo autor.

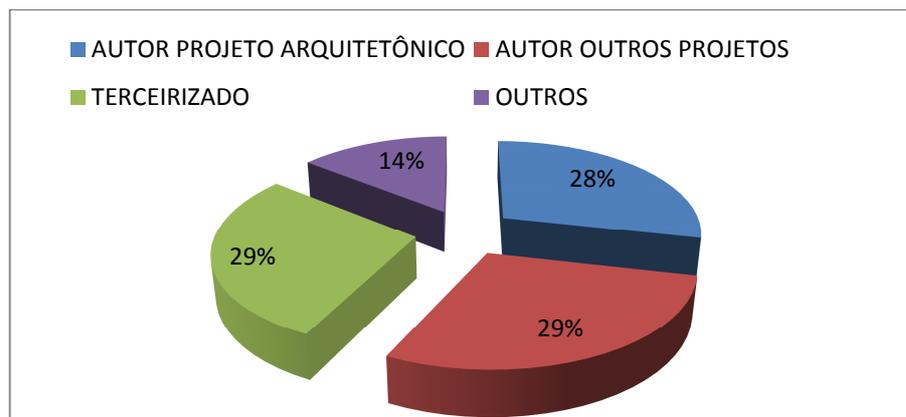
Partindo para as questões que versavam sobre a tecnologia aplicada no desenvolvimento dos projetos, foi identificado que a maioria dos profissionais que participou desta pesquisa, tem conhecimento do BIM (três quartos), mas que apenas um deles afirmou utilizar a ferramenta com regularidade. Esta última informou que já usa *softwares* BIM há seis anos, utilizando o Eberick™, para projetos estruturais e de instalações. Este *software* foi citado por outros respondentes, como um interesse futuro, mas sem previsões de quando pretendem vir a adotar.

Quando perguntados sobre as dificuldades encontradas em relação ao BIM, foi citado que o projeto arquitetônico já deveria vir modelado, a fim de que pudesse ter os projetos complementares trabalhados na mesma tecnologia. Outra opinião foi a falta de mão de obra especializada na área.

Ao serem questionados se os fornecedores de projetos utilizam o BIM, apenas metade dos entrevistados respondeu afirmando que não. Os outros dois entrevistados deixaram a resposta em branco. Pode-se notar uma relação direta com a informação do parágrafo anterior.

Na sequência, foi perguntado se é feita a compatibilização dos projetos de AU com os complementares. Neste caso, alguns entrevistados marcaram mais de uma resposta, como se pode observar na Figura 15. Houve, porém, uma convergência das respostas, considerando como responsáveis pela compatibilização os autores dos projetos arquitetônicos e complementares, bem como uma empresa contratada para esta finalidade. Uma das empresas informou que toda a equipe envolvida no empreendimento fica responsável por esta atividade e marcou este resposta em outros. Provavelmente o respondente teve a intenção de informar que cada projetista fica responsável pela compatibilização de seu projeto com os outros.

Figura 15 - Responsável pela compatibilização nos escritórios de projetos complementares



Fonte: Gráfico elaborado pelo autor.

A terceira parte do questionário traz questões sobre a construção enxuta, onde se pretende entender se as empresas têm conhecimento ou se adotam os conceitos enxutos no seu dia a dia.

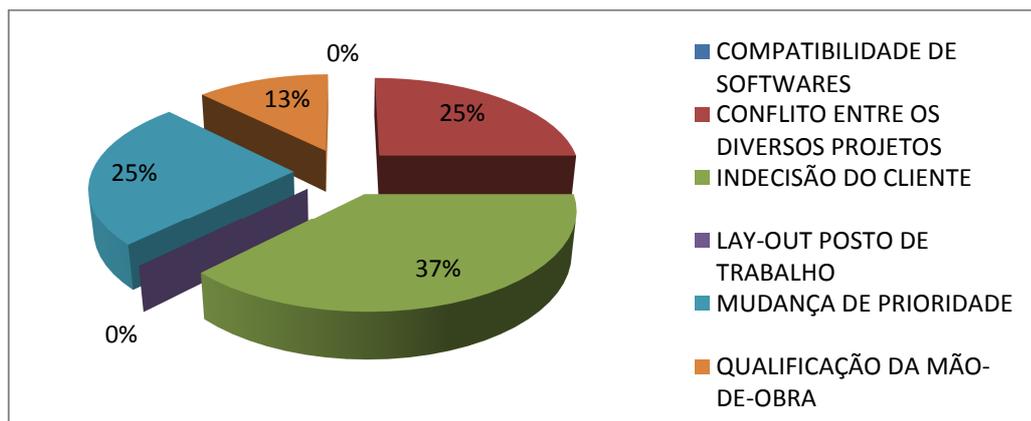
Em um primeiro momento, foi perguntado aos entrevistados, o que eles entendem por perda. Nesta questão aberta, a resposta mais recorrente foi falta de compatibilização, mas também foram identificados o retrabalho (na realidade, uma consequência da perda e da falta de compatibilização), o tempo empregado na administração da obra para solução de problemas, as horas que o projetista precisa ocupar prestando assistência na obra, a falta de detalhamento e a falha nas especificações.

Pode-se notar que a tecnologia BIM pode auxiliar na redução de algumas dessas perdas, pois como o modelo trabalha com todas as disciplinas ao mesmo tempo, a compatibilização fica mais próxima do real, diminuindo o retrabalho e os constantes ajustes no projeto que hoje são feitos durante a obra.

Na sequência foi perguntado quais os tipos de perdas que eles têm no escritório ou no desempenho de suas funções. Neste caso, a resposta que mais apareceu foi o retrabalho. Também foram citados o estoque, o processamento e os produtos defeituosos, que, segundo o entrevistado, são causados em decorrência de projetos arquitetônicos mal feitos.

Quando perguntados sobre as causas para as perdas, a resposta mais recorrente foi a indecisão do cliente, mas também mereceram destaque a mudança de prioridade e o conflito entre os diversos projetos, conforme pode ser observado na Figura 16.

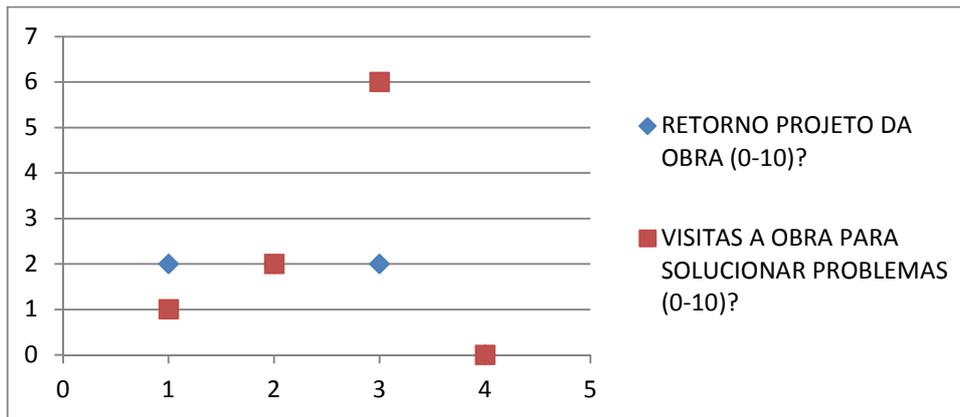
Figura 16 - Causas para as perdas nos escritórios de projeto



Fonte: Gráfico elaborado pelo autor.

Finalizando este questionário, foi solicitado aos entrevistados que dessem uma nota à percepção que eles têm sobre visitas e correções de projetos (Figura 17). Pode então ser observado que na pergunta de retorno do projeto da obra a média obtida foi de 1,5 pontos, enquanto que as visitas à obra para solucionar problemas tiveram uma média de 2,25 pontos. Em ambos os casos, as médias foram baixas, deixando claro que os entrevistados não consideram significativas estas atividades. A segunda pergunta teve uma dispersão maior, mas não foi significativa, principalmente porque uma das empresas consultadas não se manifestou nesta questão.

Figura 17 - Necessidade de ajustes nos projetos dos escritórios de projeto



Fonte: Gráfico elaborado pelo autor.

Pode-se então aferir que, na percepção destes entrevistados, após a finalização dos projetos, também não existe grande necessidade de mudanças durante a obra, ao menos no que diz respeito à presença do projetista no local da construção. Esta percepção combina com a obtida a partir dos questionários respondidos pelos escritórios que fazem projetos de Arquitetura e Urbanismo.

4.6 Empresas de Construção

Nesta pesquisa, os questionários referentes a esta área (Apêndice C) foram passados para onze empresas de construção, sendo dez estabelecidas em Aracaju (SE) e uma em Salvador (BA). É importante destacar que, das dez empresas construtoras atuantes em Sergipe, duas são sergipanas e atuam também em outros estados, e duas são de outros estados e estão atuando em Sergipe. Neste levantamento, foi possível detectar o panorama atual quanto à utilização do BIM, conforme será visto a seguir.

Das empresas pesquisadas, a grande maioria trabalha com incorporação e construção, enquanto que apenas duas informaram atuar somente com construção. Quase dois terços do total de entrevistados informaram que trabalham com construção privada e apenas duas delas trabalham com construção pública. Nenhuma das empresas informou trabalhar com o desenvolvimento de projetos complementares e apenas uma afirmou fazer projetos executivos, como se pode observar na Figura 18.

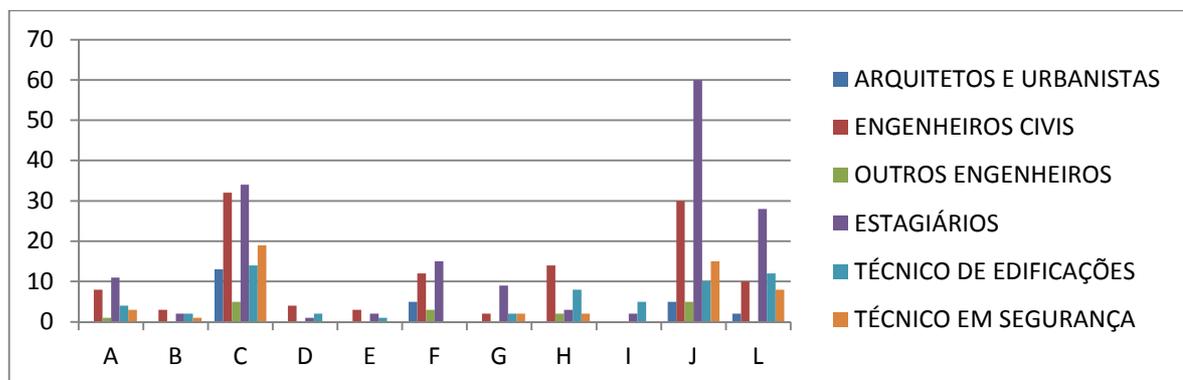
Figura 18 - Área de Atuação das empresas construtoras



Fonte: Gráfico elaborado pelo autor.

Ainda na primeira parte do questionário, quanto à composição das equipes que trabalham nas empresas pesquisadas, como se pode observar na Figura 19, pode-se notar que as empresas C e J se destacam dentre as demais na quantidade de Engenheiros Civis, pois são empresas de grande porte para o Estado, e que atuam em diversos segmentos, como poderá ser observado mais adiante, incorporando em seu quadro uma diversidade maior de profissionais. Outra empresa que merece destaque é a L, pois vem crescendo nos últimos anos, principalmente na área de empreendimentos residenciais multifamiliares. As outras empresas sergipanas têm porte significativamente menor que as empresas destacadas anteriormente, mas equivalentes entre si. As empresas B, D e E atuam essencialmente com construção privada e duas delas estão começando a investir em incorporação. A empresa F, que atua apenas na área de incorporação também se destaca, pois os empreendimentos por ela desenvolvidos até o momento têm um porte significativo e atua no mercado baiano.

Figura 19 - Estrutura técnica das empresas construtoras



Fonte: Gráfico elaborado pelo autor.

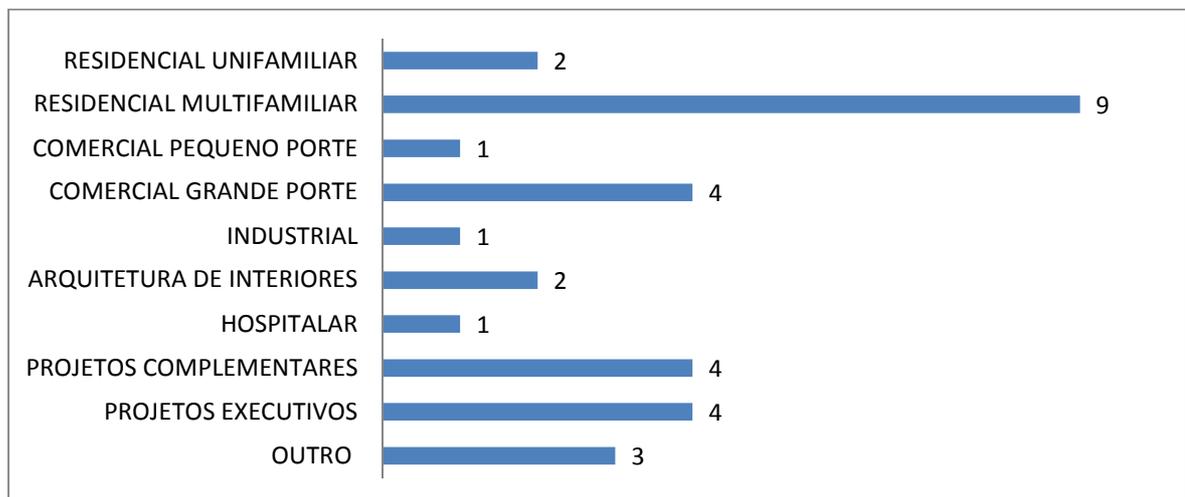
Quando foi feita a pergunta sobre os tipos de projetos desenvolvidos/contratados, a Figura 20 mostra que quase todas as empresas entrevistadas trabalham no segmento

residencial multifamiliar. Neste item, as empresas pesquisadas atuam em todas as áreas listadas, o que demonstra uma variedade na atuação delas, porém, três das dez áreas foram citadas por apenas uma das empresas entrevistadas e em outras duas áreas, apenas duas empresas informaram atuar.

Deve ser dado destaque à resposta aos outros projetos, pois este item foi marcado por três das empresas entrevistadas, a empresa A citou que trabalha com infraestrutura urbana, a empresa C informou que faz os projetos de compatibilização e a empresa H também constrói hotéis. Este item inclusive foi o único informado pela empresa C. Esta resposta não ficou condizente com a realidade, pois é sabido que a mesma trabalha com diversos tipos de empreendimentos, tais como residencial multifamiliar, infraestrutura e comercial de pequeno e grande porte.

A falha na informação pode ser creditada ao não entendimento da pergunta, pois o questionário cita projetos desenvolvidos, quando eles poderiam ser considerados como os projetos desenvolvidos/contratados pela empresa. Esta pergunta estava associada com o tempo que as empresas levam para receber os projetos prontos dos seus fornecedores. Como não houve resposta por parte dos entrevistados para a questão do tempo, este item ficou prejudicado e não será levado em consideração neste momento do estudo.

Figura 20 – Projetos Desenvolvidos / Contratados pelas empresas construtoras



Fonte: Gráfico elaborado pelo autor.

A segunda parte do questionário, que se refere à tecnologia utilizada na elaboração dos projetos desenvolvidos/contratados pelas empresas, questiona primeiramente se a pessoa entrevistada conhece o BIM. Neste item, apenas o respondente da empresa L afirmou não conhecer esta tecnologia. Em compensação, na pergunta seguinte, quando

questionadas se utilizam o BIM, apenas um entrevistado respondeu afirmativamente. Esta empresa é justamente a que atua no mercado baiano e fez um grande investimento, a fim de capacitar seus funcionários e as empresas envolvidas em seus empreendimentos, para o uso do BIM, adquirindo máquinas (equipamentos computacionais) e licenças e promovendo cursos de capacitação para colaboradores de todos os escritórios envolvidos.

A pergunta seguinte versava sobre quais são as dificuldades para a implantação. Como se tratava de uma pergunta aberta, as respostas foram variadas, mas a maioria delas citava a dificuldade de encontrar profissionais já capacitados na área e a necessidade de capacitação das equipes. Uma delas chegou a destacar a falta de profissionais que forneçam os projetos em BIM. Outras respostas que apareceram foram a falta de informação no mercado e a falta de estrutura operacional da própria empresa. Apenas a empresa atuante no mercado baiano (empresa F), que já trabalha com a tecnologia, informou neste item que a dificuldade encontrada para a implantação foi haver poucos projetistas que já adotem tal tecnologia, o que faz com que a própria empresa modele os projetos internamente. Ainda, foram citados por algumas empresas, a falta de política interna que exija este produto, o tempo para execução dos projetos e inclusive o desconhecimento por parte da empresa.

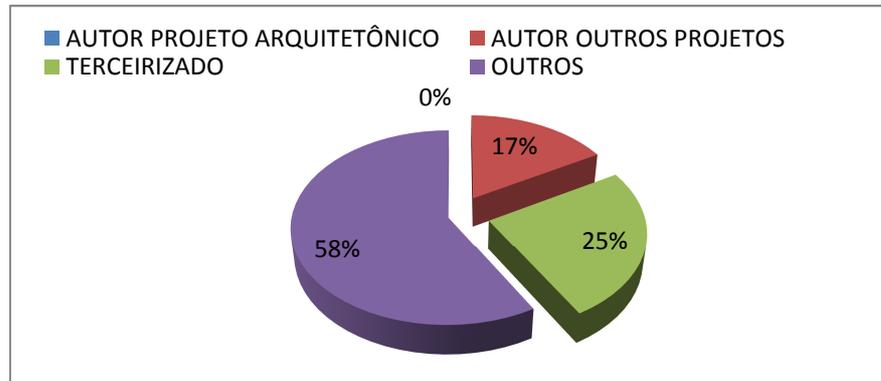
Dentre as empresas entrevistadas por meio de seus representantes e que ainda não trabalham com o BIM, apenas uma delas demonstrou interesse em vir a implantar o sistema, mas em um prazo de até três anos. Neste caso, foi citado o *software Autodesk Revit Architecture™* como o mais provável a vir a ser adotado. A empresa que já trabalha com o BIM utiliza-se do mesmo *software*, além do *Autodesk Navisworks™*, que trabalha junto com o *Autodesk Revit Architecture™*, unindo as informações dos diversos projetos envolvidos no trabalho, a fim de gerar um modelo global, no qual se pode inclusive criar visualizações 4D, em que o elemento tempo é inserido e é possível simular a evolução do empreendimento ao longo da obra.

Continuando nesta parte do questionário, foi perguntado se o fornecedor de projetos utiliza o BIM. Nesta questão, apenas duas empresas, mais uma vez, a que atua no mercado baiano e outra que também atua no mercado do sudeste do Brasil informaram que sim. Todas as outras deram respostas negativas.

Quando foi perguntado se é feita a compatibilização dos diferentes projetos nas obras desenvolvidas pelas empresas, todas afirmaram que sim. Como se pode observar na Figura 21, a maioria dos respondentes marcou a opção “outro”, mas todas elas indicaram que tal serviço é feito por profissionais da própria empresa. As empresas C e J informaram que o autor de outros projetos faz a compatibilização e as empresas E e I afirmaram

contratar uma empresa terceirizada para realizar este trabalho. A empresa F citou que, em certos trabalhos, contrata uma empresa terceirizada para fazer a compatibilização, mas que, na maioria das vezes, este serviço é feito por funcionários próprios.

Figura 21 - Responsável pela compatibilização dos projetos nas empresas construtoras



Fonte: Gráfico elaborado pelo autor.

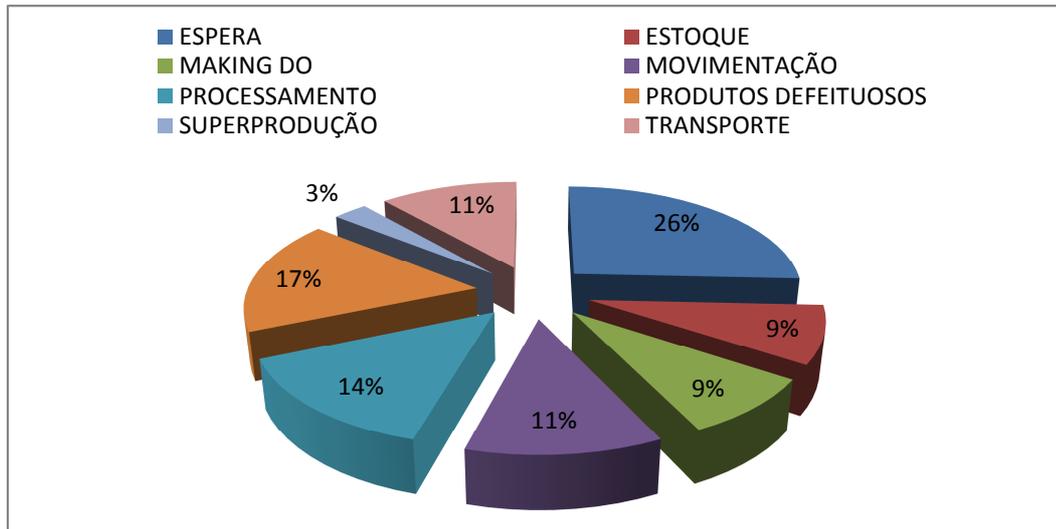
Passando para a terceira parte do questionário, as perguntas versavam sobre a Construção Enxuta. A primeira pergunta era aberta e questionava o que os entrevistados entendiam como perdas relacionadas a projeto. Neste caso, as respostas variaram desde dificuldades referentes aos projetos, como falta de compatibilização, de revisão até falta de comprometimento e profissionalismo dos profissionais contratados. Outros citaram retrabalho (mais uma vez, o termo foi citado, embora se refira a uma causa da perda), atrasos na obra, perdas na obra por falta de detalhamento nos projetos, espera, produtos defeituosos, perda de material, gasto excessivo de tempo por falta de otimização nos projetos, falta de um sistema de modulação, desperdício, aumento do ciclo de execução da obra, e perdas que poderiam ser evitadas por um projeto melhor.

Um dos entrevistados, ao responder a esta pergunta, indicou não o que ele considera como perdas, mas sim como evitá-las. Suas respostas foram: quanto melhor compatibilizado, menor a perda; industrialização de materiais; aumento de tecnologia e mão de obra mais capacitada. É importante dar destaque a esta resposta, pois todas as sugestões estão associadas diretamente ao uso da tecnologia BIM, que o respondente afirma não conhecer e, portanto, não tem previsão em vir a adotar.

Na sequência, foram listados os tipos de perda encontrados no trabalho de Womack e Jones (2003). Como a pergunta era de múltipla escolha, os entrevistados puderam marcar mais de uma opção, considerando a situação individual de cada empresa. Neste caso, a grande maioria das empresas citou ter perdas com espera e apenas uma delas informou ter

perdas relacionadas com superprodução. Quanto aos outros tipos de perdas, como se pode observar na Figura 22, as que tiveram maiores índices de reposta foram as relacionadas com produtos defeituosos e processamento, que foram anotadas por aproximadamente metade das empresas pesquisadas.

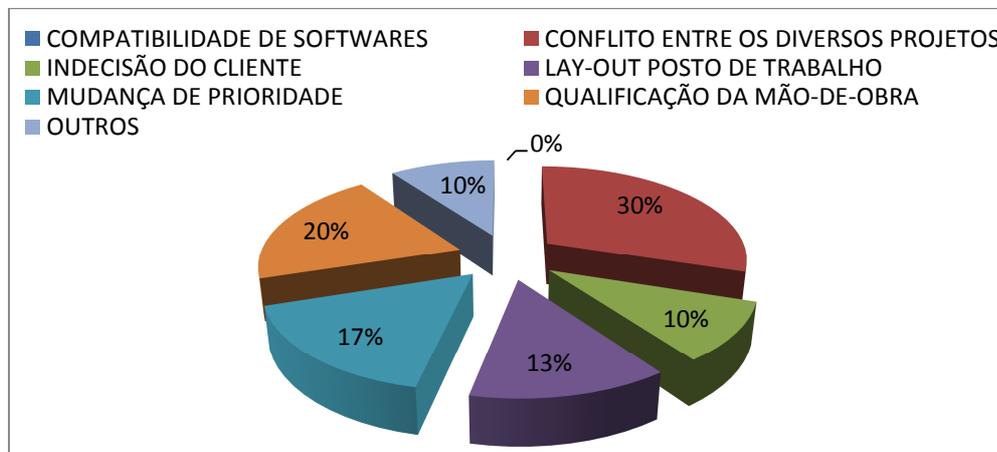
Figura 22 - Tipos de perdas no projeto que a empresa construtora tem?



Fonte: Gráfico elaborado pelo autor.

Em seguida foi perguntado quais as causas para as perdas listadas na questão anterior. Neste caso, nove das onze empresas consultadas citaram o conflito entre os diversos projetos e nenhuma delas marcou o item compatibilidade de *softwares*. Quanto aos outros itens, a qualificação da mão de obra e mudança de prioridade foram citadas por aproximadamente metade das empresas (Figura 23).

Figura 23 - Quais são as causas para as perdas nas empresas construtoras relacionadas a projetos?

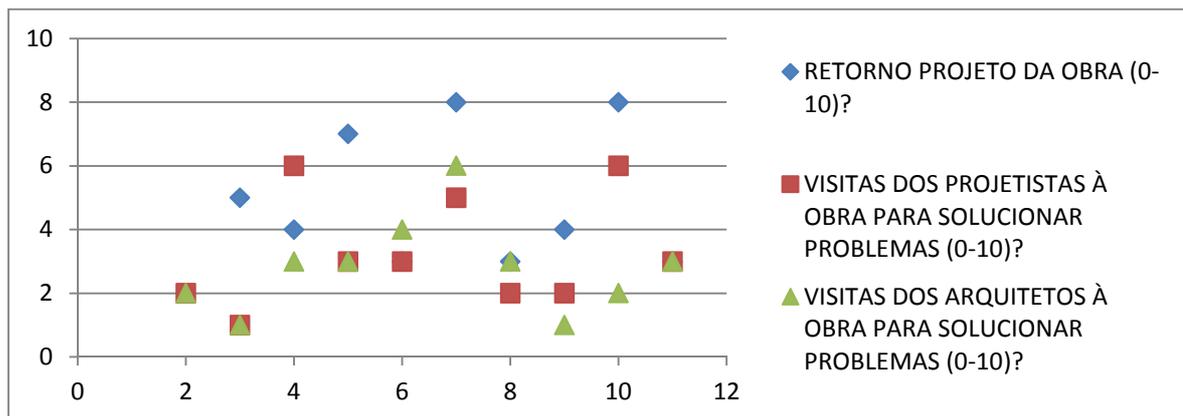


Fonte: Gráfico elaborado pelo autor.

Chegando à parte final do questionário, aparecem três perguntas nas quais os entrevistados deveriam dar notas de zero a dez. Nestas perguntas, os entrevistados deram uma nota referente à percepção deles nas questões 1- quanto à quantidade de vezes que o projeto retorna da obra, 2- quantidade de visitas dos projetistas à obra para resolver problemas e 3- quantidade de visitas dos arquitetos à obra para resolver problemas, conforme já mencionado. Apenas a empresa A não respondeu a estas perguntas, então a média encontrada, se refere às outras dez empresas respondentes.

No caso da pergunta 1, a média das notas atribuídas foi de 4,7 pontos; na pergunta 2, a média foi de 3,3 pontos; e na terceira pergunta, a média foi de 2,8 pontos. Como é possível observar na Figura 24, a dispersão das notas foi significativa, uma vez que as notas da pergunta 1 variaram entre 2 e 8 pontos e as da pergunta 2 ficaram no intervalo entre 1 e 6 pontos, assim como a pergunta 3.

Figura 24 - Necessidade de ajustes nos projetos



Fonte: Gráfico elaborado pelo autor.

Com estas respostas, é possível observar que algumas das empresas de construção civil, ora entrevistadas, consideram significativa a quantidade de vezes que os projetos retornam da obra para ajustes, mas, como a volta dos projetistas para solucionar problemas não é tão significativo, pode-se inferir que, nestes casos, os problemas são solucionados pela equipe de obra da empresa. No caso do retorno dos projetos dos arquitetos, alguns consideram a situação significativa, porém, na maioria dos casos, os valores são próximos aos dos outros projetistas.

4.7 Dificuldades para implantação da tecnologia BIM pelos agentes pesquisados

Após análise detalhada das informações colhidas durante as entrevistas, pode-se observar que na cidade de Aracaju, dos escritórios de projetos de arquitetura e urbanismo pesquisados, os que mais se destacam possuem uma equipe de trabalho compacta, na qual o arquiteto que comanda a equipe usualmente é o titular do escritório. Na grande maioria dos casos avaliados, verificou-se que ainda não há a adoção do BIM no desenvolvimento dos projetos, tendo como uma das razões mais fortes a falta de exigência do mercado, uma vez que os clientes não demandam que os projetos sejam feitos com o uso desta tecnologia, nem se encontram facilmente profissionais com este conhecimento na área. Esta afirmação é confirmada a partir do trabalho de Checucci, Pereira e Amorim (2013), pois no levantamento feito durante o V TIC, ficou claro que a resistência e o medo de mudanças foram citados por mais do que a metade das pessoas que responderam ao questionário.

Considerando que o universo pesquisado foi restrito, apesar de representar aproximadamente 20% dos escritórios atuantes no Estado de Sergipe; sendo os escritórios avaliados os mais atuantes no mercado local e apesar dos recursos agregados no BIM facilitarem a integração dos projetos, o planejamento e a gestão das obras, pode-se ter um indicativo de que a tecnologia BIM ainda não foi incorporada ao processo de desenvolvimento de projetos pelos profissionais que atuam na cidade.

Os escritórios de projeto de Arquitetura e Urbanismo, que estão sediados fora do Estado de Sergipe, demonstraram que têm estrutura semelhante à encontrada no Estado de Sergipe, mesmo desenvolvendo empreendimentos de relevância nos estados em que estão instalados e fora deles.

Resultados obtidos em pesquisas realizadas no Chile e na Alemanha, em 2012 mostram resultados próximos aos encontrados nesta pesquisa:

Na Alemanha, Both (2012) identificou que mais de 92% das empresas de construção têm menos do que 20 pessoas (Escritório Federal de Estatística da Alemanha, 2010 apud Both, 2012) e a quantidade média de arquitetos e engenheiros por escritórios é entre três e cinco empregados (HOMMERICH; EBERS, 2006 apud Both, 2012).

Mesmo em sistemas modernos baseados em CAD, os modelos são usados para gerar pranchas 2D. Assim, não se explora a alta densidade e qualidade das informações geradas pelo modelo no planejamento e nas fases seguintes do ciclo de vida, o que aumentaria o valor agregado no projeto (BOTH, 2012).

Nas empresas pesquisadas por Both (2012), o BIM é o método favorito, principalmente nas fases iniciais. Neste caso, ele é usado para visualização, por mais de 77% dos entrevistados, e para o desenvolvimento do projeto em mais de 66%. Nos processos seguintes, como detalhamento (52%) e planejamento da construção a frequência diminui. Muito mais baixa é utilização do BIM na área de projeto de instalações, que fica em 22,4%.

No Chile, Vergara e Beiza (2012) entrevistaram mais de 160 escritórios de Arquitetura e de Engenharia e identificaram que cerca de um quarto (24,8%) dos entrevistados indicaram ser usuários de BIM, com qualquer nível de uso, inclusive aqueles que simplesmente têm um programa BIM e usaram algumas vezes, até mesmo aqueles que são usuários regulares ou pesados da tecnologia.

Dentre os usuários do BIM, o *software* preferido é o Autodesk™ Revit™ Architecture (52,9%), seguido de perto por Graphisoft™ ArchiCAD™ (47,1%). Dentre os entrevistados que não utilizam o BIM, as opiniões para que eles venham a adotar a tecnologia que tiveram maior destaque foram: sua massificação na indústria (79,1%), a necessidade de trabalhar com outros profissionais que utilizam o BIM (70,8%) ou vir a ser exigido pelo cliente (60,4%). (VERGARA; BEIZA, 2012).

Pode ser então observado, a partir destes trabalhos, que tanto na Alemanha, quanto no Chile, a adoção do BIM não está muito diferente do observado nesta pesquisa, bem como o tamanho dos escritórios e das empresas envolvidas na indústria de AEC. Os problemas também são recorrentes e as dificuldades para a implantação se repetem nestes países.

Dentre os presentes ao V TIC, apenas 4% eram oriundos de estados do Nordeste, mesmo assim, representando cinco dos nove estados. As exceções são os estados de Pernambuco e Bahia, que tiveram uma quantidade significativamente maior de representantes (CHECUCCI; PEREIRA; AMORIM, 2013). A partir desta amostra, que era formada por pessoas interessadas em discutir o tema, é possível aferir o pequeno interesse sobre o BIM e, conseqüentemente, a falta de adoção desta tecnologia na região.

A implantação do BIM ainda não está sendo considerada prioridade pelas empresas entrevistadas para este trabalho, seja por falta de informação, pela falta de mão de obra, pelo alto custo envolvido com a compra de equipamentos, licenças e capacitação das equipes ou até pela falta de exigência por parte dos contratantes.

Para que se possa reduzir o custo com o processamento de grandes arquivos, já está disponível a computação em nuvem, na qual se podem processar grandes quantidades de informações em computadores espalhados pelo mundo, evitando assim o alto custo

envolvido na aquisição de *hardwares*. A Autodesk™, desenvolvedora do REVIT™, disponibiliza a seus usuários o Autodesk 360™ (AUTODESK 360, 2014), que vem a ser um serviço no qual os usuários podem armazenar, visualizar, compartilhar, colaborar e renderizar seus projetos, diminuindo assim a necessidade de uma alta capacidade de processamento dos equipamentos, sem diminuir a qualidade do produto que está sendo desenvolvido.

O levantamento feito nas empresas que desenvolvem projetos complementares demonstrou que estas empresas também contam com equipes pequenas e que, apesar de já terem conhecimento sobre a tecnologia BIM, em sua maioria, ainda não a utilizam. Apenas uma das empresas admitiu já utilizar *softwares* com esta tecnologia. Mesmo se tratando de um pequeno universo pesquisado, em Sergipe não existem muitos escritórios que trabalham nesta área, portanto, o levantamento feito, mesmo que restrito, dá uma indicação de como anda a utilização do BIM no estado.

Neste caso, algumas empresas estão cientes das vantagens que esta tecnologia pode trazer ao desenvolvimento de seus trabalhos, mas, como seu uso não é exigido pelos contratantes e os projetos arquitetônicos ainda não são entregues modelados, alguns dos escritórios pesquisados não tomaram a decisão de começar a trabalhar com os *softwares* BIM.

A diferença substancial entre os escritórios com implantação bem sucedida e escritórios que não tiveram êxito está no tipo de treinamento e tecnologia. Enquanto no primeiro caso, o treinamento foi encarado como um processo contínuo, desenvolvido principalmente através de centros de formação formais; no segundo a aprendizagem foi feita através da experimentação pessoal e de partilha de experiências entre os profissionais. Na ausência de treinamento, escritórios tendem a repetir os mesmos processos de trabalho que são usados para AutoCAD™, que vem a ser uma maneira errada de lidar com a tecnologia BIM. (VERGARA; BEIZA, 2012).

Ainda no trabalho de Vergara e Beiza (2012), embora os arquitetos tenham expressado grande interesse e vontade (provavelmente explicada pela sua abordagem natural para ferramentas de visualização 3D digitais), engenheiros e especialistas estão distantes e céticos sobre a adoção do BIM no desenvolvimento de seus empreendimentos.

No trabalho de Checucci, Pereira e Amorim (2013), chegou-se à conclusão de que, à época da pesquisa, foi observado um crescimento anual na busca pelo conhecimento sobre o BIM, mas que a tecnologia ainda estava sendo utilizada de maneira muito restrita, sendo observada principalmente nos primeiros momentos do ciclo de vida da edificação, ou seja, na fase de projeto.

A partir das entrevistas feitas para este trabalho, foram identificados alguns projetos em estágio adiantado de desenvolvimento no Brasil, contando inclusive com as obras em andamento, o que, dentro de mais algum tempo, dará a possibilidade de se conferir a aplicabilidade do BIM na fase de utilização do edifício.

Acredita-se que, com a maior divulgação das facilidades agregadas ao BIM e a capacitação da mão de obra, a tendência é que a adoção do BIM venha a acontecer, como demonstra o interesse dos entrevistados em vir a implantá-lo no prazo de um ano. Como foi apontado nas entrevistas feitas com os escritórios do Sudeste do Brasil, vale a pena ressaltar as experiências citadas sobre os projetos da Petrobras e da Vila dos Atletas, bem como as ações do MDIC, do FDE e da Infraero, como ações iniciais na direção de se vir a adotar a tecnologia BIM para o desenvolvimento de grandes empreendimentos no Brasil. Com o maior uso, há a possibilidade de outras empresas do ramo da construção civil virem também adotar estes *softwares* em seus projetos.

Vergara e Beiza (2012) identificaram que outras dificuldades e desafios observados a partir do estudo dos escritórios de projeto são as barreiras econômicas que existem para as empresas e pequenos escritórios, a falta de apoio público à inovação nesta área de negócio e a falta de programas de treinamento adequadas as reais necessidades da indústria. Já na Alemanha, uma grande barreira para os usuários que não trabalham com o BIM parece ser o capital necessário para investimento. Para aqueles que já utilizam *software* BIM, o aspecto financeiro não é uma barreira ou problema (BOTH, 2012).

Outro fator que poderia auxiliar na decisão de se adotar tal tecnologia seria a incorporação dos conceitos da construção enxuta e do projeto enxuto pelos escritórios, o que passará a dar uma visão mais completa da minimização de custos, com menor perda de tempo e de trabalhos que costumam ser refeitos sucessivas vezes.

Ainda, segundo Checucci, Pereira e Amorim (2013) foram listadas ações, a fim de se dar maior visibilidade e conhecimento sobre o paradigma BIM, como, por exemplo, o ensino e a pesquisa sobre o tema, por parte das universidades; a divulgação, o fomento e a capacitação dos profissionais, promovido pelas entidades de classe e a criação de famílias por parte dos fornecedores de componentes para a construção. Estas ações podem estimular os empreendedores a investir na adoção da tecnologia em questão, pois foi entendido, por mais da metade das pessoas que responderam aos questionários no V TIC, que as construtoras e incorporadoras terão um papel fundamental na divulgação, adoção e valorização do BIM.

Nesta dissertação, fica clara a preocupação dos profissionais entrevistados com o tempo e a energia perdidos quando desenvolvem seus projetos. Então, este já é um

caminho a ser considerado para o desenvolvimento dos conceitos enxutos nestas empresas.

Quando se muda o foco para as empresas da área de construção civil, nota-se, como já havia sido observado nos questionários respondidos pelos arquitetos e urbanistas, que ainda não existe a adoção dos *softwares* BIM. Pode ser destacado que, apesar de terem conhecimento dos conceitos de construção enxuta, há ainda muita resistência em se investir tempo e dinheiro na implantação destes *softwares*.

Ao se levar em consideração o levantamento feito junto às empresas de construção atuantes no Estado de Sergipe, nota-se inclusive a desinformação acerca da tecnologia pesquisada. Em alguns questionários, pôde ser notada a preocupação por parte de alguns entrevistados, em relação às perdas associadas à sua atividade. Alguns citaram conflitos entre os diferentes projetos, a compatibilização, a falta de precisão com que os projetos chegam à obra, a baixa qualidade do serviço entregue por alguns escritórios, dentre outros.

Estas situações podem ser facilmente evitadas com o uso do BIM, como pode ser observado nas entrevistas feitas com os escritórios de Wagner Conde, no Rio de Janeiro e a Contier Arquitetura, em São Paulo. Como eles já desenvolvem projetos utilizando o BIM há muitos anos, puderam dar o testemunho a esta pesquisa, dos avanços associados a esta tecnologia, pois ao se trabalhar com um único modelo, todas as disciplinas envolvidas já saem da fase de projeto com muitas soluções definidas, minimizando as falhas que tanto atrapalham o andamento das obras.

Ao se dar mais prioridade e tempo à etapa de projeto, os projetistas poderão ter uma visão completa do empreendimento, definindo materiais, acabamentos e sistemas construtivos que venham a ser mais adequados às construções que virão a ser feitas, assim como os responsáveis pelo planejamento da obra terão uma visão mais precisa de como planejar o canteiro da obra e o encadeamento das etapas envolvidas na construção, em uma fase que ainda não está gerando grandes custos ao empreendedor e que, certamente, gerará redução de despesas com perdas, como espera, estoque, movimentação, *making-do*, produtos defeituosos, transporte, superprodução e processamento, que são as perdas relacionadas ao processo de construção, uma vez que todas as discussões serão feitas antes do início da etapa de construção.

O alto custo de implantação, com a aquisição de máquinas mais potentes e com o treinamento dos profissionais ainda é um fator que distancia as empresas de construção civil desta tecnologia. Como não há uma exigência por parte dos órgãos financiadores, nem pelos clientes, é provável que ainda demore algum tempo para que esta mudança de paradigma ocorra. Dentre as empresas entrevistadas, apenas a que atua no mercado

baiano tem esta preocupação e já trabalha com o BIM em todos os seus processos, mesmo quando seus fornecedores de projetos ainda não adotaram esta tecnologia.

Na dissertação de Pereira (2013), que abordou tema semelhante ao desta pesquisa, focando o trabalho em escritórios de arquitetura sediados na cidade de Salvador, a conclusão a que a pesquisadora chegou foi próxima à que pôde ser notada neste trabalho. Em sua pesquisa, foi identificado que, apesar de fatores tecnológicos influenciarem a adoção do BIM nos escritórios, as dimensões cultural e gerencial tiveram mais impacto na amostra selecionada e destacou, no Quadro 5, as questões mais citadas pelas empresas pesquisadas.

Quadro 5 – Questões mais citadas das dimensões: gerencial e cultural

DIMENSÃO GERENCIAL	DIMENSÃO CULTURAL
Tempo necessário para a implantação	Resistência em alterar os métodos de trabalho já consolidados, e
Necessidade de formação de mão de obra especializada	
Integração com as equipes de parceiros	
Falta de planejamento para implantação	Necessidade de mudança na forma de pensar a projeção em um ambiente mais colaborativo e considerando todo o ciclo de vida da edificação
Metodologia de projeto, e	
Compatibilização de projetos	

Fonte: Pereira (2013), adaptado pelo autor.

Apesar de ser uma grande mudança na forma de se trabalhar a construção civil, pode-se entender que este é um caminho natural e que, mesmo que ainda não tenham sido adotados como padrão, os recursos associados ao BIM são fundamentais para que se desenvolvam projetos de forma mais econômica, funcional, eficiente e que venham dar mais previsibilidade quando de sua execução, trazendo mais garantias de uma obra limpa, organizada e com redução de perdas ao mínimo possível.

5 CONCLUSÃO

Foi possível observar que, na região estudada, a adoção do BIM como ferramenta para projeto, planejamento e gerenciamento de empreendimentos ainda está ocorrendo de forma muito incipiente. Foi observado que vem sendo identificada por parte dos entrevistados, a necessidade de maior precisão nas informações trabalhadas em um empreendimento, como forma de redução de perdas e de se ter melhor qualidade em todo o processo.

As perdas listadas na literatura podem ser minimizadas ou até eliminadas a partir do uso do BIM, uma vez que o trabalho integrado entre os diferentes projetistas reduz significativamente o tempo de espera, a movimentação e o transporte. Evita o retrabalho, porque, antes da finalização do projeto, já se podem identificar as incompatibilidades, não gerando defeitos. Não há necessidade de processamento sem valor, uma vez que, se trabalhando em uma mesma plataforma, nem é necessária a superprodução, pois a integração dos trabalhos em um mesmo modelo, sendo feita simultaneamente, evita esta perda.

A ferramenta BIM que, por trabalhar em um único modelo, exige uma maior interação entre os diversos atores envolvidos no desenvolvimento dos diferentes projetos que fazem parte do edifício, ainda não foi adotada, pois os maiores interessados em sua adoção (empresas incorporadoras, construtoras e escritórios de projeto) ainda não se sentiram devidamente motivados para mudar a forma como fazem projetos.

Esta ferramenta tem se demonstrado extremamente apropriada para a minimização de conflitos entre as diferentes disciplinas, uma vez que, trabalhando sobre um mesmo modelo, os projetistas têm uma visão mais completa do empreendimento, reduzindo assim as inconsistências que costumam aparecer entre os variados projetos.

A partir do momento em que houver o interesse em se trabalhar simultaneamente, minimizando assim o tempo de espera entre os projetos, o BIM passará a ter uma participação mais expressiva, hoje limitada a algumas experiências, que são, em sua maioria, grandes empreendimentos, que envolvem investimentos vultosos.

Enquanto os contratantes e usuários de projetos não decidirem investir na tecnologia BIM, o que será visto serão experiências isoladas de alguns escritórios que têm maior interesse no uso destes recursos, sem uma maior interação com os outros projetos ou ganhos reais e significativos para a indústria como um todo.

Os escritórios de arquitetura que hoje utilizam o BIM tiveram que investir maciçamente em treinamento das equipes, mesmo com a dificuldade em encontrar literatura sobre o assunto. Alguns escritórios, como foram vistos neste trabalho, tiveram que aprender conjuntamente com os representantes do desenvolvedor, auxiliando inclusive na tradução do REVIT™ para o português, uma vez que este *software* era bem recente quando foi adotado pela empresa. Hoje já se encontram empresas dedicadas a capacitar e auxiliar na implantação do BIM, porém, o custo ainda é alto, o que afasta alguns escritórios menores.

É possível estimar que uma mudança neste cenário, nos próximos anos, possa vir a surgir a partir de incentivo gerado pela exigência dos órgãos públicos, que contratam projetos e obras, da criação de linhas de crédito que estimulem as empresas a investir em treinamento e compra de equipamentos com esta finalidade e na formação dada nas instituições de ensino. Estas, por serem centros de formação dos futuros profissionais, são os locais mais adequados para que se inicie esta mudança de pensamento, estimulando a integração dos projetos e uma melhor comunicação entre todas as etapas do empreendimento.

Com uma avaliação mais detalhada dos recursos incorporados à tecnologia BIM, também será possível fazer uma análise da viabilidade de se vir a incorporar tal recurso no mercado local, uma vez que, até o momento, os dados levantados indicam que os *softwares* paramétricos da família BIM ainda são pouco utilizados regionalmente.

Por estar sendo adotada em outros estados do Brasil, mesmo que ainda para grandes empreendimentos, pode se imaginar que, assim que os primeiros empreendimentos totalmente desenvolvidos com o BIM começarem a ficar prontos, e as vantagens do seu uso ficarem evidentes, outras empresas e escritórios passarão a investir mais nesta tecnologia. Considerando que ela traz tantos recursos que garantam uma boa execução dos projetos, é factível imaginar um crescimento no seu uso ao longo dos próximos anos. Aquelas empresas que estiverem interessadas em reduzir custos e aumentar a qualidade de seus produtos não poderão se furtar a adotar o BIM como padrão no desenvolvimento de seus empreendimentos.

Como a tecnologia está em constante desenvolvimento, é importante citar a computação em nuvem, na qual se podem processar grandes quantidades de informações em computadores espalhados pelo mundo, o que certamente diminui significativamente o custo de implantação de *hardwares*.

Conclui-se então que ainda há muito a avançar para a adoção do BIM na região, uma vez que poucas empresas entrevistadas declararam trabalhar com a ferramenta. Apesar de já serem encontradas no Brasil algumas experiências de uso avançado, a sua utilização ainda está incipiente na maior parte do país.

A partir do levantamento bibliográfico, e das entrevistas feitas no Sudeste do país, ficou claro que existe ganho de produtividade, com a redução de erros e melhoria de qualidade nos projetos desenvolvidos com a utilização desta tecnologia. É importante que se volte a este tema no futuro, a fim de se aferir se a adoção do BIM passará a ser uma realidade no setor de AEC como um todo e, não mais apenas, no desenvolvimento de grandes empreendimentos, como os citados neste trabalho.

Após a finalização desta pesquisa, recomenda-se como estudos para trabalhos futuros:

- Dentro de, pelo menos, mais cinco anos, voltar a avaliar como anda a adoção do BIM pelas empresas envolvidas na cadeia da construção civil;
- Avaliar os resultados dos primeiros empreendimentos projetados e construídos com o uso desta tecnologia e conferir se houve ganho real na qualidade das construções;
- Estudar a evolução dos softwares BIM e a integração entre eles, considerando que existem diversos fabricantes e diferentes funcionalidades em cada um;
- Quantificar a redução de perdas na produção, ao se aplicar a tecnologia BIM;
- Conferir se a aplicação da tecnologia BIM terá se tornado ou estará em vias de se tornar um novo paradigma, quando se considera o desenvolvimento de projetos, planejamento, gerenciamento e operação de edifícios.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, L. S. **A Contribuição dos sistemas BIM para o planejamento orçamentário das obras públicas**: Estudo de caso do Auditório e da Biblioteca de Planaltina. 2012. 134 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de Brasília, Brasília, 2012.
- ANDRADE, M. L. V. X. de; RUSCHEL R. C. BIM: Conceitos, cenário das pesquisas publicadas no Brasil e tendências. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2009. **Anais...** São Carlos: EESC USP, 2009. p. 1-12.
- AUTODESK 360. **Inovação agora com o poder da nuvem**. Disponível em: < <https://360.autodesk.com/landing>>. Acesso em: 19 jan. 2014.
- AYRES FILHO, C. **Acesso ao modelo integrado do edifício**. 2009. 254 f. Dissertação. Programa de Pós-graduação em Construção Civil do Setor de Tecnologia. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.
- AYRES FILHO, C.; SCHEER, S. Diferentes abordagens do uso do CAD no processo de Projeto Arquitetônico. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, VII, 2007, Curitiba, Paraná. **Anais...** Curitiba, 2007. Disponível em: <http://www.cesec.ufpr.br/workshop2007/>. Acessado em 10/08/2012, às 18h.
- BALLARD, G. **The Last Planner System of production control**. 2000. Ph.D. Diss., University of Birmingham, England, 2000.
- BHATLA, A.; LEITE, F. Integration Framework of BIM with the Last Planner System. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 20th, 2012, San Diego, California. **Proceedings...** San Diego, 2012.
- BOTH, P. v. Potentials and Barriers for Implementing BIM in the German AEC Market. In: EDUCATION AND RESEARCH IN COMPUTER AIDED ARCHITECTURAL DESIGN IN EUROPE CONFERENCE, 30, 2012, Praga, República Tcheca. **Proceedings...** Praga, 2012. Disponível em: < http://cumincad.scix.net/data/works/att/ecaade2012_143.content.pdf>. Acesso em: 26 jan. 2014.
- CAMPBELL, D. A. Building information modeling: the Web3D application for AEC. In: TWELFTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON 3D WEB TECHNOLOGY, Perugia, Italy 2007. **Proceedings...** Italy, 2007, p.173-176. Disponível em: <http://doi.acm.org/10.1145/1229390.1229422>. Acessado em: 24.06.2013.
- CASTRO, P. Arquitetura. **Revista Técnica**, São Paulo, v. 168, p. 44, mar. 2011.
- CAU/BR, **Relatório Analítico do Censo dos arquitetos e urbanistas do Brasil registrados no Conselho de Arquitetura e Urbanismo**. Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil. Brasília, Distrito Federal. 2013.

CHECCUCCI, E. S.; AMORIM, A. L. Tecnologias computacionais de auxílio ao projeto de edificações: potencialidades versus dificuldades de implantação. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE IBERO-AMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL, 12, 2008, Havana, Cuba. **Anais...** Havana, 2008. Disponível em: <http://cumincades.scix.net/data/works/att/sigradi2008_109.content.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2014.

CHECCUCCI, E. S.; PEREIRA, A. P. C.; AMORIM, A. L. Uma visão da difusão e apropriação do paradigma BIM no BRASIL – TIC 2011. **Gestão de Tecnologia de Projetos**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 19-39, jan./jun. 2013. Disponível em: <<http://www.iau.usp.br/posgrad/gestaodeprojetos/index.php/gestaodeprojetos/article/view/232/268>>. Acesso em: 10 jan. 2014.

CHENG, J.; LAW, K.H.. Using Process Specification Language for Project Information Exchange. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONCURRENT ENGINEERING IN CONSTRUCTION, 3rd, Berkeley, 2002. **Proceedings...** Berkeley, 2002. p. 63-74. Disponível em http://eil.stanford.edu/publications/jim_cheng/psl_berkeley.pdf. Acessado em 24/06/2013.

EASTMAN, C. M. et al. **Manual de BIM: um guia de Modelagem da Informação da Construção para arquitetos, engenheiros, construtores e incorporadores**. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2014. 484 p.

FABRICIO, M. M. **Projeto Simultâneo na construção de edifícios**. 2002. 350f. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana). Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

FABRICIO, M. M.; BAÍA, J. L.; MELHADO, S. B. Estudo da sequência de etapas do projeto na construção de edifícios: Cenário e Perspectivas. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XVIII, 1998, Niterói, Rio de Janeiro. **Anais...** Niterói, 1998. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep1998_art230.pdf. Acessado em 10/08/2012 às 23h.

FABRICIO, M. M.; MELHADO, S. B. Projeto Simultâneo e a Qualidade na Construção de Edifícios. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL ARQUITETURA E URBANISMO, 1998, São Paulo, **Anais...** São Paulo, 1998. Disponível em: <http://www.pcc.usp.br/silviobm/Publica%C3%A7%C3%B5es%20PDF/NUTAU98-ES.pdf>, acessado em 10/08/2012 às 23h.

FARIA, R. Por que o Building Information Modeling vai mudar a maneira de projetar e construir. **Revista Técnica**, edição 127, outubro 2007. Disponível em: <http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/127/artigo64516-3.asp>. Acessado em 09/08/2012 às 21h:49min.

FIGUEROLA, V. BIM na prática. **Revista Arquitetura e Urbanismo**, São Paulo, v. 208, p. 58-60, jul. 2011.

FORMOSO, C. T. et al. As perdas na construção civil: conceitos, classificações e seu papel na melhoria do setor. Brasil – Porto Alegre, RS. 1997. **Egatea: Revista da Escola de Engenharia**, semestral v. 25, n. 3, pp.

GEROLLA, G. O Brasil - universidades, projetistas, arquitetos, engenheiros - está preparado para o BIM? **Revista Arquitetura e Urbanismo**, São Paulo, v. 208, p. 16-17, jul. 2011.

GOES, R. H. D. T. E. B. D.; SANTOS, E. T. Compatibilização de Projetos: Comparação entre o BIM e CAD 2D. In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, V, 2011, Salvador, Bahia. **Anais...Salvador**, 2011.

KOSKELA, L. Application of the new production philosophy to construction. Estados Unidos – Stanford, California. 1992. **CIFE Technical Report**, n. 72, 81p.

KOSKELA, L. **An exploration towards a production theory and its application to construction**. 2000, 298p. Doctor of Philosophy, Helsinki University of Technology, VTT Technical Research Centre of Finland, Espoo, 2000.

KOSKELA, L. 2004, Making do - the eighth category of waste, in: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 12, 2004, Helsingor, Denmark. **Proceedings...** Denmark. 2004.

KOUIDER, T.; PATERSON, G.; THOMSON, C. BIM as a viable collaborative working tool: A case study. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER-AIDED ARCHITECTURAL DESIGN RESEARCH IN ASIA, 12, 2007, Nanjing, China. **Proceedings...** Nanjing, 2007. Disponível em: <http://cumincad.scix.net/data/works/att/caadria2007_057.content.pdf>. Acesso em: 26 jan. 2014.

KRUGLIANSKAS, I. Engenharia simultânea: organização e implantação em empresas brasileiras. Brasil – São Paulo, SP. 1993. **Revista de Administração**, v. 28, n. 4, pp. 104-110.

LAURINDO, F. J. B.; SHIMIZU, T.; CARVALHO, M. M. de; RABECHINI JR., R. O papel da Tecnologia da Informação (TI) na estratégia das organizações. **Revista G&P - Gestão & Produção**, São Carlos, v. 8, n. 2, p. 160-179, ago. 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/gp/v8n2/v8n2a04>. Acesso em: 1º jul. 2013.

MENEZES, G. L. B. B. Breve histórico de implantação da plataforma BIM. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, v. 18, n. 22, 2011. p. 152-171. Disponível em: [periodicos.pucminas.br/index.php/Arquiteturaeurbanismo/article/.../3719](http://periodicos.pucminas.br/index.php/Arquiteturaeurbanismo/article/view/3719), Acessado em 14/06/2013 às 13h:30min.

NARDELLI, E. S.; VINCENT, C. C. CAETANO, A. C. A.; OLIVEIRA, J. M. de. O Estado da Arte das Tecnologias da Informação e Comunicação – TICs – e a realidade contemporânea da prática de projeto nos escritórios de Arquitetura paulistanos. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE IBERO-AMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL, 2009, São Paulo, SP. **Anais...** São Paulo, 2009. Disponível em: <http://cumincad.scix.net/data/works/att/sigradi2009_1189.content.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2014.

NASCIMENTO E. L.; BIZ A. A.; FREITAS M. C. D.; SCHEER S. Modelagem de informações no desenvolvimento enxuto de projetos. In: SALGADO, M. S. *et al.* (Org.). **Projetos complexos e seus impactos na cidade e na paisagem**. Rio de Janeiro: UFRJ/FAU/PROARQ; ANTAC, 2012, p.132-143.

NASCIMENTO, L. A. D.; SANTOS, E. T. A indústria da construção na era da informação. **Ambiente Construído**, v. 3, n. 1, p. 69-81, 2003. Disponível em: <<http://seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/article/view/3443/1857>>. Acesso em: 10 jan. 2013.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção**: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997.

OLIVEIRA, L. C.; PEREIRA, A. T. C. O uso de tecnologias BIM em Escritórios de Arquitetura relacionado ao modo de implantação. In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, V, 2011, Salvador, Bahia. **Anais...** Salvador, 2011.

PEREIRA, A. P. C. **Adoção do paradigma BIM em escritórios de arquitetura em Salvador**. 2013. 201 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura. Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013.

SACKS, R. et al. The Interaction of Lean and Building Information Modeling in Construction. **Journal of Construction Engineering and Management**, 2009. Disponível em: <http://usir.salford.ac.uk/9356/>. Acessado em 31/07/2012 à 1h:41min.

SANTOS, D. de G. et al. Utilization of extra planning activities by Construction Companies in Sergipe, Brazil. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 20th, 2012, San Diego, California. **Proceedings...** San Diego, 2012.

SCHEER, S. et al. Impactos do uso do Sistema CAD Geométrico e do uso do Sistema CAD-BIM no processo de projeto em Escritórios de Arquitetura. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, VII, 2007, Curitiba, Paraná. **Anais...** Curitiba, 2007. Disponível em: <http://www.cesec.ufpr.br/workshop2007/>. Acessado em 10/08/2012, às 18h.

SERAPHIM, E. C.; SILVA, I. B.; AGOSTINHO, O. L. Lean Office em organizações militares de saúde: estudo de caso do Posto Médico da Guarnição Militar de Campinas. **Revista G&P - Gestão & Produção**, São Carlos, v. 17, n. 2, p. 389-405, out. 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2010000200013&lng=en&nrm=iso>. Acessado em: 13 mar. 2013.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção** – do ponto de vista da engenharia de produção. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SILVA, N. F.; GUIMARÃES, I. F. G.; PEREIRA, C. B.; FARIA, F. O.; OKANO, C. S. e FERREIRA, G. S. Análise do Sistema Toyota de Produção em duas empresas de ritmos industriais distintos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXVII, 2007, Foz do Iguaçu Paraná. **Anais...** Foz do Iguaçu: ABEPRO, 2007. 10 p. disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2007_TR570426_0450.pdf. Acessado em 29/06/2013 às 12h.

SOUZA, L. L. A. **Diagnóstico do uso do BIM em empresas de projeto de arquitetura**. 2009. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2009.

SOUZA, L.; LYRIO, A.; AMORIM, S. Impactos do Uso do BIM em Escritórios de Arquitetura: Oportunidades no Mercado Imobiliário. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, vol. 4, nº 2, novembro 2009. Disponível em: <http://www.iau.usp.br/posgrad/gestaodeprojetos/index.php/gestaodeprojetos/article/view/26>, Acessado em 11/06/2013 às 10h:25min.

TAMAKI, L. BIM 2.0. **Revista Técnica**, São Paulo, v. 174, p. 22-28, set. 2011.

TILLMANN, P. A. **A conceptual framework for improving value generation in complex construction projects**. 2012. 227f. Tese (Doutorado em Engenharia). Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

TOBIN, J. Proto-Building: To BIM is to Build. **AECbytes** "Building the Future", 28 maio 2008. Disponível em: http://www.aecbytes.com/buildingthefuture/2008/ProtoBuilding_pr.html. Acessado em 11/01/2014.

VERGARA, M. L.; BEIZA, R. U. Desafíos y propuestas para la implementación de Building Information Modeling em Chile. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE IBERO-AMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL, 16, 2012, Fortaleza, Brasil. **Proceedings...** Fortaleza, 2012. Disponível em: < http://cumincad.scix.net/data/works/att/sigradi2012_143.content.pdf>. Acesso em: 26 jan. 2014.

WOMACK, J. P. e JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas**. São Paulo: Editora Campus, 2003.

Apêndice A - Questionário sobre a utilização do BIM em escritórios de Arquitetura em Sergipe



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL – PROEC
QUESTIONÁRIO SOBRE A UTILIZAÇÃO DO BIM EM ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA EM SERGIPE

EMPRESA/ESCRITÓRIO: _____

RESPONSÁVEL: _____

- ÁREAS DE ATUAÇÃO:
- ARQUITETURA
 - URBANISMO
 - PROJETOS COMPLEMENTARES
 - PROJETOS EXECUTIVOS
 - ACOMPANHAMENTO DE OBRAS

ESTRUTURA DO ESCRITÓRIO:

QUANTOS PROFISSIONAIS TRABALHAM NA EMPRESA? _____

DENTRE OS PROFISSIONAIS,	QUANTOS SÃO:	HÁ QUANTO TEMPO, EM MÉDIA, TRABALHAM NA EMPRESA?
ARQUITETOS E URBANISTAS	_____	_____
ENGENHEIROS CIVIS	_____	_____
ENGENHEIROS (exceto CIVIS)	_____	_____
ESTAGIÁRIOS DE ENGENHARIA	_____	_____
ESTAGIÁRIOS DE ARQUITETURA	_____	_____

- QUAIS OS PROJETOS DESENVOLVIDOS:
- RESIDENCIAL UNIFAMILIAR (A)
 - RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR (B)
 - COMERCIAL DE PEQUENO PORTE (C)
 - COMERCIAL DE GRANDE PORTE (D)
 - INDUSTRIAL (E)
 - ARQUITETURA DE INTERIORES / DECORAÇÃO (F)
 - OUTRO ↓ (G)

QUANTO TEMPO, EM MÉDIA SE LEVA PARA O DESENVOLVIMENTO DE UM PROJETO?

(A) _____ (B) _____ (C) _____ (D) _____

(E) _____ (F) _____ (G) _____

SOBRE A TECNOLOGIA UTILIZADA:

CONHECE O BIM: NÃO SIM

UTILIZA O BIM NA
EMPRESA? NÃO SIM

HÁ QUANTO
TEMPO? _____

QUAIS SÃO AS DIFICULDADES PARA A IMPLANTAÇÃO?

CASO NÃO USE,
HÁ PREVISÃO PARA A IMPLANTAÇÃO DO BIM NA
EMPRESA?

NÃO SIM ↓

EM QUANTO
TEMPO? _____

CASO USE, QUAIS SÃO OS SOFTWARES EMPREGADOS?

Autodesk RevitArchitecture

GraphisoftArchiCAD
NemetscheckVectorworks

Architect

Outro ↓

SEU PRÓXIMO CLIENTE UTILIZA O BIM?

SIM NÃO

NOS SEUS PROJETOS, É FEITA A COMPATIBILIZAÇÃO COM
OS PROJETOS COMPLEMENTARES?

SIM NÃO

EM CASO AFIRMATIVO, QUEM É O RESPONSÁVEL
POR ESTE SERVIÇO?

Você mesmo (autor do projeto)

O autor de algum dos outros projetos

Profissional contratado para este fim

Outro ↓

SOBRE CONSTRUÇÃO ENXUTA:

O QUE VOCÊ ENTENDE POR PERDA?

QUAIS SÃO OS TIPOS DE PERDAS QUE SUA EMPRESA TEM?

- 01
 02
 03
 04
 05

QUAIS SÃO AS CAUSAS PARA ESTAS PERDAS?

- Compatibilidade de *softwares*
 Conflito entre os diversos projetos
 Indecisão do cliente
 Layout do posto de trabalho
 Mudança de prioridade
 Qualificação da mão de obra
 Outros ↓
-

UTILIZANDO ESCALAS DE 0 A 10, ONDE 0 (zero) SE REFERE A MENOS EVENTOS E 10 (dez) É MAIS:

QUANTIDADE DE VEZES QUE O PROJETO RETORNA DA OBRA?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

QUANTIDADE DE VISITAS À OBRA PARA RESOLVER PROBLEMAS?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

SÃO CRISTÓVÃO, _____

RESPONSÁVEL PELAS INFORMAÇÕES:

Apêndice B - Questionário sobre a utilização do BIM em escritórios de Engenharia, que desenvolvem projetos complementares em Sergipe.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL – PROEC
QUESTIONÁRIO SOBRE A UTILIZAÇÃO DO BIM EM EMPRESAS DE ENGENHARIA DO NORDESTE DO BRASIL

EMPRESA/ESCRITÓRIO: _____

RESPONSÁVEL: _____

- ÁREAS DE ATUAÇÃO:
- INCORPORAÇÃO
 - PROJETOS EXECUTIVOS
 - PROJETOS COMPLEMENTARES
 - CONSTRUÇÃO PRIVADA
 - CONSTRUÇÃO PÚBLICA
 - ACOMPANHAMENTO DE OBRAS

ESTRUTURA DA EMPRESA:

QUANTOS PROFISSIONAIS TRABALHAM NA EMPRESA? _____

DENTRE OS PROFISSIONAIS,	QUANTOS SÃO:	HÁ QUANTO TEMPO, EM MÉDIA, TRABALHAM NA EMPRESA?
ARQUITETOS E URBANISTAS	_____	_____
ENGENHEIROS CIVIS	_____	_____
ENGENHEIROS (exceto CIVIS)	_____	_____
ESTAGIÁRIOS	_____	_____
TÉCNICOS EM EDIFICAÇÕES	_____	_____
TÉCNICOS EM SEGURANÇA	_____	_____

- QUAIS OS PROJETOS DESENVOLVIDOS:
- RESIDENCIAL UNIFAMILIAR (A)
 - RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR (B)
 - COMERCIAL DE PEQUENO PORTE (C)
 - COMERCIAL DE GRANDE PORTE (D)
 - INDUSTRIAL (E)
 - ARQUITETURA DE INTERIORES / DECORAÇÃO (F)
 - HOSPITALAR (G)
 - PROJETOS COMPLEMENTARES (H)
 - PROJETOS EXECUTIVOS (I)
 - OUTRO ↓ (J)

QUANTO TEMPO, EM MÉDIA SE LEVA PARA O DESENVOLVIMENTO DE UM PROJETO?

- (A) _____ (B) _____ (C) _____ (D) _____
 (E) _____ (F) _____ (G) _____ (H) _____
 (I) _____ (J) _____

SOBRE A TECNOLOGIA UTILIZADA NA ELABORAÇÃO DOS PROJETOS:

CONHECE O BIM: NÃO SIM

UTILIZA O BIM NA EMPRESA? NÃO SIM HÁ QUANTO TEMPO? _____

QUAIS SÃO AS DIFICULDADES PARA A IMPLANTAÇÃO?

CASO NÃO USE,
HÁ PREVISÃO PARA A IMPLANTAÇÃO DO BIM NA
EMPRESA?

NÃO SIM ↓

EM QUANTO TEMPO? _____

CASO USE, QUAIS SÃO OS SOFTWARES EMPREGADOS?

- Autodesk RevitArchitecture
 GraphisoftArchiCAD
 NemetscheckVectorworks Architect
 Outro ↓

SEU PRÓXIMO CLIENTE UTILIZA O BIM?

SIM NÃO

NOS SEUS PROJETOS, É FEITA A COMPATIBILIZAÇÃO DO
PROJETO ARQUITETÔNICO COM OS PROJETOS
COMPLEMENTARES?

SIM NÃO

EM CASO AFIRMATIVO, QUEM É O RESPONSÁVEL POR
ESTE SERVIÇO?

- O autor do projeto arquitetônico
 O autor de algum dos outros projetos
 Profissional contratado para este fim
 Outro ↓

SOBRE CONSTRUÇÃO ENXUTA:

O QUE VOCÊ ENTENDE POR PERDA RELACIONADA A PROJETO?

QUAIS SÃO OS TIPOS DE PERDAS QUE SUA EMPRESA TEM?

- Espera
- Estoque
- Making-do*
- Movimentação
- Processamento
- Produtos defeituosos
- Superprodução
- Transporte

QUAIS SÃO AS CAUSAS PARA ESTAS PERDAS?

- Compatibilidade de *softwares*
- Conflito entre os diversos projetos
- Indecisão do cliente
- Layout* do posto de trabalho
- Mudança de prioridade
- Qualificação da mão de obra
- Outros ↓

UTILIZANDO ESCALAS DE 0 A 10, ONDE 0 (zero) SE REFERE A MENOS EVENTOS E 10 (dez) É MAIS:

QUANTIDADE DE VEZES QUE O PROJETO RETORNA DA OBRA?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

QUANTIDADE DE VISITAS À OBRA PARA RESOLVER PROBLEMAS?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

SÃO CRISTÓVÃO, _____

RESPONSÁVEL PELAS INFORMAÇÕES:

Cargo/Função na Empresa

Apêndice C - Questionário sobre a utilização do BIM em empresas de Engenharia do Nordeste do Brasil



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL – PROEC
QUESTIONÁRIO SOBRE A UTILIZAÇÃO DO BIM EM EMPRESAS DE ENGENHARIA DO NORDESTE DO BRASIL

EMPRESA: _____

RESPONSÁVEL: _____

- ÁREAS DE ATUAÇÃO:
- INCORPORAÇÃO
 - PROJETOS EXECUTIVOS
 - PROJETOS COMPLEMENTARES
 - CONSTRUÇÃO PRIVADA
 - CONSTRUÇÃO PÚBLICA

ESTRUTURA DA EMPRESA:

QUANTOS PROFISSIONAIS TRABALHAM NA EMPRESA? _____

DENTRE OS PROFISSIONAIS,	QUANTOS SÃO:	HÁ QUANTO TEMPO, EM MÉDIA, TRABALHAM NA EMPRESA?
ARQUITETOS E URBANISTAS	_____	_____
ENGENHEIROS CIVIS	_____	_____
ENGENHEIROS (exceto CIVIS)	_____	_____
ESTAGIÁRIOS	_____	_____
TÉCNICOS EM EDIFICAÇÕES	_____	_____
TÉCNICOS EM SEGURANÇA	_____	_____

- QUAIS OS PROJETOS DESENVOLVIDOS:
- RESIDENCIAL UNIFAMILIAR (A)
 - RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR (B)
 - COMERCIAL DE PEQUENO PORTE (C)
 - COMERCIAL DE GRANDE PORTE (D)
 - INDUSTRIAL (E)
 - ARQUITETURA DE INTERIORES / DECORAÇÃO (F)
 - HOSPITALAR (G)
 - PROJETOS COMPLEMENTARES (H)
 - PROJETOS EXECUTIVOS (I)
 - OUTRO ↓ (J)

QUANTO TEMPO, EM MÉDIA SE LEVA PARA O RETORNO DE UM PROJETO?

- (A) _____ (B) _____ (C) _____ (D) _____
 (E) _____ (F) _____ (G) _____ (H) _____
 (I) _____ (J) _____

SOBRE A TECNOLOGIA UTILIZADA NA ELABORAÇÃO DOS PROJETOS:

CONHECE O BIM: NÃO SIM

UTILIZA O BIM NA EMPRESA? NÃO SIM HÁ QUANTO TEMPO? _____

QUAIS SÃO AS DIFICULDADES PARA A IMPLANTAÇÃO?

CASO NÃO USE,
HÁ PREVISÃO PARA A IMPLANTAÇÃO DO BIM NA
EMPRESA?

NÃO SIM ↓

EM QUANTO TEMPO? _____

CASO USE, QUAIS SÃO OS SOFTWARES EMPREGADOS?

- Autodesk RevitArchitecture
 GraphisoftArchiCAD
 NemetscheckVectorworks Architect
 Outro ↓
-

SEU FORNECEDOR DE PROJETOS UTILIZA O BIM?

SIM NÃO

NAS SUAS OBRAS, É FEITA A COMPATIBILIZAÇÃO DO
PROJETO ARQUITETÔNICO COM OS PROJETOS
COMPLEMENTARES?

SIM NÃO

EM CASO AFIRMATIVO, QUEM É O RESPONSÁVEL POR
ESTE SERVIÇO?

- O autor do projeto arquitetônico
 O autor de algum dos outros
projetos
 Profissional contratado para este fim
 Outro ↓
-

SOBRE CONSTRUÇÃO ENXUTA:

O QUE VOCÊ ENTENDE POR PERDA RELACIONADA A PROJETO?

QUAIS SÃO OS TIPOS DE PERDAS NO PROJETO QUE
SUA EMPRESA TEM? Espera

Estoque

Making-do

Movimentação

Processamento

Produtos defeituosos

Superprodução

Transporte

QUAIS SÃO AS CAUSAS PARA ESTAS PERDAS?

- Compatibilidade de *softwares*
- Conflito entre os diversos projetos
- Indecisão do cliente
- Layout* do posto de trabalho
- Mudança de prioridade
- Qualificação da mão de obra
- Outros ↓

QUANTIDADE DE VEZES QUE O PROJETO
RETORNA DA OBRA?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

QUANTIDADE DE VISITAS DOS PROJETSTAS À
OBRA PARA RESOLVER PROBLEMAS?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

QUANTIDADE DE VISITAS DOS ARQUITETOS À
OBRA PARA RESOLVER PROBLEMAS?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

SÃO CRISTÓVÃO, _____

RESPONSÁVEL PELAS INFORMAÇÕES:

Cargo/Função na Empresa:
