

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA – UNIFOR**  
**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**  
**RENAN GARCIA DE MELO**

***BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) COMO FERRAMENTA NA  
COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL***

**FORMIGA – MG**  
**2014**

RENAN GARCIA DE MELO

*BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) COMO FERRAMENTA NA  
COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL*

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil do UNIFOR, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Doutor Matheus de Faria e Oliveira Barreto

FORMIGA – MG

2014

M528 Melo, Renan Garcia.

Building Information Modeling (BIM) como ferramenta na  
compatibilização de projetos para construção civil / Renan Garcia Melo. –  
2014.

94 f.

Orientador: Matheus de Faria e Oliveira Barreto.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Centro  
Universitário de Formiga–UNIFOR - MG, Formiga, 2014.

1. BIM. 2. Compatibilização. 3. Tecnologia. I. Título.

CDD 690

RENAN GARCIA DE MELO

*BUILDING INFORMATION MODELING* (BIM) COMO FERRAMENTA NA  
COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao  
Curso de Engenharia Civil do UNIFOR, como  
requisito parcial para obtenção do título de bacharel  
em Engenharia Civil.

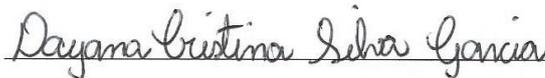
BANCA EXAMINADORA



---

Prof. Doutor Matheus de Faria e Oliveira Barreto.

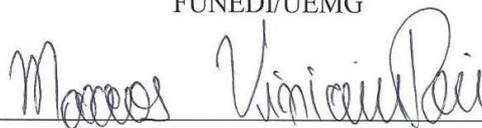
Orientador



---

Prof. Dayana Cristina Silva Garcia

FUNEDI/UEMG



---

Prof. Esp. Marcos Vinícius Reis

UNIFOR

Formiga, 04 de Novembro de 2014.

Primeiramente à Deus, minha mãe,  
minha irmã, minha namorada, e  
meu pai *in memoriam*.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a DEUS, PAI ONIPOTENTE, que é meu guia e está presente comigo a todos os momentos. E a nossa SENHORA por sempre me amparar.

A minha mãe Marli, minha irmã Simone, minha namorada Thaís e familiares pela força, amor incondicional e compreensão em saber que as noites acordadas ou os fins de semana em casa fazendo trabalho valeriam à pena e que num futuro próximo teriam frutos.

Ao meu orientador Prof. Doutor Matheus de Faria e Oliveira Barreto pela paciência, instruções, sugestões e confiança em toda essa fase, desde a escolha do tema até o comparecer final.

A empresa que trabalho, por proporcionar o estágio, onde pode-se ver na prática o que era visto em sala de aula.

Aos meus colegas de classe, futuros colegas de trabalho, parceiros ou concorrentes, meu muito obrigado, por passarmos juntos todos estes anos. Em especial o Dé, o Tiago S. e o Heitor por estarem sempre ao meu lado tanto na hora dos estudos quanto nos momentos de interação, sejam estes tristes ou felizes eles estavam lá, formando assim o quarteto.

A todos os professores sejam eles de cálculo, física, química, estruturas de concreto, madeira, solos, topografia, desenho técnico, estradas, planejamento e controle de obras, saneamento ambiental dentre outras, independentemente da disciplina, não fizeram parte apenas da minha grade curricular, mas sim, foram os principais percussores para o ganho de conhecimento.

Agradeço também à coordenação do curso de Engenharia Civil e todos os funcionários do UNIFOR que de alguma forma contribuíram para minha formação acadêmica.

**Meu muito Obrigado!**

*“Algo só é impossível até que alguém duvide  
e acabe provando o contrário.”*

*“Uma pessoa inteligente resolve um problema,  
um sábio o previne.”*

*“Deus nos fez perfeitos e não escolhe os capacitados,  
capacita os escolhidos.”*

***Albert Einstein***

*“Bom mesmo é ir à luta com determinação, abraçar  
a vida e viver com paixão, perder com classe e  
viver com ousadia. Pois o triunfo pertence  
a quem se atreve e a vida é muito  
para ser insignificante.”*

***Charles Chaplin***

## RESUMO

O conceito BIM – *Building Information Modeling* ou Modelagem da Informação na Construção representa um novo paradigma dentro da indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), o qual é composto por um processo fomentado por um modelo virtual tridimensional paramétrico, que possui ferramentas CAD “inteligentes”, interoperabilidade e colaboração entre todos os profissionais envolvidos. Desta forma é possível a elaboração e o gerenciamento das informações da construção presentes em todo ciclo de vida do projeto, desde a concepção do projeto até a fase de reutilização da edificação, de forma mais ágil e econômica. O presente trabalho é composto por uma revisão bibliográfica, fundamentando os conceitos do processo de projeto e toda a metodologia BIM. Há aplicação de um questionário e um estudo de caso de uma empresa “A” de Formiga – MG, que não possui a tecnologia comparada com uma outra empresa “B” que já implementou a tecnologia e utiliza efetivamente, principalmente como é realizada a compatibilização de projetos de ambas as empresas, desta forma relatar as principais diferenças e as vantagens de se utilizar a tecnologia.

Palavras-chave: BIM. Compatibilização. Tecnologia.

## **ABSTRACT**

The concept BIM – Building Information Modeling represents a new paradigm within the industry of the architecture, engineering and construction (AEC), which is composed of a process encouraged by a virtual three-dimensional parametric model, that has “intelligent” CAD tools, interoperability, and collaboration among all the professionals involved. In this way is possible the preparation and information management of construction present throughout project lifecycle Since the conception of the project until the phase of reuse of the building, more responsive and cost-effective manner. The present work consists of a literature review, based on the concepts of the design process and methodology BIM, ha application of a questionnaire, and a case study of “A” company of Formiga – MG, which does not possess the technology by comparing it to another company “B” that has implemented the technology and use it effectively, and mainly how the compatibility of projects from both companies This way to report the main differences and the advantages of using the technology.

Keywords: BIM. Compatibility. Technology.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Modelo proposto por Lawson (2005) para representar o ciclo .....	22
Figura 2 – (a) <i>Sketchpad</i> sendo utilizado e (b) Caneta luz .....	30
Figura 3 – Ciclo de vida da edificação .....	36
Figura 4 – Interação entre diversos projetos .....	37
Figura 5 – <i>Software</i> demonstrativo do gerenciamento de projetos e obra (4D).....	38
Figura 6 – Simulação do BIM.....	41
Figura 7 – Pré requisitos para o BIM.....	42
Figura 8 – Definições dos padrões pela ISO.....	42
Figura 9 - Evolução IFC.....	43
Figura 10 – Análise no desempenho térmico.....	45
Figura 11 – Projeto de estrada realizado pela plataforma BIM .....	52
Figura 12 – Fluxograma do projeto de pesquisa .....	55
Figura 13 – Corte do projeto: (a) arquitetônico e (b) estrutural.....	68
Figura 14 – Análise dos projetos em relação a obra: (a) arquitetônico, (b) estrutural e (c) obra .....	69
Figura 15 – Detalhamento da regularização e acabamento do piso .....	70
Figura 16 – Níveis em obra (a) conferência de nível e (b) nível +1,00m do piso acabado	70
Figura 17 – Corte do projeto estrutural, representando a escada .....	72
Figura 18 – Abertura dos pilares para adequar a altura da viga .....	73
Figura 19 – Concretagem da viga e escada .....	73
Figura 20 - Processo de desenvolvimento do produto .....	76
Figura 21 – Reuniões entre os envolvidos de cada setor .....	76
Figura 22 – Caixa coletora de AP – Detalhe definido em reunião técnica, dimensionado .....	77
Figura 23 – Modelo tridimensional do empreendimento.....	78
Figura 24 – Complexidade dos sistemas .....	79
Figura 25 - Implantação metodologia BIM.....	79
Figura 26 – Comparação entre o modelo com a realidade .....	80

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – O avanço do empreendimento em relação à chance de reduzir o custo .....	18
Gráfico 2 – Capacidade de influenciar o custo final de um empreendimento .....	19
Gráfico 3 – Possibilidade de maior investimento na fase de.....	19
Gráfico 4 – Origens de problemas patológicos das construções.....	21
Gráfico 5 - Percentual da qualificação profissional dos entrevistados .....	58
Gráfico 6 – Percentual da área de atuação dos entrevistados .....	59
Gráfico 7 – Percentual de entrevistados que conhecem a tecnologia BIM .....	60
Gráfico 8 – Percentual de tempo em média para realizar todas as alterações .....	61
Gráfico 9 - Percentual de tempo em média para realizar todas as alterações nas .....	62
Gráfico 10 – Percentual de tempo em média para realizar o 3D do projeto .....	63
Gráfico 11 - Percentual de tempo em média para realizar o levantamento quantitativo	64
Gráfico 12 – Percentual de tempo em media para realizar o levantamento quantitativo	64
Gráfico 13 – A compatibilização de projetos é realizada em seu escritório? .....	65
Gráfico 14 – A compatibilização de projetos interfere no produto final do .....	66
Gráfico 15 – Percentual dos entrevistados que conhecem o termo IFC .....	66

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1 – Definições de diferentes autores das etapas do processo de projeto.....</b>	<b>24</b>
<b>Quadro 2 – Dimensões da qualidade de projeto .....</b>	<b>25</b>
<b>Quadro 3 – <i>Softwares</i> BIM.....</b>	<b>48</b>

## **LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 1 – Tabela de custos .....</b>	<b>71</b>
--	-----------

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABNT** – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- AEC** – Arquitetura, Engenharia e Construção
- BDS** – *Building Description System*
- BIM** – *Building Information Modeling*
- CAD** – *Computer-Aided Design*
- CAAD** – *Computer-Aided Architectural Design*
- CADD** – *Computer-Aided Design and Drafting*
- CAE** – *Computer-Aided Engineering*
- CAM** – *Computer-Aided Manufacturing*
- CDURP** – Companhia de Desenvolvimento Urbano da Região do Porto do Rio de Janeiro
- CII** – *Construction Industry Institute*
- DNIT** – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
- IAI** – *Internacional Alliance of Interoperability*
- IDA** – *Institute for defense Analysis*
- IDM** – *Information Delivery Manual*
- IFC** – *Industry Foundation Classes*
- IFD** – *Internacional Framework Dictionary*
- INPI** – Instituto Nacional de Propriedade Industrial
- ISO** – *International Standards Organization*
- MIT** – *Massachusetts Institute of Technology*
- ONU** – Organização das Nações Unidas
- PIB** – Produto Interno Bruto
- TI** – Tecnologia da Informação

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	OBJETIVOS.....	16
2.1	Objetivo Geral.....	16
2.2	Objetivos Específicos .....	16
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
3.1	Processo de Projeto .....	17
3.2	Etapas de Projeto .....	21
3.3	Compatibilização de Projetos .....	28
3.4	Tecnologia da Informação (TI).....	29
3.5	Sistemas CAD .....	30
3.5.1	CAD Geométrico .....	31
3.5.2	CAD 3D .....	32
3.5.3	CAD 4D e nD .....	32
3.6	Engenharia Simultânea .....	33
3.7	<i>Building Information Modeling (BIM)</i> .....	34
3.7.1	Histórico do BIM.....	34
3.7.2	Metodologia BIM .....	35
3.8	Dimensões do Modelo .....	37
3.9	Benefícios do BIM.....	39
3.9.1	Objeto Paramétrico.....	39
3.9.2	Interoperabilidade .....	40
3.9.3	Interação Entre os Formatos BIM .....	41
3.9.4	<i>Industry Foudation Classes (IFC)</i> .....	43
3.9.5	<i>Internacional Framework Dictionary (IFD)</i> .....	44
3.10	<i>Information Delivery Manual (IDM)</i> .....	44
3.11	Sustentabilidade na Construção Civil.....	45
3.11.1	Conceito <i>Lean Construction</i> .....	46
3.12	Compatibilização.....	47
3.13	<i>Softwares BIM</i> .....	48
3.14	Implantação do BIM.....	49

3.15	Estágios do BIM .....	50
3.16	O BIM no Brasil .....	50
3.17	Adesão do BIM nas Universidades .....	53
3.18	Normatização.....	54
4	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>55</b>
4.1	Materiais .....	55
4.2	Métodos .....	56
4.2.1	Questionário .....	56
4.2.2	Utilização do BIM .....	56
5	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>58</b>
5.1	Questionário .....	58
5.1.1	Caracterização dos Entrevistados .....	58
5.1.2	Conhecimento e Uso do BIM .....	59
5.1.3	Análise do Processo de Projeto .....	60
5.1.4	Comparação Com o BIM e Discussões.....	67
5.2	Utilização do BIM .....	67
5.2.1	Empresa que Não Possui a Tecnologia BIM (Estudo de caso).....	67
5.2.2	Empresa que Possui a Tecnologia BIM .....	73
5.2.2.1	Matec Engenharia e Construção .....	734
5.2.2.1.1	Exemplificação de Obra da Matec Engenharia e Construção .....	737
5.2.3	Comparação Entre a Empresa que Não Possui e a que Possui o BIM.....	80
6	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>81</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>82</b>
	<b>APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO</b> .....	<b>90</b>
	<b>APÊNDICE B - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO</b> .....	<b>94</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Na indústria da arquitetura, engenharia e construção (AEC), as etapas indispensáveis para o planejamento e a construção de um empreendimento abrangem diferentes profissionais de distintas áreas, porém com um objetivo em comum, realizar de forma eficiente todo o processo construtivo. (COELHO; NOVAES, 2008).

Atualmente o Brasil passa por uma transformação no setor da construção civil, em consequência do aumento da demanda de infraestrutura e de novas edificações, que são percussoras das políticas de expansão de crédito e planos de financiamentos, o setor proporciona o crescimento do PIB (produto interno bruto brasileiro). Este crescimento estimula o desenvolvimento e ocasiona mudanças de todo o processo, seja nos aspectos culturais, tecnológicos ou mercadológicos, o qual influencia diretamente em todas as fases da construção civil, principalmente na concepção de projetos. (ÁVILA, 2011).

Para Jacoski e Lamberts (2002), o ideal seria que os projetos trouxessem todas as informações da construção agregadas a eles, como a representação textual, numérica e gráfica, além de assimilar estes à realidade, através de modelos virtuais. A imagem de CAD (*Computer-Aided Design*, ou projeto auxiliado por computador) orientado ao objeto não é recente, através do progresso da tecnologia da informação (TI), é possível aderir ferramentas de modelagem virtual, como o *Building Information Modeling* (BIM).

De acordo Sousa e Meiriño (2013) BIM é a abreviação de “*Building Information Modeling*”, ou seja, “Modelagem de Informações da Construção”. Segundo Florio (2007) os componentes BIM representam uma geração de ferramentas CAD inteligentes designadas ao objeto, que permitem o gerenciamento de todo o ciclo de vida do empreendimento, desde a concepção de projetos até a manutenção e reutilização.

Todas as informações são inclusas num banco de dados de um modelo único, virtual, tridimensional e parametrizado o qual agrega através da interoperabilidade e cooperação todas as disciplinas participantes do processo projetual, e permite a compatibilização entre as mesmas, de forma a verificar grande parte das falhas que seriam descobertas somente na execução. Uma vez que estes erros são eliminados, reduzem as chances de surpresas e imprevistos nas obras. Além do mais, a simulação virtual das fases construtivas, proporciona um planejamento eficiente e engrandecedor de toda a logística do projeto em interação com o

canteiro de obras, diminuindo de forma significativa o prazo de execução e os custos finais do empreendimento. (ROCHA, 2011).

O advento da tecnologia ocasiona significativas mudanças no setor da construção civil. Os processos de projeto e construção vão de uma representação bidimensional para a uma diretriz de uma realidade de “n” dimensões. (ADDOR *et al.*, 2010). Toda via para que as alterações sejam implementadas com sucesso é imprescindível, além da maturidade organizacional, através da qualificação, técnicas e metodologias de trabalho, ferramentas adequadas, *softwares* apropriados, difusos à necessidade de cada empresa, e *hardwares* sofisticados que suportem o desenho da modelagem orientada ao objeto. (FLORIO, 2007).

Kiss (2011) identifica a tecnologia BIM como sendo o DNA da construção, como será sua forma, seu desempenho e sua vida útil.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Avaliar a viabilidade da utilização do gerenciamento de projetos pela ferramenta *Building Information Modeling* (BIM), com ênfase na compatibilização para construção civil.

### **2.2 Objetivos Específicos**

Como objetivos específicos, destacam-se:

- Descrever, discutir e analisar a ferramenta *Building Information Modeling* (BIM);
- Verificar a utilização da tecnologia BIM na construção civil;
- Verificar os insucessos causados pela falta do BIM;
- Analisar as vantagens da implantação da metodologia BIM;

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo serão apresentados os pontos pertinentes e relevantes da fundamentação teórica realizada.

#### 3.1 Processo de Projeto

Os primeiros artefatos de construção surgiram, na pré-história, no momento em que o homem começou a ter habilidade e técnica para manusear pedras como ferramentas. Devido às necessidades básicas de moradia, refúgio e proteção, os primeiros abrigos foram construídos e deram início a um ramo que movimenta grande parte do mercado atual, a construção de edificações. (CUNHA, 2012). Segundo Melhado e Agopyan (1995), os principais marcos para a modificação do processo de construção foram: a utilização da tecnologia em troca parcial do empirismo, a qualificação e a especialização profissional.

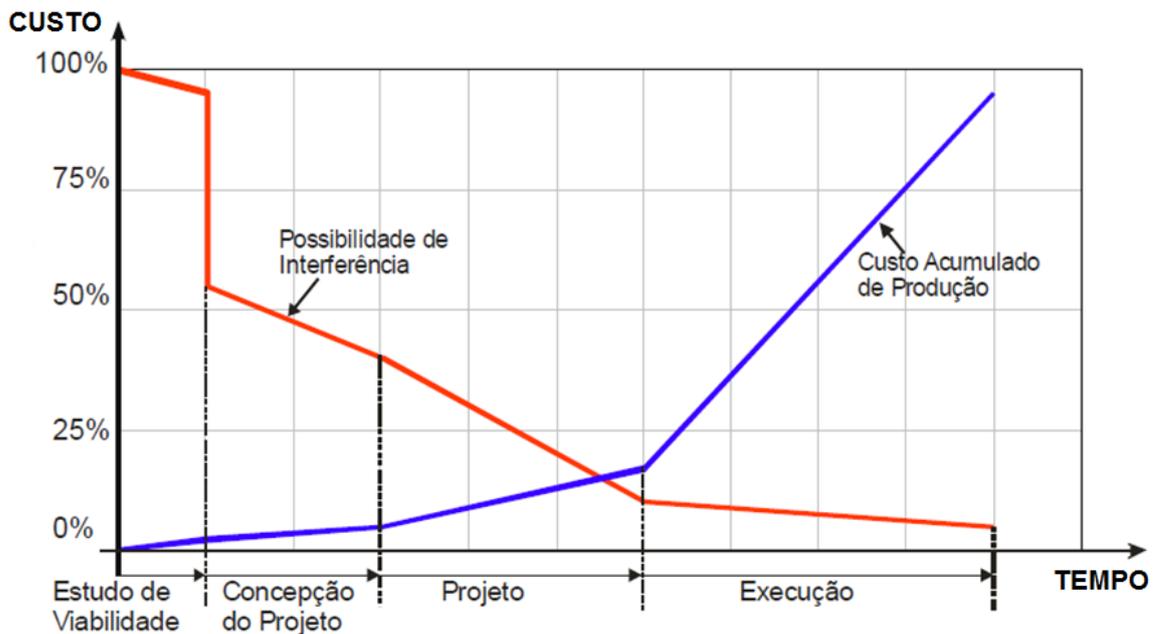
Dessa maneira essas mudanças não foram propriamente assimiladas pela construção civil. Dentro deste parâmetro, a definição de projeto, teve seu papel um pouco distorcido pelas alterações desde sua origem, refletindo em pontos negativos sobre a sua qualidade final. (MELHADO; AGOPYAN, 1995). Neste sentido, ocorre uma inestimável necessidade da indústria da construção civil de aprimorar a realização e a concepção de projetos de edificações, de modo a fortalecer o vínculo com a execução prática do mesmo, com o intuito de aperfeiçoar, adicionar e agregar valores no resultado final do empreendimento. (MIKALDO JÚNIOR, 2006).

O projeto é definido como uma caracterização de um plano, algo que é primeiramente formulado como uma simples ideia, depois é elaborado na fundamentação de como será organizado e executado. (VOORDT; WEGEN, 2013). Da mesma forma, Salgado e Duarte (2002), consideram o projeto com um objeto imaginado, na qual se deve agregar a tecnologia nesse meio, de maneira a fortalecer a interação entre as etapas de idealização e realização considerando, várias incógnitas e diferentes fatores.

O projeto é um componente essencial no discernimento de um empreendimento. (SOUZA; BARROS; MELHADO, 1995). De acordo com Hammarlund e Josephson (1992),

com a graduação do desenvolvimento das etapas do empreendimento, é menor a possibilidade de interferência na tentativa de redução do custo, desta forma as decisões e modificações devem acontecer nas fases iniciais, podendo assim interferir significativamente na síntese do custo final. (GRAF. 1).

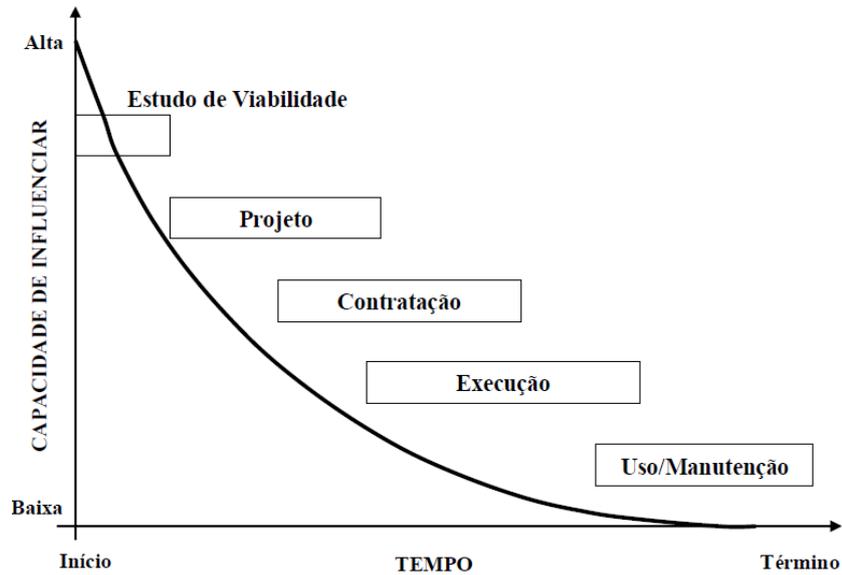
Gráfico 1 – O avanço do empreendimento em relação à chance de reduzir o custo de falhas do edifício



Fonte: Adaptado de Hammarlund e Josephson (1992).

Do mesmo modo, o GRAF. 2 demonstra considerações feitas pelo grupo do *Construction Industry Institute* - (CII) (1987), na qual relata a importância das primeiras fases de um empreendimento, em que, a capacidade de influenciar o custo final do mesmo é maior, ou seja, a intervenção é mais fácil nas fases iniciais do projeto do que ao longo da obra.

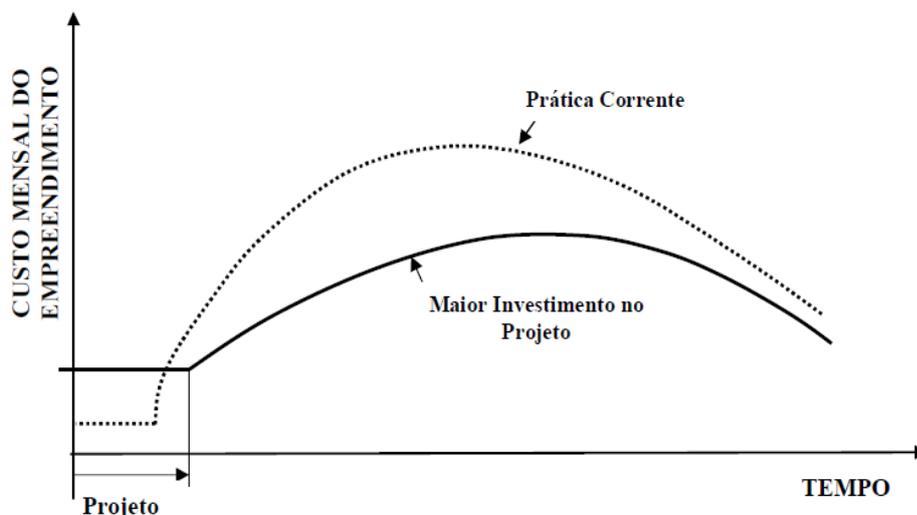
Gráfico 2 – Capacidade de influenciar o custo final de um empreendimento de edifício ao longo de suas fases



Fonte: Adaptado de CII (1987).

Melhado (2005), também afirma que é necessário dar prioridade para as etapas iniciais de um projeto, mesmo que envolva investimentos e tempo de produção maior. Pois um projeto bem estruturado evita maior custo mensal no empreendimento. (GRAF. 3).

Gráfico 3 – Possibilidade de maior investimento na fase de projeto x prática corrente



Fonte: Melhado (2005).

Vários autores possuem um consenso ao afirmar que as fases iniciais são de extrema importância para se obter um processo de qualidade na execução de uma obra. Sendo assim, são nessas fases que se encontram a possibilidade de engrandecer o desenvolvimento através da definição, da possível redução dos custos futuros e do gerenciamento de projetos, a fim de evitar conflitos e erros que seriam eminentes no decorrer da obra.

Para Helene (1992), as falhas de um estudo preliminar, ou a pré-projeção equivocada, representam um maior custo no decorrer da construção, ou insatisfação na utilização da mesma. Por sua vez, os erros que surgem na execução final do projeto, são os responsáveis por uma série de problemas patológicos, e esses provêm de diferentes pontos como:

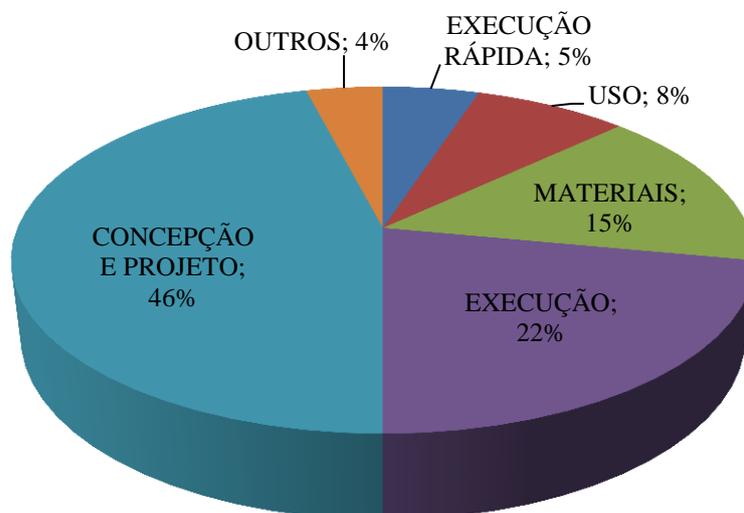
- Tópicos incoerentes do projeto (mal estruturação);
- Inexistência e/ou detalhamentos construtivos errados ou até mesmo ilegíveis;
- Especificações de materiais inadequados;
- Falta de padronização das simbologias e erros de dimensionamento;
- Falta de compatibilização entre as interdisciplinas, essencialmente a de estrutura e arquitetura e também a correlação com a elétrica e a hidráulica.

Motteu e Cnudde<sup>1</sup> (1989 apud MELHADO, 1994), também afirmam que existe uma forte relação entre as falhas de projeto e os problemas patológicos conforme pode ser observado no GRAF. 4. Eles defendem que a fase de concepção do projeto é a principal causa do surgimento de imperfeições nas edificações, perfazendo um total de 46% das patologias eminentes nas construções, sendo mais do que o dobro da segunda causa, que está relacionada com a execução da obra. Os outros 32% estão subdivididos respectivamente em 15% de materiais, 8% de uso, 5% execução rápida e 4% outros fatores.

---

<sup>1</sup> MOTTEU, H.; CNUDE, M. La gestion de la qualité durant la construction: action mène em Belgique par le comité "Qualité dans la construction". In: CIB TRIENNIAL CONGRESS, 11., 1989. Paris. **Anais...** Paris: [s.n.], 1989.

Gráfico 4 – Origens de problemas patológicos das construções



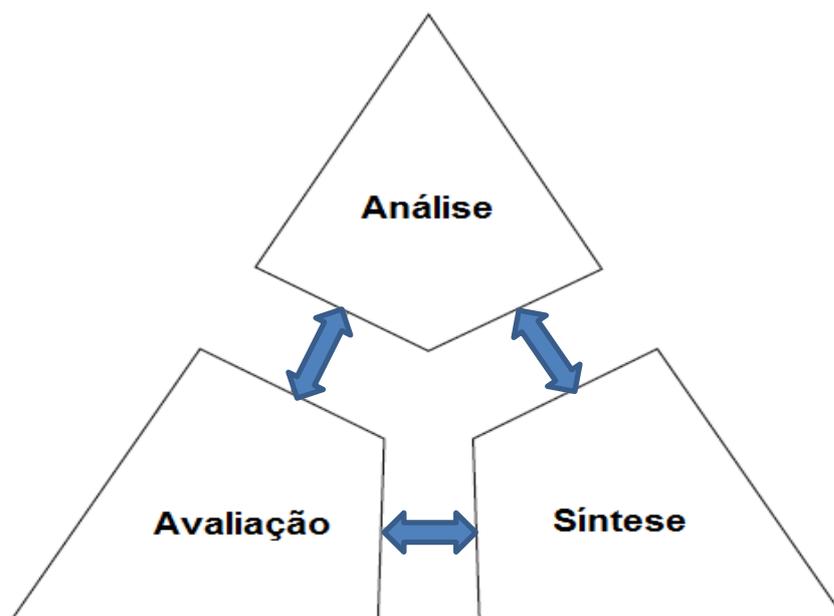
Fonte: Adaptado de Motteu e Cnudde (1989).

Assim sendo, define-se conceitualmente projeto como uma atividade ou um trabalho interveniente que tem grande influência e participação no planejamento, desenvolvimento, registro e alienação das características específicas de uma obra, a serem aderidas na etapa de execução e os resultados observados no uso. (MELHADO, 1994). Esta definição expõe o projeto como um todo, de maneira a ser necessário discernir dentro do processo as etapas que o compõem.

### 3.2 Etapas de Projeto

Para Lawson (2005), a concepção do processo de projeto, envolve a busca constante para uma solução de um problema proposto. O autor propõe um modelo esquemático (FIG. 1), que é flexível e submisso a diferentes processos e adere às sequências essenciais de um projeto, isto é, a análise, a síntese e a avaliação.

Figura 1 – Modelo proposto por Lawson (2005) para representar o ciclo de decisões do processo de projeto



Fonte: Lawson (2005).

A análise compreende a fase do reconhecimento dos principais fatores que constituem o problema de um proposto projeto. Nela são definidos os principais propósitos e metas, os critérios de desempenho, comedimento, os possíveis impactos e benefícios. Isso tudo, de acordo com uma detalhada entrevista com o cliente, e também mediante aos códigos de edificações vigentes na localidade, as condicionantes culturais, financeiras e as ambientais. (ANDRADE; RUSCHEL; MOREIRA, 2011).

Já a síntese, de acordo com Kalay (2004), é constituída através da tentativa intuitiva de acerto da solução dos problemas a partir da hierarquia visual, do arranjo de formas, das orientações preponderantes de iluminação, ventilação e de outros aspectos pertinentes. Desta forma, segundo Andrade, Ruschel e Moreira (2011), a síntese está ligada com a criatividade e a capacidade de elaboração do projetista em conceber ideias e possíveis alternativas que satisfaçam as observações realizadas na etapa de análise.

De acordo com Lawson (2005) não existe uma solução extraordinária, otimizada para um problema específico, mas sim uma vasta diversidade de alternativas aceitáveis. Sendo que, algumas serão mais adequadas do que outras variando com o tipo, a relevância do problema e a necessidade dos diferentes clientes.

A fase de avaliação deve assegurar que a solução proposta seja a mais admissível. Desta forma procura-se detectar pontos falhos no projeto através da verificação do que é compatível ou conflitante, antes da produção e da execução, quando as modificações necessitam de um maior tempo e conseqüentemente um maior custo. Deve-se também averiguar a porcentagem que a solução atende em relação aos requisitos de empenho que foram descritos na etapa de análise. (ANDRADE; RUSCHEL; MOREIRA, 2011).

Para Juste (2013), o processo é composto por várias fases, nas quais as etapas preliminares de um empreendimento são respectivamente: a determinação do produto, o estudo de viabilidade econômica financeira e a criação de projetos. A definição de um investimento é realizada através de um estudo de mercado, delimitando sua finalidade e funcionalidade. Após a definição destes parâmetros, que buscam condicionar uma demanda, é feita uma análise de viabilidade econômica e financeira do empreendimento, validando ou renegando a proposta. Somente com o fechamento destas etapas que será iniciada a criação e a elaboração de projetos.

Após as fases preliminares e anteprojetos, o projeto arquitetônico é o primeiro a ser executado, e este é a referência para o desenvolvimento das outras especialidades necessárias para o desenvolvimento de todo o processo. A quantidade de disciplinas, ou seja, os tipos de projetos que devem ser executados são determinados pelo tamanho e o grau de complexidade de um empreendimento. (JUSTE, 2013).

O QUADRO 1 relata definições de diferentes autores.

Quadro 1 – Definições de diferentes autores das etapas do processo de projeto

<b>ETAPAS DO PROCESSO DE PROJETO</b>				
<b>Autores</b>				
<b>Melhado (1994)</b>	<b>NBR 13.531 (1995)</b>	<b>SINDUSCON (1995)</b>	<b>AsBEA (2000)</b>	
Levantamento	Levantamento	Intenção (cliente)	Levantamento de dados	
		Levantamentos		
Programa de necessidades	Programa de necessidades	Diretrizes		
Estudo de viabilidade	Estudo de viabilidade	Estudo de viabilidade		
Estudo preliminar	Estudo preliminar	Estudo preliminar	Estudo preliminar	
Anteprojeto	Anteprojeto e/ou pré-execução	1ª Compatibilização	Anteprojeto	
		Anteprojeto		
Projeto legal	Projeto legal	2ª Compatibilização	Projeto legal	
		Projeto legal		
Projeto básico	Projeto básico	3ª Compatibilização		
Projeto para execução	Projeto para execução	Projeto executivo	Projeto executivo	Pré-execução
				Projeto Básico
				Compatibilização e coordenação de projetos
				Caderno de especificações
				Detalhamentos
		Revisão final (obra)		

Fonte: Adaptado (MIKALDO JR., 2006). (COSTA, 2013).

Determinam condições para a elaboração de projetos de edificações, e de seus componentes divididos em etapas sucessivas, que compreendem desde o levantamento de dados e a viabilidade do investimento até o conjunto de informações técnicas para a sua execução. (MELHADO, 1994). (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1995).

De outra forma o Sinduscon<sup>2</sup> (1995 apud MIKALDO JÚNIOR, 2006), mostra a compatibilização como mais um tópico no decorrer das etapas, ramificando o processo em três interfaces de compatibilização, sendo os mesmos, entre: o estudo preliminar, o anteprojeto e o projeto legal.

Já o conceito determinado pela ASBEA (2000), subdivide-se o projeto executivo em cinco fases. A compatibilização está presente antes das etapas de finalização (os cadernos de especificações e detalhamentos) e depois da realização dos projetos básicos e de pré-execução.

Desta forma, apesar de existirem algumas divergências de como cada autor expõe seu modo de definir as diferentes etapas de projeto, pode-se afirmar que suas definições são similares, e que estas possuem um consenso na concepção e planejamento de cada fase.

Fabricio, Ornstein e Melhado (2010), defendem que o processo de projeto deve gozar de um conceito de extrema importância, a qualidade, a qual é um fator limitante na competitividade das empresas e para a sociedade como um todo. Esta depende da formulação e do balanceamento entre os diversos fatores envolvidos nas soluções e especificações de projetos. (QUADRO 2). Em síntese a qualidade pode ser verificada através da clareza e da qualidade das informações expressas.

Quadro 2 – Dimensões da qualidade de projeto

Etapa	Dimensões da qualidade no projeto	Itens de desempenho	
<b>Pré-projeto</b>	<b>Qualidade do levantamento de informações</b>	Pesquisas de mercado	
		Necessidades dos clientes e dos usuários finais	
		Informações básicas para projeto	Possibilidades e condições de financiamento
			Áreas e documentação do terreno
			Orientação solar do terreno
			Ventos predominantes
			Caracterização do entorno urbano
			Levantamento da legislação construtiva referente à área (zoneamento urbano)
			Levantamentos topográficos
			Sondagens geotécnicas do terreno
			Impactos ambientais

(Continua)

<sup>2</sup> SINDUSCON. Diretrizes gerais para a compatibilização de projetos. Curitiba: SEBRAE, 1995.

## Continuação do Quadro 2 – Dimensões da qualidade de projeto

Etapa	Dimensões da qualidade no projeto	Itens de desempenho		
Pré-projeto	Qualidade do programa de necessidades do empreendimento	Hierarquização das necessidades dos clientes e dos usuários		
		Tradução dos requisitos dos clientes em requisitos de desempenho técnicos e funcionais		
		Definição dos escopos dos projetos e contratos		
		Definição de prazos		
		Equacionamentos econômico, financeiro e comercial		
		Coerência, clareza e exequibilidade das especificações de programa		
Projeto	Qualidade das soluções de projetos	Atendimento ao programa		
		Atendimento a exigências de desempenho	Segurança	estrutural
				ao fogo
				contra invasores
				contra acidentes
			Habitabilidade	conforto térmico
				conforto acústico
				iluminação
		estanqueidade		
		ergonomia		
		acessibilidade		
		Durabilidade e desempenho ao longo do tempo		
		Sustentabilidade	Matérias-primas especificadas	
			Rejeitos inerentes às especificações do projeto e ao processo construtivo adotado	
			Consumo de energia na produção	
Consumo de energia na utilização	luz natural			
	ventilação natural			
	aquecimento de água			
Consumo de água	bacia sanitária			
	reaproveitamento de água			
	limpeza			
Disposição de resíduos sólidos (possibilidade de coleta seletiva)				
Disposição de resíduos líquidos				

(Continua)

Continuação do Quadro 2 – Dimensões da qualidade de projeto

Etapa	Dimensões da qualidade no projeto	Itens de desempenho	
Projeto	Qualidade das soluções de projetos	Construtibilidade	Racionalização
			Padronização
			Integração e coerência entre projetos
		Atendimento às exigências econômicas	Custos de execução
			Custos de operação
			Custos de manutenção
	Custos de demolição/reabilitação		
	Qualidade dos serviços associados ao projeto	Projeto para produção	
		Projeto para manutenção	
		Serviços de consultoria	
		Quantitativos e orçamentos (definição dos custos associados às soluções dos projetos)	
	Qualidade da apresentação	Clareza e transparência da informações dos projetos	
Detalhamento adequado dos projetos			
Informações completas para construção, operação e manutenção dos edifícios			
Facilidade de consulta (mídia do projeto, linguagem adequada ao usuário, ordem das informações, tamanho de pranchas, etc.)			
Pós-projeto	Qualidade do acompanhamento do projeto	Planejamento da obra	
		Apresentação do projeto à obra	
		Acompanhamento do projeto durante a obra	
		Documentação ( <i>as built</i> ) <sup>3</sup> das obras	
		Planejamento de vendas e marketing	
		Manual do usuário	
		Entrega da obra e assistência dos projetistas durante a utilização do empreendimento	
		Avaliação de desempenho/avaliação pós-ocupação	
Gestão do processo	Qualidade da gestão do processo de projeto	Seleção e qualificação dos projetistas (valorização dos projetistas)	
		Planejamento do processo de projeto	
		Coordenação das soluções de projeto (pró-ativa)	
		Compatibilização dos projetos (verificação e resolução de interferências entre disciplinas)	
		Gestão de prazos dos projetos	
		Gestão do escopo dos projetos	
		Gestão da qualidade dos projetos	
		Validação dos projetos (entre etapas de maturidade do processo)	

Fonte: Fabricio, Ornstein e Melhado (2010).

<sup>3</sup> É a revisão final dos projetos, adaptando todas as mudanças realizadas no canteiro de obras, com a finalidade de abordar o que foi efetivamente construído. (COSTA, 2013).

Um ponto fundamental para a qualidade da gestão do processo de projeto é a compatibilização de projetos. Para Graziano (2003), compatibilizar é uma essencialidade do projeto, na qual os dados compatibilizados devem ser analisados minuciosamente, para que os conflitos e soluções tenham coerência e constância até a conclusão da modalidade de projetos e término da obra do mesmo.

### **3.3 Compatibilização de Projetos**

De acordo com Graziano (2003), por volta dos anos 60, houve um superávit no setor imobiliário. O que fez com que os profissionais, que trabalhavam até então em conjunto nas empresas que executavam e desenvolviam seus projetos, se separassem e começassem a se especializar em diferentes áreas, como na estrutura, arquitetura e instalações em geral.

Segundo Costa (2013), como consequência da divisão dos profissionais em áreas distintas, os projetos passaram a apresentar incompatibilidades que só eram encontradas na etapa de execução da obra. Assim acarretou-se o aumento dos custos no valor final da mesma, com retrabalhos e atrasos, devido à perda de tempo para encontrar a melhor solução para o problema.

Sendo assim, a separação dessas atividades, foi a principal causa para o surgimento da necessidade de se coordenar e compatibilizar projetos. (MIKALDO JÚNIOR, 2006). Para Melhado (2005), o processo de projeto tradicional é composto por inúmeras disciplinas que muitas vezes resulta em um produto final com baixa qualidade. Isto acontece devido aos profissionais que trabalham apenas dentro de suas especialidades, não se preocupando com o desenvolvimento do produto e seus impactos nas outras disciplinas.

A compatibilização de projetos busca a integridade e o gerenciamento para uma completa obtenção da qualidade de uma determinada obra. (MIKALDO JÚNIOR, 2006). Com isso, Vanni (1999) relata que a mesma simplifica e valoriza tanto os materiais de construção, quanto a mão de obra, pois esta diminui ou elimina os conflitos existentes entre projetos.

De acordo com Novaes (1998), a compatibilização tem o principal objetivo de ocorrer em todas as fases do projeto, obtendo assim um papel fundamental para integração construtiva e racional de diversos fatores dentro do projeto. Nesta mesma linha de raciocínio Lockhart e

Johnson (2000), também concordam que o processo de compatibilidade integra uma sequência rápida e orientada, abrangendo todas as etapas, desde as iniciais até as finais na produção de projetos.

Dessa maneira, compatibilizar é uma forma de reunir e incorporar todas as disciplinas que envolvem um projeto, garantindo assim um produto final de qualidade. Esse método se realiza após a finalização de cada parte do projeto, verificando interferências e conflitos através da sobreposição de projetos diferentes. (MELHADO, 2005). E ainda, além da forma tradicional existem várias tecnologias que agilizam o processo.

### **3.4 Tecnologia da Informação (TI)**

De acordo com Nascimento, Laurindo e Santos (2003), nomeiam-se as tecnologias que possuem funções de capturar, arquivar, processar e disseminar informações eletronicamente, como Tecnologia da Informação (TI). Segundo Laurindo (2000), este termo não se refere somente à titulação de informação por ferramentas eletrônicas, a expressão corresponde também a aspectos humanos, organizacionais e administrativos.

Segundo Florio (2007), as construções da era digital comparadas com as da época da Revolução Industrial e do Modernismo, possuem um grau elevado de complexidade, exigindo dos projetos contemporâneos novas metodologias de gerenciamento das informações. Desta forma, a TI veem ganhando destaque mundial, para que ocorra uma administração efetiva de todos esses processos, possibilitando o controle de forma orientada dos dados digitais dos projetos, principalmente, com ênfase nos que possuem geometria mais complexa, assim também, pode programar o fluxo de atividades correspondentes à evolução da edificação.

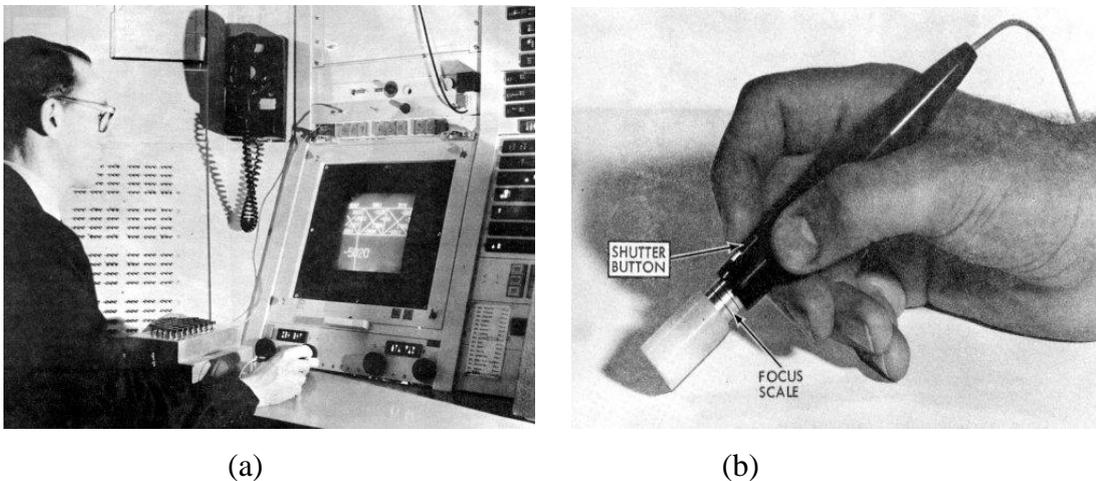
No atual cenário da engenharia civil, expressões como Construção Enxuta, Eficiência Energética e Sustentabilidade, possuem grande destaque e se relacionam à necessidade de níveis superiores na qualidade das edificações. A TI tem auxiliado significativamente o setor da construção civil, no aperfeiçoamento e expansão em ritmo acelerado de *softwares* cada vez mais inteligentes e práticos, criados com o intuito de suprir as exigências e as carências do mercado, e no desenvolvimento de *hardwares* mais potentes e portáteis. (FLORIO, 2007). Como por exemplo, os sistemas CAD que há muitos anos transformaram e agilizaram o serviço da AEC.

### 3.5 Sistemas CAD

A denominação CAD (*Computer-Aided Design*, ou projeto auxiliado por computador) foi concebida por *Douglas Ross* e *Dwight Baumann* em 1959, e aplicado pela primeira vez em 1960, em um anteprojeto chamado *Computer-Aided Design Project*, do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). (RUSCHEL; BIZELLO, 2011).

De acordo com Sutherland (2003), o sistema CAD interativo foi primeiramente implantado por Ivan Edward Sutherland, em um sistema denominado *Sketchpad*, um programa que possuía entradas e saídas de dados de um desenho bidimensional, o qual o usuário desenhava diretamente no monitor do computador, auxiliado por uma caneta luz. A FIG 2 (a) mostra a utilização de *Sketchpad* e a FIG 2 (b) a caneta luz, que proporcionava a interação entre o usuário e o sistema, na qual o operador poderia apontar e alterar os objetos expostos na tela. A caneta luz foi à antecessora do mouse.

Figura 2 – (a) *Sketchpad* sendo utilizado e (b) Caneta luz



Fonte: Sutherland (2003).

Na década de 60, as utilizações de computadores permitiram a elaboração de arquitetura e engenharia com geometrias mais complexas permitindo maior precisão e rapidez na execução. Isso possibilitou o desenvolvimento de projetos simultâneos. (SCHODEK *et al.*, 2007).

Na década de 1980, surgiu o termo CADD (*Computer-Aided Design and Drafting*) que poderia significar tanto projeto assistido por computador, bem como, desenho assistido

por computador. Com a ampla aplicação, os sistemas CAD passaram a dar mais atenção ao projeto, e os desenhos foram automatizados. (RUSCHEL; BIZELLO, 2011).

Ainda de acordo com Ruschel e Bizello (2011), na literatura técnica, para os projetos designados sendo como de engenharia utiliza-se o termo *Computer-Aided Engineering* (CAE), os sistemas executam cálculos, dimensionamentos, análises e simulações de engenharia. Quando o projeto é de arquitetura denomina-se *Computer-Aided Architectural Design* (CAAD), os sistemas são de desenvolvimento, avaliação e simulação do modelo de construção, desde a etapa de concepção até o projeto executivo. Já para a fabricação auxiliada por computador, em escala real ou reduzida, emprega-se o termo *Computer-Aided Manufacturing* (CAM).

### 3.5.1 CAD Geométrico

Segundo Ayres e Scheer (2007), embora existissem diferentes tipos de CAD, a baixa capacidade dos computadores daquela época favoreceu a demanda por *softwares* que necessitavam de uma quantidade menor de processamento. O CAD que melhor se enquadrava nestes quesitos foi o caracterizado CAD geométrico ou prancheta eletrônica, o qual permite a confecção e/ou elaboração de desenhos projetuais no plano bidimensional (2D) virtual, utilizando linhas, círculos, polígonos, dentre outros, e também meios não geométricos como a inserção de textos para a identificação dos objetos, formando no conjunto final a representação do projeto prescrito com elementos construtivos, com relação às áreas de diferentes trabalhos da indústria da AEC.

No decorrer do processo de projeto empregando técnicas de CAD 2D, o usuário adota os comandos que o sistema oferece para criar, alterar, agrupar e organizar os desenhos num estilo padrão, delimitando formatos de impressão, *layers*, cotas, blocos arquitetônicos e símbolos, de forma a utilizá-los posteriormente, afim de ganhar tempo na configuração ou edição em um novo desenho. (RUSCHEL; BIZELLO, 2011).

Conforme Ayres e Scheer (2007), a representação no CAD geométrico gera uma desintegração do virtual com o real, dificultando a análise, na qual clientes leigos, não entendem o emaranhado de linhas, não conseguindo assim assimilar o projeto bidimensional

com a realidade. Desta forma fica explícita a necessidade de uma forma de melhorar a capacidade de visualização e interpretação do projeto, e sua relação como o concreto.

### 3.5.2 CAD 3D

O CAD 3D é a evolução do CAD geométrico, consiste na criação de um modelo tridimensional. O conjunto de elementos geométricos volumétricos resultam em um modelo 3D, que foram modelados, modificados, e enriquecidos de acordo com a experiência do projetista, modelos estes que pode-se extrair perspectivas de qualquer ângulo do protótipo criado. Com a utilização de *softwares* específicos de modelos tridimensionais, pode-se dar mais efeito, aplicando texturas, imagens, simulando a iluminação, realizando renderizações, sendo possível ainda fazer maquetes eletrônicas. (RUSCHEL; BIZELLO, 2011).

Os programas de modelagem normalmente iniciam-se apresentando os três planos principais: XY, YZ e XZ. No decorrer da modelagem, os aspectos do desenho devem ser criados com referências nestes planos. (FOGGIATTO; VOLPATO; BONTORIN, 2007).

### 3.5.3 CAD 4D e nD

CAD 4D é a combinação do modelo 3D com a linha do tempo, como uma quarta dimensão, possibilitando a geração de uma visualização de gráficos 2D e o cronogramas físico, informações estas mais eficientes que os métodos tradicionais. Com a visualização 4D, é mais fácil e simples transmitir ao cliente e às construtoras, os detalhes e etapas da edificação, pois se visualiza o processo dinamicamente. (RUSCHEL; BIZELLO, 2011).

Da integração do projeto com as demais atividades de produção de construção, aparece um novo termo o CAD nD, o qual relaciona com cada novo elemento associado ao modelo tridimensional para melhor assimilar e facilitar o gerenciamento do empreendimento. Uma nova etapa pode agregar um tópico novo, no processo de projeto, como por exemplo, uma planilha quantitativa com informações sobre os materiais e suas quantidades, em conformidade com a fase na linha do tempo da edificação. (ELVIN, 2007). Sendo assim,

abrange a engenharia simultânea, de forma a influenciar na interação entre os especialistas e na tomada de decisões, minimizando as incertezas no processo de projeto. (FABRICIO, 2002).

### **3.6 Engenharia Simultânea**

A Engenharia Simultânea surgiu no fim da década 80 com a idealização feita pelo IDA (*Institute for defense Analysis*). A expressão é tradução do termo em inglês *Concurrent Engineering*, que é definida como a integração do projeto simultâneo ao produto (FABRICIO, 2002). Dessa forma, possui amplos conceitos que buscam a redução do tempo de produção de bens na indústria e é inserida em diversas áreas, como na indústria de produção em grande escala de automobilismo, aeronáutica e construção civil.

A Engenharia Simultânea, fundamenta-se em dois pontos: 1) quanto mais rápido forem realizadas as alterações necessárias no projeto, melhor, sendo assim mais viável economicamente. 2) As fases do projeto são elaboradas paralelamente, ou seja, em conjunto, não sequencial tornando assim o processo projeto mais rápido. (PETRUCCI JÚNIOR, 2003).

De acordo com Durante (2013), a Engenharia Simultânea, é diferente do modelo convencional, sendo as principais características a valorização do projeto e a concepção do produto.

Portanto, para que os dados tenham qualidade é necessário que a troca de informações seja efetivamente precisa e rápida. Desta forma, são indispensáveis ferramentas computacionais que sustentem múltiplos ambientes de trabalho, permitindo o compartilhamento de informações e a compatibilização dos mesmos. Sendo assim, a Engenharia Simultânea é uma grande interlocutora da tecnologia BIM; (PETRUCCI JÚNIOR, 2003).

### 3.7 *Building Information Modeling* (BIM)

A abreviatura BIM provem do termo *Building Information Modeling*, cuja tradução significa Modelagem de Informação da Construção. Este é definido como sendo uma tecnologia sustentada por um modelo que está ligado a um banco de dados de informações sobre o projeto e todo o processo de construção. (THE AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS, 2013).

#### 3.7.1 Histórico do BIM

O *Building Information Modeling* (BIM) é um dos mais promissores desenvolvimentos da indústria da arquitetura, engenharia e construção (AEC). Atualmente essa tecnologia, vem cada vez mais, ganhando espaço no cenário mundial. Contudo, nem a nomenclatura muito menos o conceito, é novo, originalmente o documento mais antigo encontrado, foi um protótipo de um trabalho, o “*Building Description System (BDS)*”, publicado em 1975, por Charles M. Chuck Eastman, professor do *Georgia Institute of Technology*. (EASTMAN *et al.*, 2008). Este trabalho aderiu à concepção de *design* paramétrico, o qual permitia a realização de desenhos 2D a partir de um modelo que possuía um banco de dados, o que possibilitava a visualização e análise quantitativa. Este também sugeria que empreiteiros de grandes projetos, possuíam uma certa vantagem para a realização dos levantamentos de materiais e para a designação de tarefas. Eastman descrevia o conceito BIM a sete anos antes da *Autodesk* ser fundada e a 25 anos antes da primeira versão do *Revit* ser lançada.

Entre os anos de 1970 e 1980, o desenvolvimento expandiu em todo o mundo. O termo BDS poderia ser interpretado como “*Building Product Models*”, nos EUA, com o significado “Construindo Modelos de Produtos”. E “*Product Information Models*”, na Europa, o que significava “Informações sobre o Produto de Modelos”. Estas frases se uniram para formar o *Building Information Modeling*. Robert Aish, era um criador de componentes, atualmente é membro da *Autodesk Research*, foi o primeiro a documentar, em 1986, o termo “*Building Modeling*”, que significa modelo de edificação, no mesmo sentido que adotamos o

BIM hoje. A primeira aplicação, em 1987, do BIM estava associada ao conceito de Edifício Virtual do ARCHICAD *Graphisoft* da *Nemetschek*. (CODEBIM, 2014).

Muitos artigos, sites e até livros afirmam que *Jerry Laiserin* acunhou o termo BIM. Porém, o próprio *Laiserin* nega em sua introdução no livro *BIM Handbook*, de Eastman et al. (2008), afirma que ao invés de pai do BIM, prefere ser chamado de padrinho, e se alguém merece o título de pai e idealizador, certamente este deve ser destinado a *Chusck Eastman*. (EASTMAN *et al.*, 2008).

*Jerry Laiserin* popularizou o termo, o que se tornou comum, como uma representação digital do desenvolvimento de uma edificação, que proporciona o intercâmbio e a interoperabilidade. (CODEBIM, 2014).

### 3.7.2 Metodologia BIM

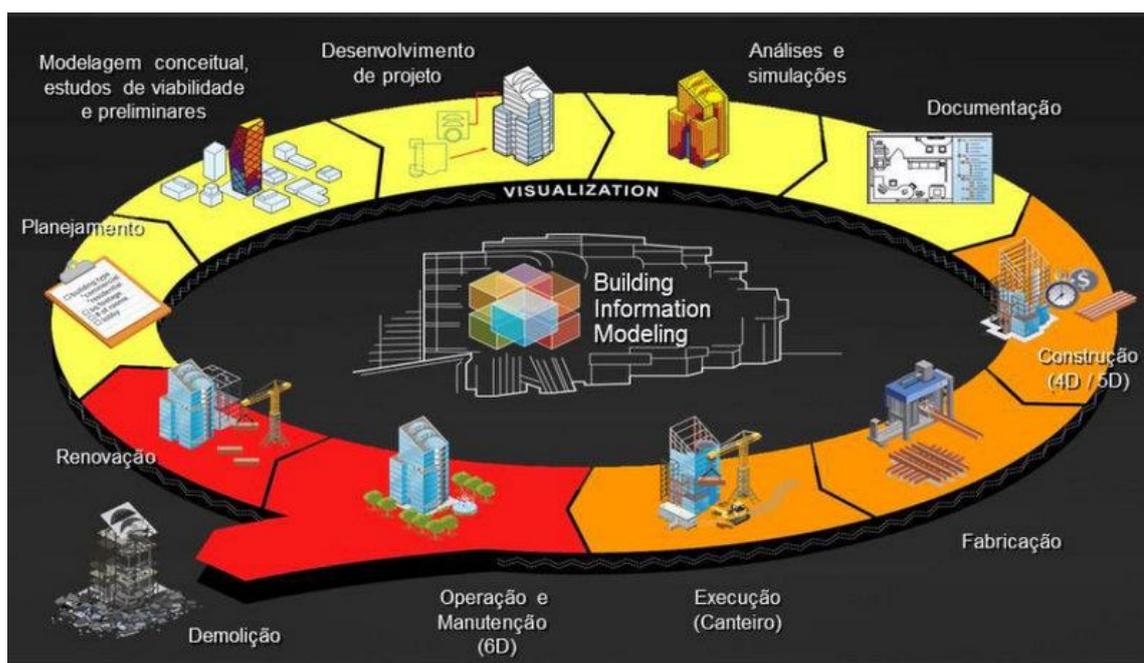
Segundo Eastman *et al.* (2008), BIM é uma tecnologia de modelagem associada a um aglomerado de procedimentos para executar, comunicar e investigar construções. Já Jernigan (2008), afirma que os sistemas BIM trabalham com um modelo único, que é paramétrico. Nele o processo de projeto não é mais sequencial, não existem etapas separadas, todas as elaborações e modificações das disciplinas estão interligadas, de maneira a promover a facilidade e agilidade nas fases da edificação.

A Modelagem da Informação na Construção é o processo fundamentado em um modelo tridimensional “inteligente”, que proporciona a criação e o gerenciamento de projetos de edificações de interdisciplinas, de uma forma mais rápida, econômica e com menor agressão ao meio ambiente. (MELLO, 2012).

De acordo com a Mello (2012), o protótipo dispõe de diferentes características físicas e funcionais durante todo o ciclo de vida do empreendimento, desde a concepção e o planejamento inicial até a operação e manutenção. Com isso, cada fase deve conter o máximo de dados, cujo intuito é informar e orientar o indivíduo participante do processo. O modelo precisa estar presente de forma ativa na construção e operação, mas para um bom êxito pode-se ser adaptado mediante as necessidades específicas de cada agente, processo e tecnologia. A continuidade de uma etapa para outra propõe a redução de erros e intensifica ganhos para todos os elos da cadeia.

A FIG. 3 relata a presença do BIM em todo o ciclo de vida da edificação. Em amarelo pode-se observar a macro – fase de projeto: o planejamento, a modelagem conceitual (estudos de viabilidade e preliminares), desenvolvimento de projetos, simulações e análises, e por fim a documentação do empreendimento. Em laranja destaca-se a fase de construção, a junção do tempo e dos custos (4D e 5D), que são os cronogramas físicos financeiros e orçamentos, observa-se também a fabricação dos materiais e a execução da obra (serviços e mão de obra). Por último, em vermelho, percebe-se a operação e manutenção (6D), e o reinício do ciclo, com a demolição e a renovação. De acordo com estudos norte americanos, num período de 20 anos, a fase de projeto corresponde aproximadamente 5% dos custos do empreendimento, a fase de construção cerca de 25% e a operação e manutenção entorno de 70%. (MELLO, 2012).

Figura 3 – Ciclo de vida da edificação



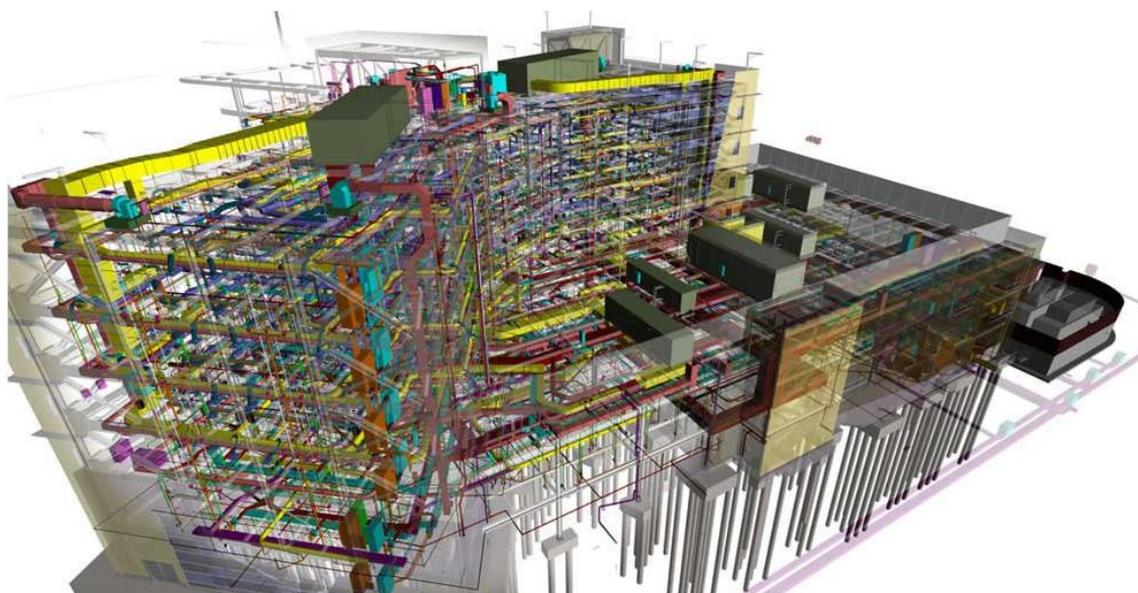
Fonte: Mello, 2012.

Atualmente, com a forte intervenção da TI, o BIM é uma tecnologia que promete revolucionar as áreas que atuam tanto na gestão de projetos como na execução de obras.

### 3.8 Dimensões do Modelo

O BIM não é apenas um software e da mesma forma, não significa somente um modelo aperfeiçoado, mas sim, uma evolução em todo o processo de construção de uma edificação, o qual promove mais informações nos projetos, tornando-os mais acessíveis e exalta a interação entre os vários colaboradores, como pode ser observado na FIG. 4. (HARDIN, 2009).

Figura 4 – Interação entre diversos projetos



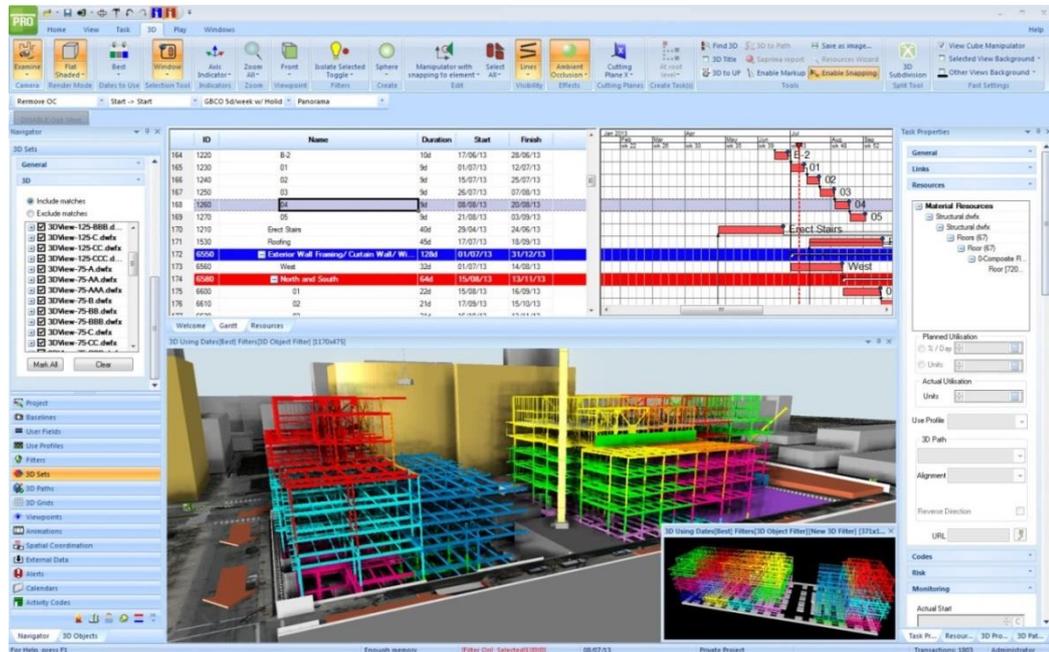
Fonte: BSI, Building Smart (2011).

Os modelos BIM, vão além das representações tridimensionais do espaço euclidiano, sendo caracterizado como “nD”. A modelagem nD é uma extensão do BIM, que agrega múltiplas questões de projeto de informações geradas e necessárias ao longo da vida do empreendimento, tais como a acessibilidade, sustentabilidade, economia de energia, conforto térmico e acústico, custos, dentre outros. (FU *et al.*, 2006). A tecnologia BIM a partir de seu modelo tridimensional, evoluiu para extensões com 4D, 5D, 6D e 7D.

A dimensão 4D agrega o tempo, sendo intitulada no planejamento, no qual estabelece-se o processo de vincular atividades construtivas em horários e datas específicas, contendo simulações gráficas em tempo real do andamento da obra. Desta forma, os participantes do projeto e principalmente o empreiteiro que gerencia a obra, podem visualizar, analisar e

intervir de maneira efetiva e pontual em problemas relacionados ao tempo. A FIG. 5 demonstra um *software* de gerenciamento de projetos. (KAMARDEEN, 2010).

Figura 5 – *Software* demonstrativo do gerenciamento de projetos e obra (4D)



Fonte: Synchro Software, 2014.

O custo de todo o processo é integrando a 5ª dimensão, que permite a geração instantânea de orçamentos e de gastos financeiros e representações genéticas do modelo contra o tempo. Isto proporciona a precisão das estimativas e minimiza os incidentes e prejuízos ocasionados a planilhas mal formuladas. Com o uso da quantificação automática e precisa, é possível minimizar a variabilidade na orçamentação, desse modo, é realizada rapidamente e com maior exatidão. A tecnologia BIM, trabalha com um objeto paramétrico, que ao modificar o projeto, atualiza automaticamente todos os desenhos referentes à documentação, da mesma forma os quantitativos são recalculados instantaneamente. Com isso, obtêm-se um maior domínio do valor final da obra, através da análise de custos em todas as etapas do empreendimento e também facilita na tomada de decisões. (KAMARDEEN, 2010).

### 3.9 Benefícios do BIM

Segundo Jacoski e Lamberts (2002), com a adesão do BIM, há aumento de intercomunicação e diminuição de atrito entre as informações, uma vez que os documentos são dispostos a todos os participantes do processo. Esses elementos ajudam para o controle da redução do tempo e dos gastos para que haja desenvoltura na agilidade e qualidade do trabalho. Birx (2006) descreve algumas vantagens do BIM:

- Facilidade na administração dos projetos (através da compatibilização, é possível identificar as interferências);
- Maior nível de detalhamento e conseqüentemente aumento da qualidade do produto final;
- Aumento da gestão de projetos, em que o BIM se torna um arquivo de referências;
- Expansão da empresa no mercado de atuação;
- Educação aos jovens projetistas, a desenvolverem soluções construtivas do projeto;
- Maior facilidade na tomada de decisões.

#### 3.9.1 Objeto Paramétrico

Frequentemente, na elaboração e desenvolvimento dos projetos de um empreendimento, são realizadas revisões e alterações em pontos específicos dos desenhos, que certamente modificará todo o processo, ocorrendo a necessidade de corrigir os desenhos, que por vezes já se encontram finalizados. Para suprir este problema foi criado um elemento, embutido em sistemas gráficos computacionais, fundamentado em hierarquia e parâmetros, ou seja, variações paramétricas. (FLORIO, 2007).

Um projeto paramétrico permite gerar uma vasta variedade de informações sobre o desenho, caracterizando aspectos construtivos, detalhes e especificações de materiais, como por exemplo, a realização de uma parede em um *software* paramétrico, difere-se dos modelos convencionais. Uma vez que esta não é apenas a representação de linhas, mas sim, um aglomerado de informações embutidas nas mesmas, na qual se adere vários aspectos, como a

dimensão da alvenaria, o tipo de revestimento em ambas as faces, entre outros fatores que enriqueceram o projeto. (ANDRADE; RUSCHEL, 2011).

Dessa forma, cada componente construtivo tem atribuições e representações próprias. O sistema CAD reconhece os objetos como se fosse o elemento real e além do mais, pode receber outros, e ainda, apontar possíveis incompatibilidades. Após gerado o desenho paramétrico, suas representações ortogonais (planta, corte, vista, perspectiva, etc.), com os materiais de acabamento que foram indicados na sua produção, são realizados automaticamente, visto que, quando o objeto é modificado, suas representações, tabelas de quantitativos e orçamentação também serão. (COSTA, 2013).

### **3.9.2 Interoperabilidade**

A falta ou dificuldade de comunicação entre os participantes envolvidos é o principal problema na idealização e construção de uma obra. É inevitável que um arquiteto, um engenheiro civil ou eletricitista, a título de exemplo, tenham diferentes concepções e preocupação no desenvolvimento de um projeto. Dessa maneira surge a necessidade de um modelo generalizado, possível de auxiliar todos os envolvidos. (ALVES *et al.*, 2012).

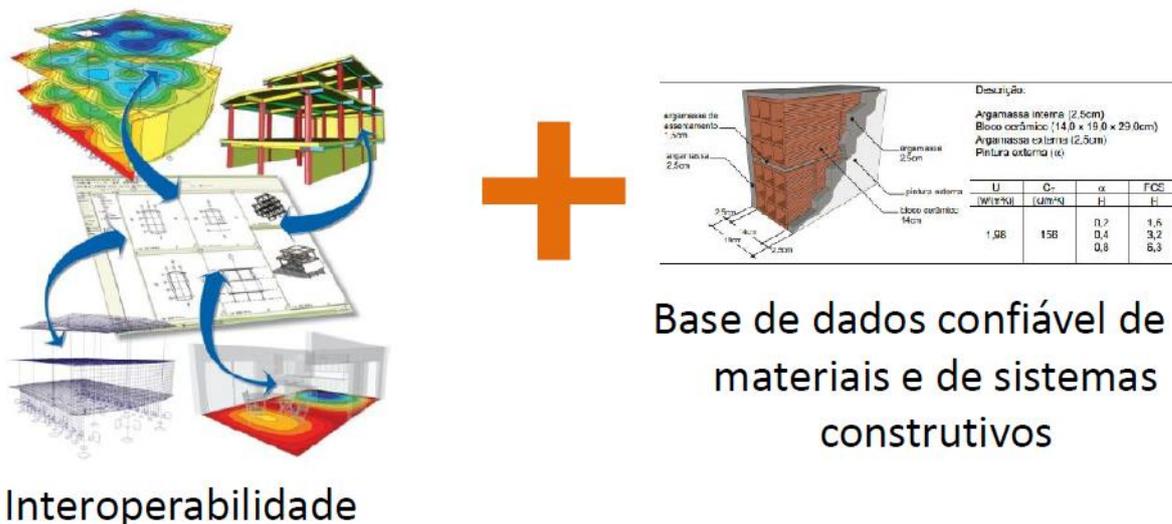
Um dos principais requisitos do BIM é a interoperabilidade, que é capacidade de reconhecer e trocar dados e informações por meio de aplicativos, que são utilizados no decorrer do processo de projeto. Esta proporciona de maneira colaborativa e ágil aos diversos profissionais de diferentes disciplinas, o intercâmbio ou agregamento de informações ao modelo. (EASTMAN *et al.*, 2008).

De acordo com Krygiel e Nies (2008), por meio da interoperabilidade dos modelos BIM é possível exportar o modelo geométrico, quantitativos e ter uma comunicação efetiva, fazendo com que as informações de diferentes partes do edifício sejam repassadas, de acordo com a necessidade de cada profissional.

Para que ocorra uma boa interoperabilidade, é essencial a implementação de um protocolo de trocas de informações entre os aplicativos computacionais no decorrer do processo de projeto. Os dois principais modelos de trocas de dados do domínio público da construção civil são o *CIMsteel Integration Version 2* (CIS/2) e o *Industry Foundation Classes* (IFC). O CIS/2 é um formato criado para ser utilizado em projetos e na fabricação de

estruturas em aço. Já o IFC é um formato neutro, aberto com especificações padronizadas para o BIM. (ANDRADE; RUSCHEL, 2011). A FIG. 6 ilustra uma simulação BIM, a interoperabilidade entre diferentes disciplinas conciliando com o banco de dados.

Figura 6 – Simulação do BIM



Fonte: GDP (2014).

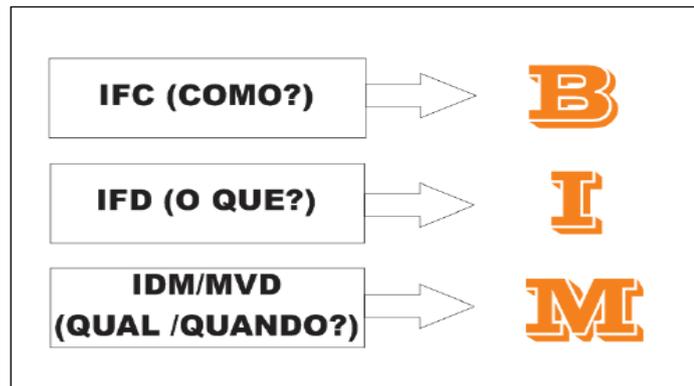
### 3.9.3 Interação Entre os Formatos BIM

A inter-relação entre os modelos BIM devem conter informações relevantes, com caráter explicativo e de advertência, abrangendo todo o processo de construção, manutenção e operação, promovendo o fácil acesso de forma integral a todos os envolvidos com o empreendimento. (COSTA, 2013).

Para o desenvolvimento de um empreendimento internacional, várias empresas de todas as partes do mundo se associam, havendo a existência da criação de normas de serviços, de modo a promover a compatibilização das informações. Esses padrões pré estabelecidos, preveem a elaboração de um dicionário universal, nomeado como sendo IFD (*Internacional Framework Dictionary*), tendo este uma perfeita sincronia com o IFC (*Industry Foundation Classes*). Desta maneira, Maria (2008) defende que o compartilhamento dos dados depende de três especificações essenciais. (FIG. 7):

- Um formato de intercâmbio, ou seja, de troca, definido “COMO” compartilhar os dados;
- Uma biblioteca de referência, definindo “O QUE” esta sendo compartilhado;
- E os requisitos das informações, afirmando “QUAL” informação será compartilhada e QUANDO”.

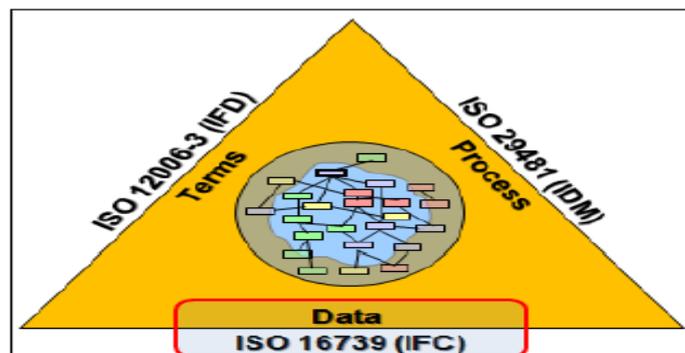
Figura 7 – Pré requisitos para o BIM



Fonte: Adaptado de Maria (2008).

De acordo com Eastman *et al.* (2011), em Genebra a ISO (*International Standards Organization*) deu início a um subcomitê responsável para a criação de um padrão específico para a exportação de dados de um produto, identificada como ISO 10303. A FIG. 8 mostra os padrões que constituem o BIM, o *Industry Foundation Classes* – IFC (dados), o *International Framework of Dictionaries* – IFD (termos) e o *Information Delivery Manual* – IDM (processos).

Figura 8 – Definições dos padrões pela ISO



Fonte: BSI, Building Smart (2011)

### 3.9.4 Industry Foundation Classes (IFC)

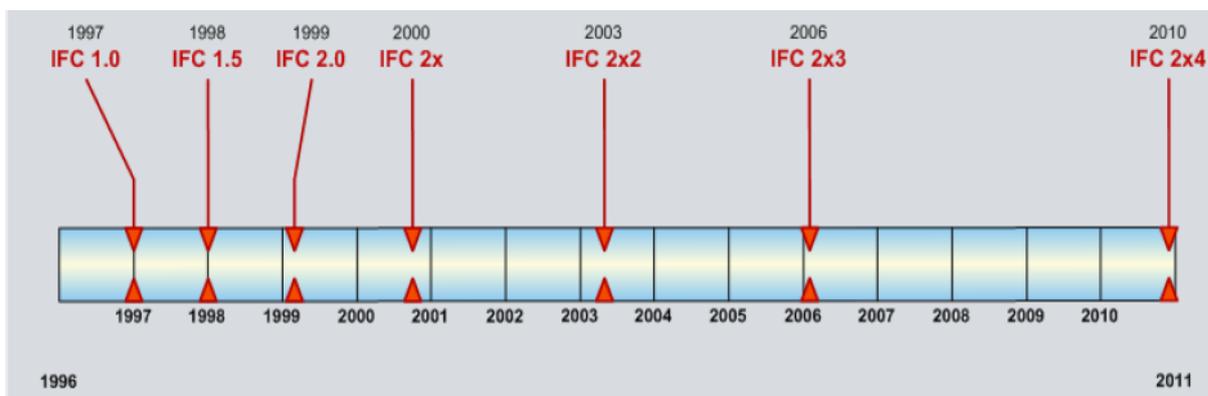
O IFC é um formato internacional utilizado para intercâmbio de documentos entre todos os *softwares* BIM, isto é, um elemento de padronização mundial, exclusivamente para troca de dados de produtos e compartilhamento, que oferece a interoperacionalidade entre os diversos serviços da indústria da AEC. (COSTA, 2013).

Surgiu em 1994, por uma equipe chamada *Internacional Alliance of Interoperability* (IAI) e hoje pertence a *Building Smart*. (LIMA, 2011).

Segundo Ayres Filho (2009) o IFC é desmembrado em quatro níveis básicos: *domain*, *interoperability*, *core* e *resource*. O *domain* trata dos dados descritos do modelo, desta forma é considerado o nível mais específico, o *interoperability*, admite a troca de informações dentro dos *domains*, o nível *core* é realizada a descrição de dados comuns aos demais níveis, e por último, o *resource* que possui somente a caracterização dos conceitos independentes e básicos, que se utiliza nos níveis mais altos.

Foram muitas as versões desde o princípio da utilização do modelo IFC. As versões iniciais tinham como proposta a elaboração de uma linguagem que fosse estável, sólida e que seria suportada por diferentes softwares. Em 2002 grande parte do modelo obteve a certificação ISO, logo o modelo tem se expandido e aperfeiçoado cada vez mais, a última versão é a IFC 2 x 4 (FIG. 9). (CHECCUCCI *et al.*, 2011).

Figura 9 - Evolução IFC



Fonte: BSI, BUILDING SMART (2011).

Segundo Ayres Filho (2009), o IFC é um arquivo neutro que permite um elevado número de abordagens de classes genéticas, com funções satisfatórias para descrever e representar os principais dados dos modelos.

### **3.9.5 *Internacional Framework Dictionary (IFD)***

De acordo com Checcucci *et al.* (2011), pode-se definir IFD como um mecanismo que permite a comunicação de um *software* BIM, com um banco de dados com características internacionais. Dessa forma o IFD é um dicionário que contém a definição e a terminologia dos projetos de edificações e essa é relacionada com as entidades IFC.

O padrão IFC descreve os objetos, suas conexões e a maneira de trocar e armazenar as informações. Já o padrão IFD aborda especialmente de forma exclusiva os objetos, discriminando suas propriedades, unidades e valores. Assim sendo a interoperabilidade é garantida, pois é possível que o modelo aberto se associe com diversas fontes. (COSTA, 2013).

### **3.10 *Information Delivery Manual (IDM)***

O IDM é o manual do usuário que especifica detalhes que são essenciais para o real funcionamento da construção. Este transmite particularidades de certo indivíduo (engenheiro ou arquiteto) para obtenção dos resultados finais. (CARVALHO, 2012).

Este manual promove a assessoria entre os profissionais responsáveis pela obra e os *softwares*, além de oferecer a troca integral de dados entre os envolvidos, e desenvolver a padronização dos documentos. (BSI, 2011). As comunicações das informações na AEC possuem uma relação direta com as definições dos modelos, que partem dos processos de *workflows* (criações), e dos dados relevantes que foram fornecidos. (PISSARRA, 2010).

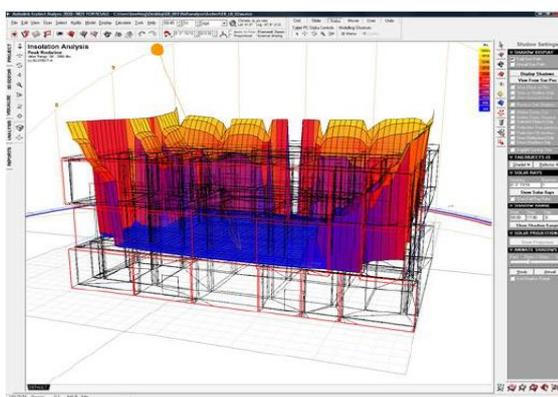
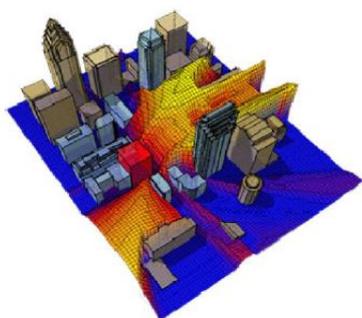
### 3.11 Sustentabilidade na Construção Civil

A esfera da construção civil mundial é responsável por 30% das emissões de gases, gasta mais de 40% de toda a energia consumida, 50% dos recursos naturais e 50% dos resíduos descartados. (UNEP, 2009). De acordo com o Balanço energético Nacional de 2008, no Brasil, o uso residencial é o segundo que mais gastou energia elétrica. Assim sendo, surgem ferramentas e tecnologias mais limpas e de controle, que possibilitam a redução do consumo e que incentivam a conscientização da população.

O conceito de sustentabilidade que mais se popularizou foi o de *Brundtland*, em um relatório formulado pela ONU (Organização das Nações Unidas), o qual descreve que o desenvolvimento sustentável é aquele que satisfaz as necessidades do presente sem prejudicar a capacidade das gerações futuras. (BRUSEKE, 1994).

Segundo Eastman *et al.* (2008), a tecnologia BIM pode colaborar para a sustentabilidade do projeto. Existem várias formas de aplicações do BIM na forma e no sistema funcional do edifício, como a correta orientação solar, a simulação de iluminação e ventilação natural e a artificial, energética e a captação e reutilização de águas de chuva e do lavatório, captação de energia solar e telhado verde, utilização de materiais ecológicos e recursos renováveis. Através da interoperabilidade pode-se submeter o modelo virtual em diversas simulações fazendo uso de *softwares* específicos, tais como: *Ecotect*, *GreenBuilding Studio*, *IES Virtual Environment*, *EnergyPlus*, e outros. A FIG. 10 mostra a análise do desempenho térmico.

Figura 10 – Análise no desempenho térmico



Fonte: GDP (2014).

A sustentabilidade é o principal fator que mais preocupa o setor industrial, a qual está aliada a um conceito que possui uma mesma ideologia e está se tornando realidade, o *lean construction*, ou construção enxuta. (VIEIRA, 2011).

### 3.11.1 Conceito *Lean Construction*

Nos anos 80, muitas empresas de construção civil almejavam sistemas de qualidade para melhor executar seus serviços e também para aquisição da ISO 9000. Desta forma iniciava-se o emprego de mecanismos da Gestão da Qualidade Total (TQM – *Total Quality Management*), porém os conceitos e métodos não atendiam toda a eficiência do sistema de produção. Sendo assim, nos anos 90, um novo paradigma foi constituído para a gestão das fases da construção civil, sendo marcada pela publicação de um trabalho: *Application of the new production philosophy in the construction industry*, realizado por Koskela em 1992, do *Technical Research Center*, da Finlândia, a partir deste foi criado o IGLC (*International Group for Lean Construction*), adaptando e disseminando o novo conceito em diversos países. Tanto o projeto (*Lean Design*), quanto a construção (*Lean Construction*) aderiram a teoria TFV (transformação, fluxo e valor). (FORMOSO, 2002).

De acordo com Koskela (1992), são muitas as interpretações do conceito *Lean*, contudo três pontos se destacam: eliminação de desperdícios, formação de parcerias, estruturação do contexto. Além dos conceitos básicos a construção enxuta apresenta princípios para a gestão do processo de construção:

- Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor (também chamados de resíduos).
- Aumentar o valor do produto pela consideração das necessidades dos clientes;
- Reduzir a variabilidade;
- Reduzir o tempo de ciclo;
- Simplificar reduzindo o número de passos, partes e ligações;
- Aumentar a flexibilidade de saída;
- Aumentar a transparência do processo;
- Controle sobre o processo completo;

- Construir a melhoria contínua no processo;
- Melhoria do fluxo de equilíbrio com a conversão.

O modelo BIM é um grande aliado para a implementação das técnicas *Lean*, pois este apresenta os quantitativos fundamentais para cada etapa da obra, abrangido os materiais, os equipamentos e a mão de obra. Essa tecnologia em conciliação com a teoria TFV (transformação, fluxo e valor), pode proporcionar grandes benefícios para a obra. (EASTMAN *et al.*, 2008).

### 3.12 Compatibilização

Atualmente, grande parte das detecções dos conflitos são realizadas manualmente, por meio da sobreposição de desenhos 2D de sistemas interdependentes colocados em uma mesa de luz, e através de projetos em 3D baseados de desenhos geométricos, sem informações, apenas de caráter representativo, que são utilizados para identificação de interferências. Estes aspectos manuais, são lentos, mas principalmente, estão suscetíveis a erros grosseiros e dependem de desenhos atualizados. A compatibilização de projetos, com utilização da tecnologia BIM oferece muitas vantagens sobre os métodos convencionais. Os sistemas BIM permitem a identificação de conflitos automaticamente e ainda informam as partes do projeto que carece de mais detalhes. Portanto o processo de detecção de interferências pode ser realizado em qualquer nível de detalhamento e com qualquer número de disciplinas seja arquitetura com estrutura ou instalações. (EASTMAN *et al.*, 2008).

No decorrer do processo de construção, o BIM é uma ferramenta fundamental para evitar falhas e perdas de tempo e material, com a realização de retrabalhos, pois os erros e conflitos foram eliminados no início do projeto. E também houve a determinação de métodos construtivos, de planejamento do canteiro e das fases da obra, mediante a um cronograma físico financeiro, conseqüentemente proporcionando um melhor custo benefício. (EASTMAN *et al.*, 2008).

### 3.13 Softwares BIM

De acordo com Barinson e Santos (2011), na área de projeto, os três principais softwares são o *Revit* da *Autodesk*, o *ArchiCAD* da *Graphisoft* e o *Bentley Architecture*, da *Bentley*. Exclusivamente para orçamentação, e planejamento o *Affinity* da *Trelligence* e o *DProfiler* da *Beck*. O Quadro 3 abaixo, relata alguns softwares com interface BIM, disponíveis no mercado.

Quadro 3 – Softwares BIM

<b>Disciplinas de Projeto</b>	<b>Ferramentas BIM</b>
<b>Arquitetura</b>	<i>Revit Architecture</i>
	<i>ArchiCAD</i>
	<i>Vectorworks</i>
	<i>Bentley Architecture</i>
	<i>Allplan</i>
<b>Estrutura</b>	<i>DDS-CAD Architect</i>
	<i>Tekla Structures</i>
	<i>Revit Structure</i>
	<i>CAD/TQS</i>
<b>Elétrica</b>	<i>Bentley Structural</i>
	<i>Revit MEP</i>
	<i>Bentley - Building Electrical Systems</i>
<b>Hidráulica/HVAC</b>	<i>DDS-CAD Electrical</i>
	<i>Revit MEP</i>
	<i>Bentley Mechanical Systems</i>
<b>Gerenciamento de projetos</b>	<i>DDS-HVAC</i>
	<i>Navisworks</i>
	<i>Synchro</i>
<b>Gerenciamento e orçamento de obras</b>	<i>Solibri</i>
	<i>Vico Software</i>
	<i>Volare/TCPO</i>
	<i>Primavera</i>
	<i>MSPProject</i>
	<i>Tron-orc</i>
<i>Orca Plus</i>	

Fonte: Adaptado (BARINSON; SANTOS, 2011).

Realizar a escolha e investir em um *software* com interface em modelação, pode não ser tão simples. Apesar do BIM oferecer inúmeras possibilidades, o método de implantação não é único para cada empresa, é preciso delimitar um objetivo na área de atuação, seja ela de concepção de projeto, orçamentária ou de gerenciamento da obra. Após definir o que é mais importante para a empresa, adota-se um *software*, ou conjunto de *softwares*. De um lado gasta-se esforço e tempo para aprender a manusear a ferramenta, por outro lado, significa uma aplicação de um investimento que proporciona a economia de tempo e custo benefício em todo processo de projeto e construção. (ANTUNES, 2013).

### **3.14 Implantação do BIM**

Segundo Eastman *et al.* (2008), em sua proposta que traça diretrizes para a implantação do BIM, é conveniente realizar primeiramente projetos pilotos, desenvolvendo modelos tipo. É necessário determinar objetivos, metas com caráter crítico avaliativo e para otimizar o desenvolvimento do projeto. No desenvolvimento de um protótipo, é recomendado refazer do zero um projeto que já foi executado, em um curto período de tempo, com uma equipe de pequeno porte e multidisciplinar com membros internos ou parcerias de forma a estimular a cooperação entre os integrantes.

Para Succar (2009) a aceitação completa da modelagem da informação na AEC não advém repentinamente. Existem diferentes estágios de adoção do BIM, que ocorrem gradualmente de acordo com a inserção da tecnologia e com a transformação dos métodos, até a sua adesão por completo. Como acontece a quebra de paradigma, há uma necessidade de percepção dos processos executados até o presente momento. Sua completa adaptação sucede da adoção de diferentes estágios, os quais estão pautados de acordo com o número de disciplinas relacionadas, as fases do ciclo de vida da construção e o estado das mudanças de acordo com as políticas, métodos e tecnologias utilizadas.

### 3.15 Estágios do BIM

Para poder usufruir melhor de tecnologias disponíveis, com interfaces BIM, é necessária uma grande evolução entre as diferentes fases do processo de construção. De acordo com Tobin (2008), são apresentados 3 estágios evolutivos da tecnologia BIM que são: BIM 1.0, BIM 2.0, BIM 3.0.

O BIM 1.0 é um processo interativo, sequencial e individualizado, sem a colaboração de outros especialistas. A principal função é gestão de documentos e a realização do projeto de uma disciplina. (ANDRADE; RUSCHEL, 2011).

No estágio BIM 2.0, a tecnologia é ampliada a várias disciplinas permitindo assim a troca de informações através da interoperabilidade e a cooperação. Um aspecto importante é a análise e a avaliação do projeto nas fases iniciais. Já o BIM 3.0 ou BIG BIM estabelece prática de trabalho multidisciplinas com modelos integrados e informações de formas sucessivas, sem perdas ou sobreposições. Permite um modelo virtual do edifício, com três características: modelagem paramétrica, interoperabilidade e gestão das informações do ciclo de vida. (RUSCHEL *et al.*, 2010).

Para Succar (2009) o ponto final é o *Integrated Project Delivery* (IPD), que é a união dos domínios tecnológicos, processos e políticas, que integram pessoas, sistemas, estruturas e práticas em um processo colaborativo. Com isso, visa melhorar os resultados do projeto, valorizar o valor do imóvel para o proprietário, diminuir as perdas e ampliar as eficiências das fases de projeto, fabricação e construção.

### 3.16 O BIM no Brasil

A partir do ano 2000, o BIM ganhou destaque no cenário brasileiro. (MENEZES, 2011). A implantação da tecnologia BIM no setor da construção civil enfrenta obstáculos na inserção efetiva dessa metodologia. Os principais problemas que dificultam a sua adesão são a insuficiência de base de dados dos elementos e a interoperabilidade dos aplicativos.

Entre distintos profissionais existe um consenso em dizer que essa metodologia exigirá uma mudança de cultura de projeto. Sendo assim, os profissionais envolvidos deverão sofrer

um processo de qualificação em aspectos técnicos e operacionais. (NEIVA NETTO; FARIA; BIZELLO, 2014). Isso insinua em um alto valor de investimento, não somente com as licenças dos *softwares*, mas também, devido à imensa capacidade de armazenamento de informações, que passarão a exigir computadores mais sofisticados que possuem maior capacidade de processamento. É unânime a afirmação que após a aplicação dos *softwares* a tendência da produtividade é diminuir, contudo, à medida que a equipe aperfeiçoa suas habilidades, esta retoma com um superávit na produção. (LOURENÇON, 2011). Menezes (2011), afirma que apesar dos gastos iniciais com a implantação, a adoção dessa plataforma, prevê em médio e longo prazo o retorno do investimento.

De acordo com Sayegh (2011), a utilização do BIM ainda é de forma parcial, a qual explora apenas algumas características, como a documentação do projeto, o levantamento quantitativo e a verificação de interferências. De forma geral, os escritórios de projetos trabalham isoladamente, desta forma não ocorre uma devida cooperação entre os envolvidos. O autor ainda ironiza que a implantação do BIM no Brasil ocorre com muitos equívocos e uma grande dose de modismo.

Segundo Figuerola (2011), Cristiano Ceccato foi um dos pioneiros na utilização do BIM no Brasil, juntamente com o norte americano Frank Gehry, ajudou na fundamentação da empresa *Gehry Technologies*, em 2002. Este também, em 2011, na primeira edição do Seminário Internacional sobre Arquitetura Digital: BIM, Sustentabilidade e Inovação promovido pela ASBEA, declara que o BIM tornará item obrigatório no mercado da AEC, como o AUTOCAD é contemporaneamente, e compara com a transição prancheta/CAD, para o CAD/BIM, ainda afirma que a mudança será de forma mais rápida e eficaz, uma vez que no início do CAD bidimensional as interfaces eram desatualizadas, as máquinas lentas, e os projetistas mal sabiam operar o computador, diferentemente da atual situação.

Já Neiva Netto; Faria e Bizello (2014), ressalta que os projetos que englobam a construção civil, tendem-se a sofisticarem, com foco na redução de custos e de olho nos impactos ambientais, sendo impulsionados pelo conceito e a metodologia BIM. O autor declara acreditar que a tecnologia terá seu espaço consolidado nos próximos anos, nos escritórios e construtoras brasileiras.

Segundo pesquisa realizada nas áreas de construção e projetos, pela Editora PINI, entre o período de 23 de maio à 23 de junho de 2013, constatou-se que mais de 90% dos 588 entrevistados pretendem implementar a tecnologia BIM nos próximos cinco anos. Algumas

empresas que adquiriram a tecnologia cita-se a Gafisa, Matec, Kahn do Brasil, Tecnisa e a Método Engenharia. (LOUZAS, 2013).

O BIM começa a ser exigência em licitações públicas desde 2011, a primeira a determinar a elaboração de projetos na plataforma, foi a Petrobrás, na construção da Unidade Operacional da Bacia de Santos, sede do pré-sal, em Santos. Da mesma forma a CDURP (Companhia de Desenvolvimento Urbano da Região do Porto do Rio de Janeiro) exigiu em licitação, a utilização do BIM em estudos de viabilidade físico-financeira de terrenos. Outro que também requereu foi o INPI (Instituto Nacional de Propriedade Industrial), no projeto básico de reforma do edifício “A Noite”, que abriga as partes das instalações do órgão, no Rio de Janeiro. (PINI, 2011).

Segundo Diniz (2012), o Dnit (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes) passou a exigir em edital que todos os projetos de engenharia deverão ser realizados na plataforma BIM (FIG.11) e serem georreferenciados eletronicamente, no fim de 2013. Isto trata-se de uma das principais modificações do governo federal para a contratação de obras pesadas, é responsabilidade do Dnit 55,6 mil km pavimentados de rodovias federais e seu orçamento gira em torno de R\$ 20 bilhões. Sendo assim, os projetos virão com um maior número de informações e detalhes, o que terá como consequência a inexistência de problemas de revisão e aditivos. A medida trará mais transparência, o pagamento será pontual conforme o orçamento que foi embasado sob o projeto.

Figura 11 – Projeto de estrada realizado pela plataforma BIM



Fonte: Diniz (2012).

De acordo com Nascimento (2014) outro a implantar a tecnologia BIM até o fim 2014 é o sistema de obras do Exército Militar Brasileiro, que tem por base o desenvolvimento e aperfeiçoamento contínuo de quatro pilares: as bibliotecas, a capacitação, os processos e a normatização.

Trata-se de uma mudança de paradigmas, na qual a educação é essencial para que tecnologia evolua tanto no setor público quanto na iniciativa privada. É necessário especializar, qualificar a mão de obra e investir nas universidades para que os novos profissionais se adequem a nova realidade. (DINIZ, 2012).

### **3.17 Adesão do BIM nas Universidades**

A partir de 2003, iniciou-se internacionalmente o ensino BIM nos cursos da AEC, contudo este fato foi intensificado entre os anos de 2006 à 2009, devido uma exigência do mercado de trabalho, por uma demanda de mão de obra qualificada para desenvolver e administrar projetos dentro da plataforma. (SANTOS; BARISON, 2011).

Em um relato de suas experiências William Kymmell, professor da Califonia State University, citou a dificuldade para a inserção do BIM nas universidades. Estas limitações abrangem o manejo das ferramentas BIM, a compreensão total dos conceitos, sua inclusão na grade curricular, a carência de professores que dominam esta tecnologia, e também a ausência de recursos. No Brasil a situação é similar, muitas vezes os professores não dominam certos avanços da TI. (SANTOS; BARISON, 2011).

As universidades que superaram essas barreiras são hoje as principais na inserção do BIM. Suas estratégias foram as matérias isoladas, a colaboração intracursos, disciplinas e à distância. O primeiro método é utilizado para fixar a função, o uso das ferramentas e a compreensão dos conceitos. Já no segundo ensina-se um pouco da parte prática, o qual desenvolve, cria, analisa modelos BIM e simula a colaboração de um empreendimento real, porém com alunos de um mesmo curso. A colaboração interdisciplinar acontece entre estudantes de dois ou mais cursos de uma mesma instituição e a colaboração à distância entre estudantes de distintas universidades que é fundamental na globalização. A implantação nas universidades não deve ser vista apenas como a inserção de uma matéria, pois o BIM tem potencial para interagir em todas as fases do plano de ensino. (EASTMAN *et al.*, 2008).

Santos e Barison (2011) propõe uma metodologia de ensino para as universidades, na qual nos dois primeiros anos seria introduzido o conceito BIM, o desenvolvimento das habilidades e análises individuais de modelo. Nos anos seguintes, se concentrariam nos trabalhos em equipe pela elaboração de um projeto que envolvesse duas ou mais disciplinas do curso, por exemplo o atelier de projeto com sistemas estruturais ou instalações. Já o último ano focaria em um trabalho de equipe multidisciplinar através da confecção de um projeto que envolvesse uma situação real do cotidiano e envolvesse a colaboração com empresas locais.

No Brasil, segundo os autores Ruschel e Guimarães Filho (2008) e Ruschel *et al.* (2010) diferentes universidades já adotaram a aplicação do BIM como a Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Universidade Presbiteriana Mackensie (UPM), Centro Universitário Barão de Mauá (CBM), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) e a Universidade de São Paulo (USP).

Na medida que ocorre a integração da construção civil, isto influencia na educação de futuros engenheiros e arquitetos com currículos capacitados que unificarão cada vez mais o projeto e a construção. (SANTOS; BARISON, 2011).

### 3.18 Normatização

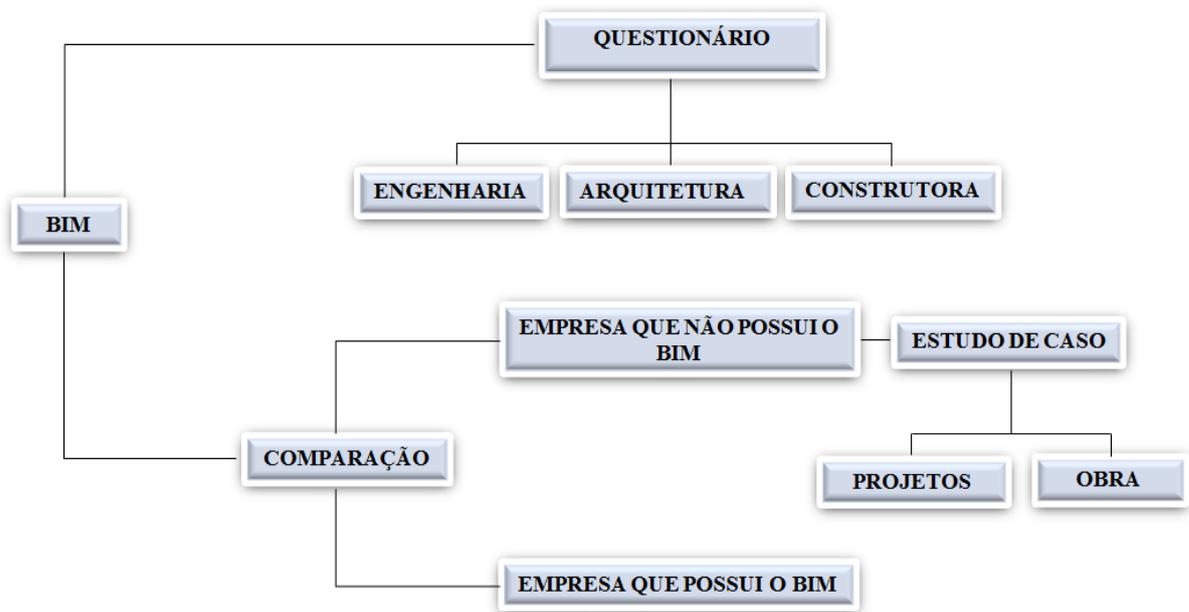
A normatização da tecnologia BIM está em processo no Brasil e no exterior, foi realizada uma comissão especial de estudo da modelagem da informação da construção, a ABNT/CEE 134. Scheer (2013) cita algumas NBR's:

- NBR ISO 12006-2:2010** Construção de edificação – organização da informação da construção Parte 2: Estrutura para classificação de informação.
- NBR 15965-1:2011** Sistema de classificação da informação da construção Parte 1: Terminologia e estrutura.
- NBR 15965-2:2011** Sistema de classificação da informação da construção Parte 2: Características dos objetos da construção.
- GT Componentes BIM** – diretrizes para desenvolvimento de bibliotecas de componentes

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo serão apresentados as características e o desenvolvimento desta pesquisa. Para maior entendimento dos procedimentos adotados, foi elaborado um fluxograma, conforme pode ser observado na FIG. 12.

Figura 12 – Fluxograma do projeto de pesquisa



Fonte: O autor (2014).

### 4.1 Materiais

Os materiais utilizados nesta pesquisa foram um questionário, formulado pelo próprio autor, projetos: arquitetônico e estrutural, que foram fornecidos por uma empresa “X”, que é responsável pela execução da obra que foi analisada e revisão bibliográfica de uma empresa que possui o BIM.

## 4.2 Métodos

Agora serão descritos os métodos adotados.

### 4.2.1 Questionário

A coleta de dados que sustenta o projeto de pesquisa iniciou-se com a elaboração de um questionário (APÊNDICE A), o qual contém 14 perguntas, sendo 10 destas questões fechadas, que ofereciam aos respondentes alternativas de respostas e as outras quatro foram abertas proporcionando a livre e espontânea opinião sobre o assunto. Além do mais, foi realizado um termo de consentimento livre e esclarecido (APÊNDICE B) o qual afirmou que o questionário possuía fundamentos meramente acadêmicos e que os dados fornecidos não comprometeriam a empresa/microempreendedor em nenhum momento, visto que seriam interpretadas somente as respostas.

A aplicação do questionário disseminou-se no setor da construção civil: engenharia, arquitetura e construção, o qual tinha a finalidade de obter informações de como é realizado o processo de projeto, além de saber se os respondentes conheciam e trabalhavam com a tecnologia BIM, no município de Formiga, estado de Minas Gerais.

### 4.2.2 Utilização do BIM

Foram analisadas duas empresas, uma que não possui e outra que possui a tecnologia BIM.

- **Empresa que Não Possui o BIM (Estudo de Caso)**

Realizou-se um estudo de caso, que destinou-se da seguinte maneira:

Foi escolhida uma empresa “X” que atua no setor de execução de construção civil, primeiramente foram analisados os projetos arquitetônico e estrutural do pavimento térreo de uma edificação, de forma a perceber se estavam compatíveis e de fácil entendimento.

Em um segundo momento foram observados em obra a interpretação e execução de um ponto específico que se delimitou na execução dos pilares do pavimento térreo.

- **Empresa que Possui o BIM**

Realizou-se uma revisão bibliográfica de uma empresa que possui a metodologia BIM em todo seu sistema, toda a implantação e apontando os benefícios da utilização desta ferramenta.

- **Comparação entre a empresa que não possui e a que possui o BIM**

Após concluídas todas as análises, foi feita uma comparação entre os resultados obtidos entre a empresa que não possui e a que possui o modelo de informação da construção (BIM).

## 5 RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos nesta pesquisa.

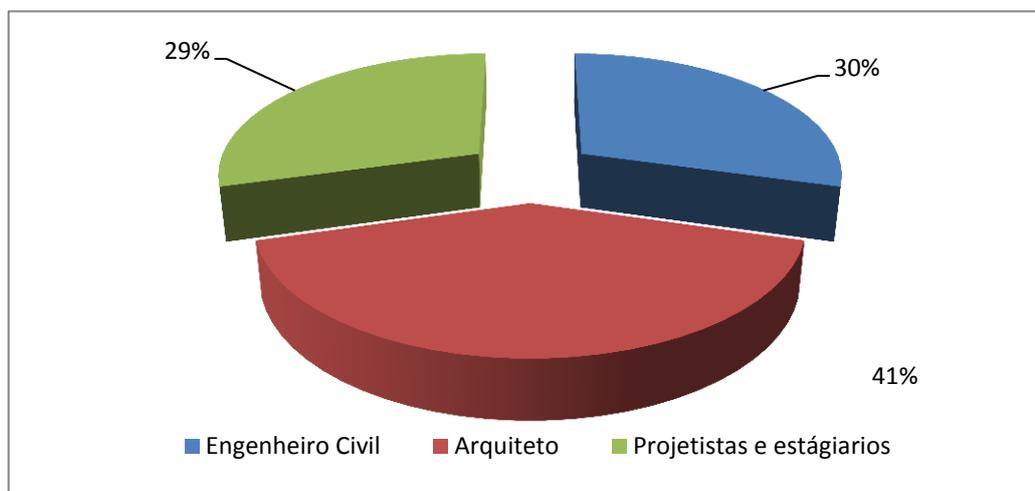
### 5.1 Questionário

Neste tópico serão expostos os pontos pertinentes e relevantes observados com aplicação do questionário.

#### 5.1.1 Caracterização dos Entrevistados

Os questionários foram aplicados entre os dias 17 de julho a 19 de agosto de 2014, sendo que o GRAF. 5, demonstra o percentual referente à qualificação profissional dos entrevistados. Do total de entrevistados, 41% são arquitetos, 30% engenheiros civis e 29% projetistas e estagiários que trabalham com engenheiros. Desta forma, as informações fornecidas, por essas pessoas, podem ser consideradas como confiáveis.

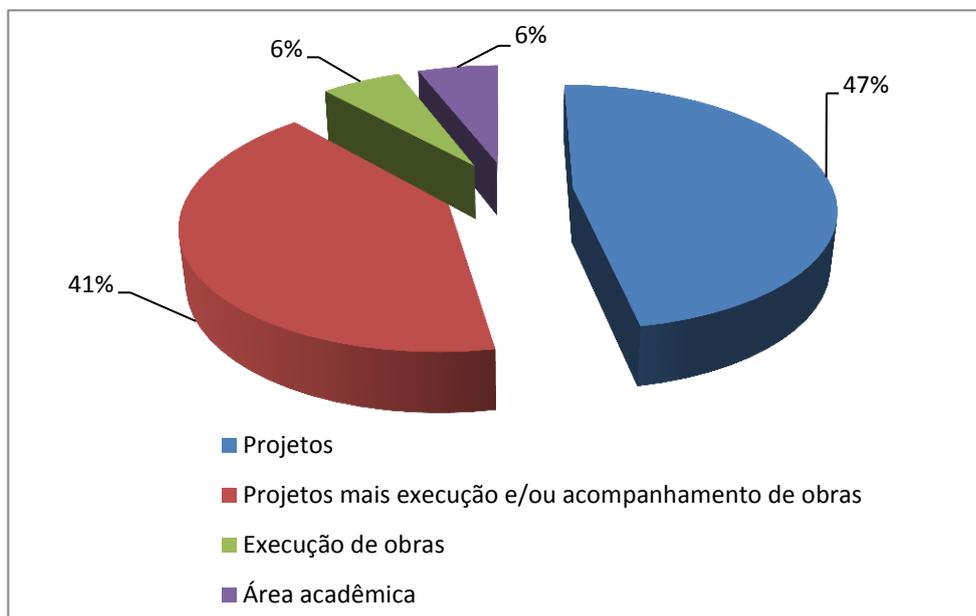
Gráfico 5 - Percentual da qualificação profissional dos entrevistados



Fonte: Dados da Pesquisa (2014).

Além da qualificação profissional dos entrevistados, foi observada também a área de atuação dessas pessoas, conforme pode ser observado no GRAF. 6. Assim, 47% dos entrevistados realizam serviços relacionados apenas com projetos; ao passo que, 41% realizam projetos, executam e/ou acompanham obras; e os outros 12% estão divididos nos que só executam a obra e os que trabalham na área acadêmica. Sendo assim, pode-se afirmar que a maioria dos entrevistados está diretamente relacionado com os projetos, seja por meio de execução ou análise desses.

Gráfico 6 – Percentual da área de atuação dos entrevistados



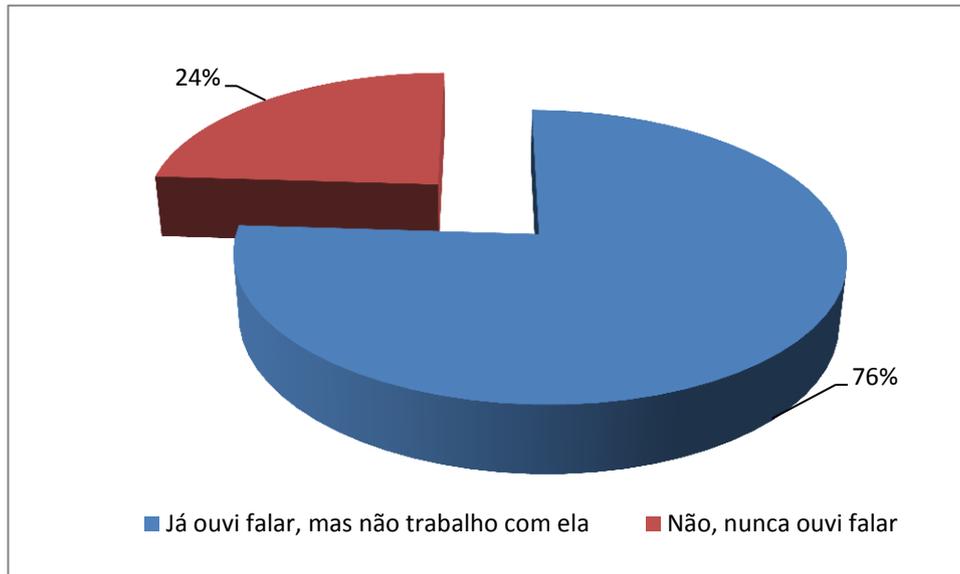
Fonte: Dados da Pesquisa (2014).

### 5.1.2 Conhecimento e Uso do BIM

De acordo com o GRAF. 7, 76% dos entrevistados já tiveram conhecimento do BIM, mas não trabalham com a tecnologia, uma vez que é considerada como uma tecnologia nova. Este dado mostra que apesar de recente, muitos profissionais conhecem ou pelo menos já ouviram a respeito da tecnologia BIM. Dos 76% que responderam já ter ouvido falar em BIM, 8% acham que os maiores benefícios que se pode esperar com essa tecnologia é uma ferramenta com características exclusivamente de um modelo tridimensional, ou um modelo

3D aperfeiçoado. E os 92% acreditam ser uma ferramenta capaz de reduzir o tempo do fluxo de trabalho e futuros retrabalhos.

Gráfico 7 – Percentual de entrevistados que conhecem a tecnologia BIM



Fonte: Dados da Pesquisa (2014).

### 5.1.3 Análise do Processo de Projeto

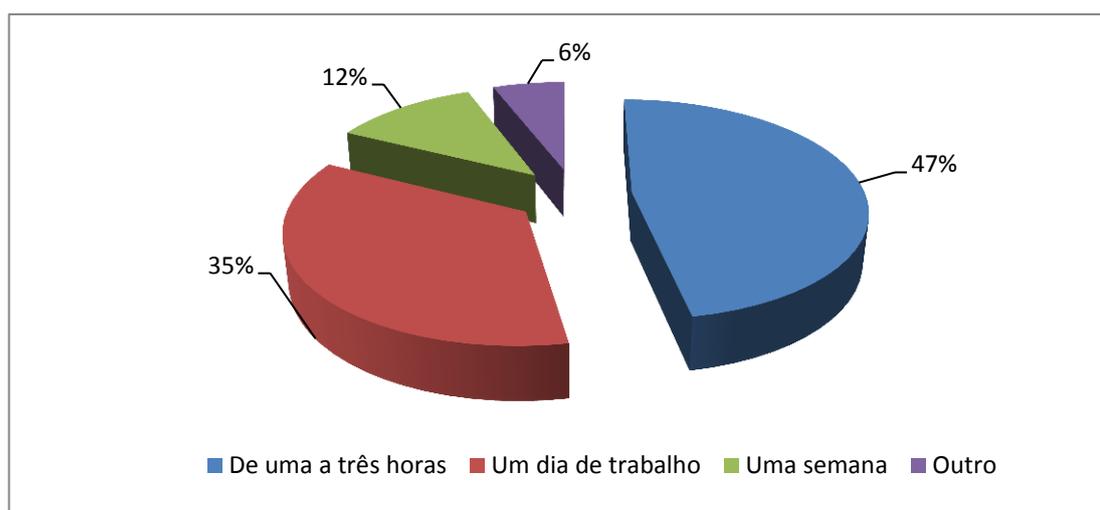
A concepção e realização dos projetos, uma boa execução da obra e a manutenção da edificação são fases diferentes, porém de extrema importância para todo o ciclo de vida da edificação. Com a aplicação do questionário pode-se constatar que a concepção e realização dos projetos são consideradas a fase mais importante no processo de edificações. Abaixo estão algumas justificativas plausíveis relatadas pelos entrevistados:

- Entrevistado A: “Um projeto bem feito evita desperdício e ajuda na agilidade da obra, além de prevenir problemas futuros”.
- Entrevistado B: “Um projeto bem desenvolvido permite que sejam traçadas as diretrizes adequadas para o seu desenvolvimento, sem imprevistos e ainda que se desenvolva um projeto adequado às condições ambientais para obter o melhor conforto aos usuários”.

- Entrevistado C: “Na concepção e definição é que se pode alterar sem prejuízo, depois é problema para ambas as partes: profissional e cliente”.
- Entrevistado D: “Toda obra passa primeiramente por um bom planejamento, o que não ocorre em nosso país. Gasta pouco tempo projetando e muito para executar. Ao contrário do que ocorre com o Japão onde 95% do seu tempo passa pelo planejamento, quando vai executar gasta 5% do seu tempo”.

Foi suposto aos entrevistados uma situação cotidiana, que após finalizadas todas as modalidades necessárias de projetos, o cliente resolve modificar o projeto arquitetônico, alterando as medidas de diferentes ambientes, e invertendo as esquadrias, dentre outros detalhes construtivos que serão alterados. Desta forma perguntou-se, em média, quanto tempo o entrevistado levaria para refazer todas as alterações somente no projeto arquitetônico, lembrando que seria necessário reprojetar a planta baixa, os cortes transversais e longitudinais, a fachada, o diagrama de cobertura e a planta de situação. O GRAF. 8 demonstra este percentual de tempo gasto em média, no qual, 47% dos entrevistados dizem gastar em média de uma a três horas para realizar todas as alterações exigidas pelo cliente em um projeto arquitetônico, já 35% afirmam gastar um dia de trabalho, 12% uma semana e 6% outro (não estipularam um tempo médio).

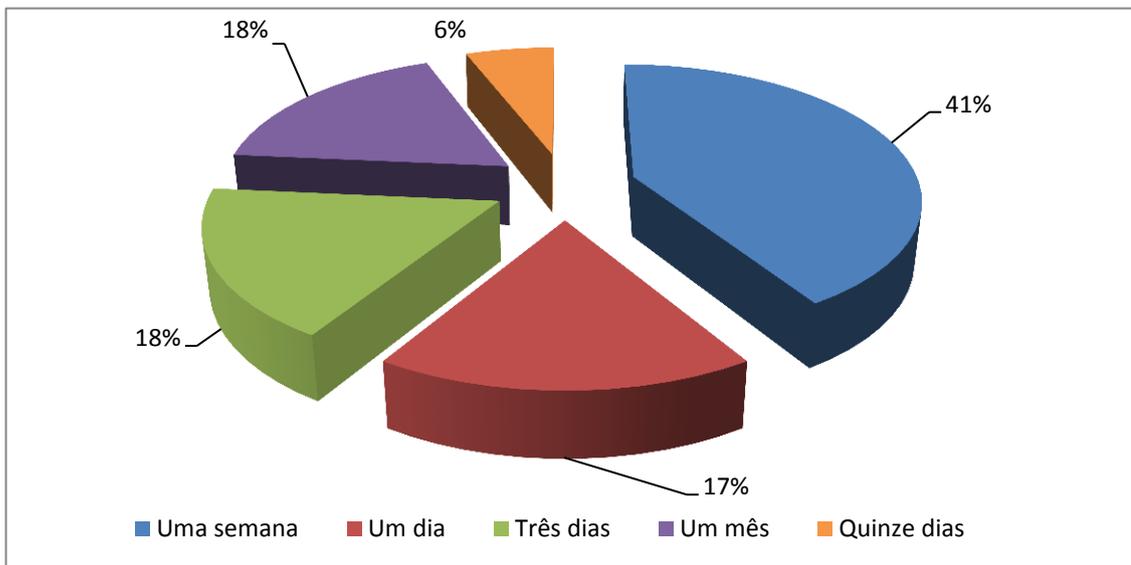
Gráfico 8 – Percentual de tempo em média para realizar todas as alterações em projeto arquitetônico



Fonte: Dados da Pesquisa (2014).

Posteriormente, foi perguntado aos entrevistados quanto tempo eles levariam para realizar alterações nas outras disciplinas de projeto (estrutural, elétrico e hidráulico), uma vez que já teriam sido feitas as modificações na planta baixa. Para o caso do entrevistado não executar este serviço, qual seria o tempo necessário para ele repassar para outro profissional fazer as alterações dentro de sua especialidade, até que este finalizasse o serviço. O GRAF. 9 demonstra este percentual de tempo gasto em média, sendo que, 17% dos entrevistados afirmam que gastariam um dia, 18% três dias, 41% uma semana, 6% quinze dias e 18% um mês.

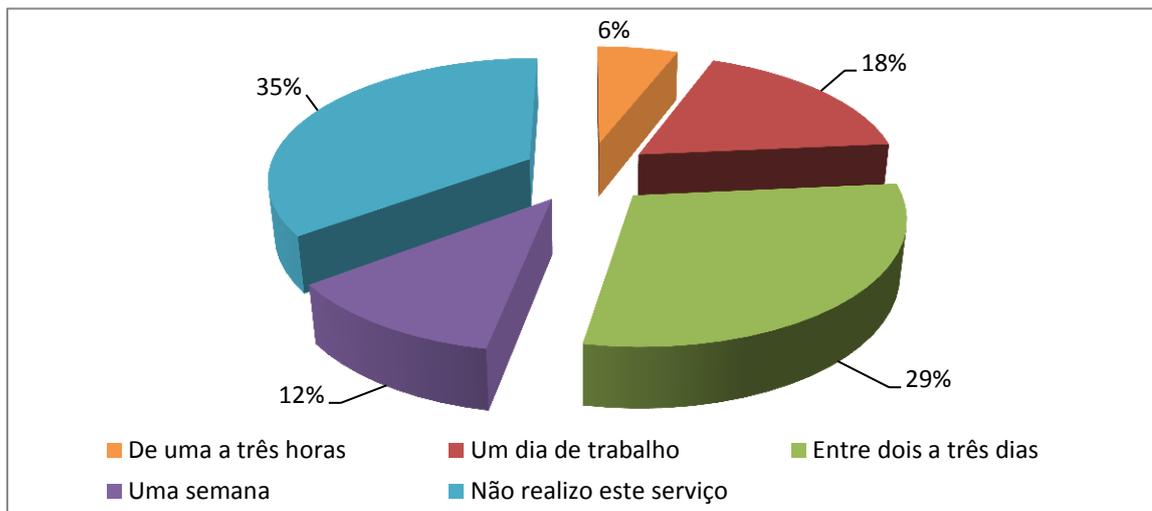
Gráfico 9 - Percentual de tempo em média para realizar todas as alterações nas disciplinas complementares (estrutural, elétrico e hidráulico)



Fonte: Dados da Pesquisa (2014).

Para realizar o 3D do projeto executivo final, 6% dos entrevistados afirmam gastar em média de uma a três horas, 18% um dia, 29% entre dois a três dias, 12% uma semana e 35% não realizam este serviço, conforme pode ser observado no GRAF. 10.

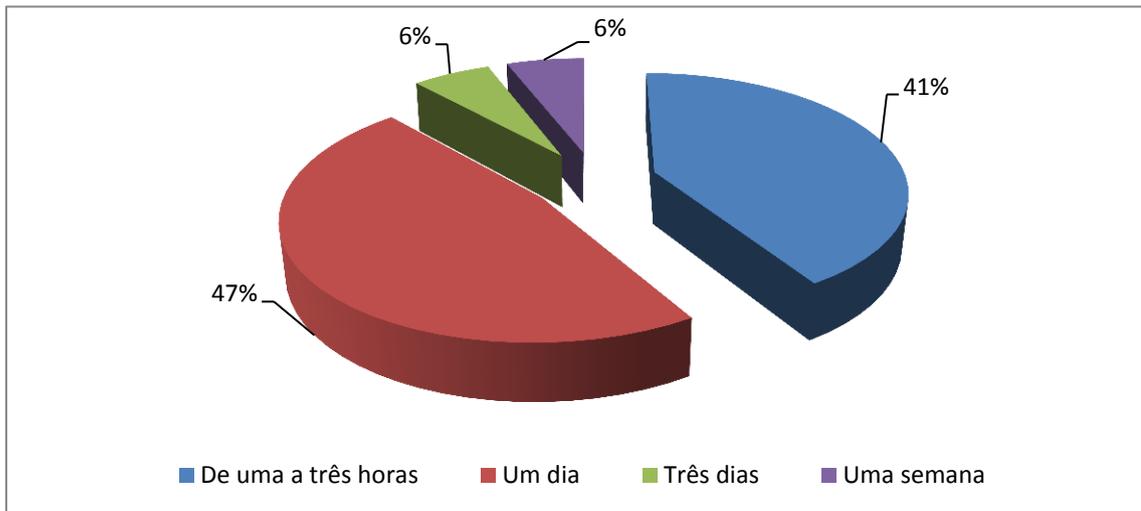
Gráfico 10 – Percentual de tempo em média para realizar o 3D do projeto executivo final



Fonte: Dados da Pesquisa (2014).

O levantamento quantitativo é um serviço, o qual se perde muito tempo. O GRAF. 11 apresenta o percentual de tempo em média gasto para realizar o levantamento quantitativo de materiais (número de portas, janelas, soleiras, vidros, alvenaria, chapisco, reboco, etc.) de um projeto arquitetônico com cerca de 100,00m<sup>2</sup>. Como pode ser observado, um percentual de 41% dos entrevistados dizem gastar em média, de uma a três horas, 47% um dia, 6% três dias e 6% uma semana.

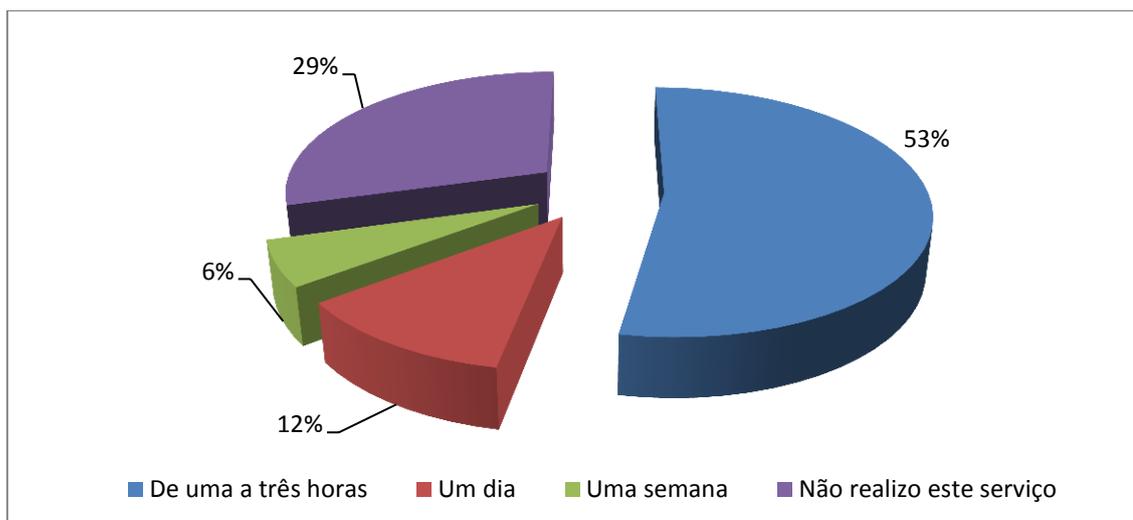
Gráfico 11 - Percentual de tempo em média para realizar o levantamento quantitativo de materiais de um projeto arquitetônico com cerca de 100,00m<sup>2</sup>



Fonte: Dados da Pesquisa (2014).

Já o GRAF. 12, mostrado abaixo, demonstra que para o levantamento quantitativo de materiais (peso total de armaduras, volume de concreto e formas) de um projeto estrutural de uma edificação de 100,00m<sup>2</sup>, um percentual de 53% dos entrevistados afirmam gastar em média de uma a três horas, 12% um dia, 6% uma semana e 29% não realizam este tipo de serviço.

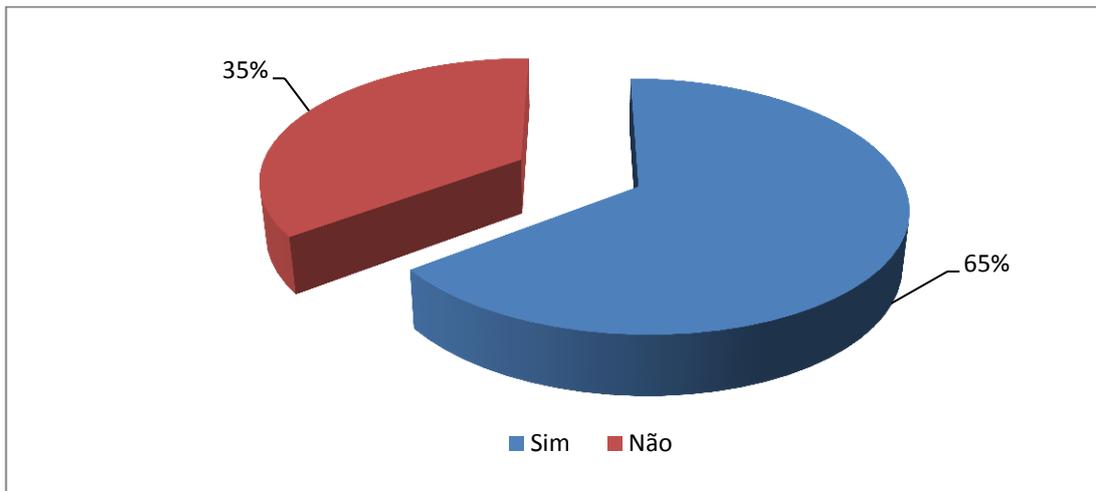
Gráfico 12 – Percentual de tempo em média para realizar o levantamento quantitativo de materiais de um projeto estrutural



Fonte: Dados da Pesquisa (2014).

O GRAF. 13 demonstra se a compatibilização dos projetos é realizada nos escritórios de engenharia e arquitetura. Como pode ser observado, 65% dos entrevistados afirmaram realizar a compatibilização de projetos e 35% não realizam esse procedimento. E ainda, através das respostas obtidas, pode-se dizer, que os entrevistados que utilizam a compatibilização realizam apenas através da sobreposição de projetos e geralmente apenas entre o projeto arquitetônico com o projeto estrutural.

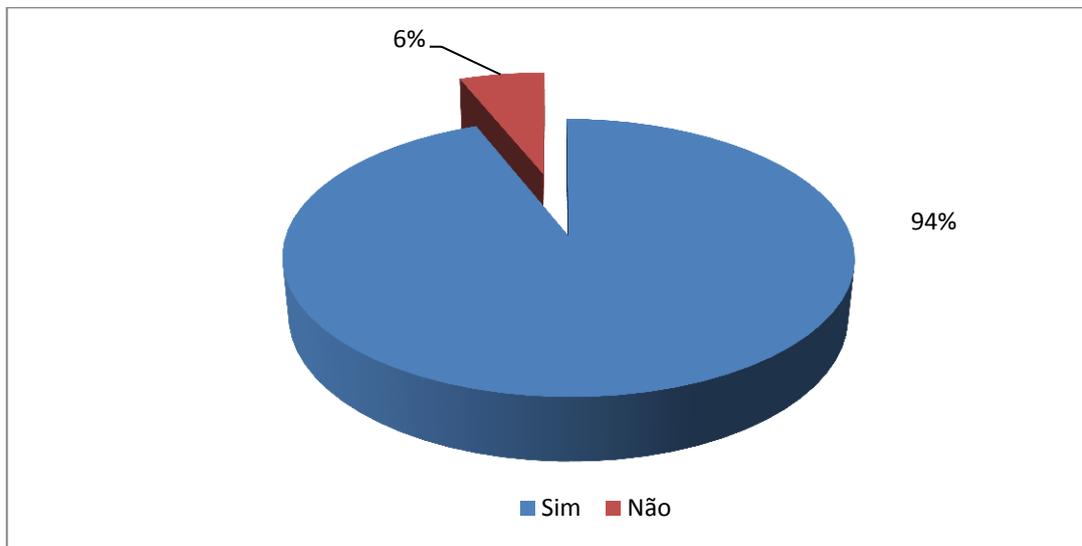
Gráfico 13 – A compatibilização de projetos é realizada em seu escritório?



Fonte: Dados da Pesquisa (2014).

No GRAF.14, abaixo, observa-se que 94% dos entrevistados consideram que a compatibilização interfere no produto final do processo de projeto e apenas 6% afirmam que ela não interfere.

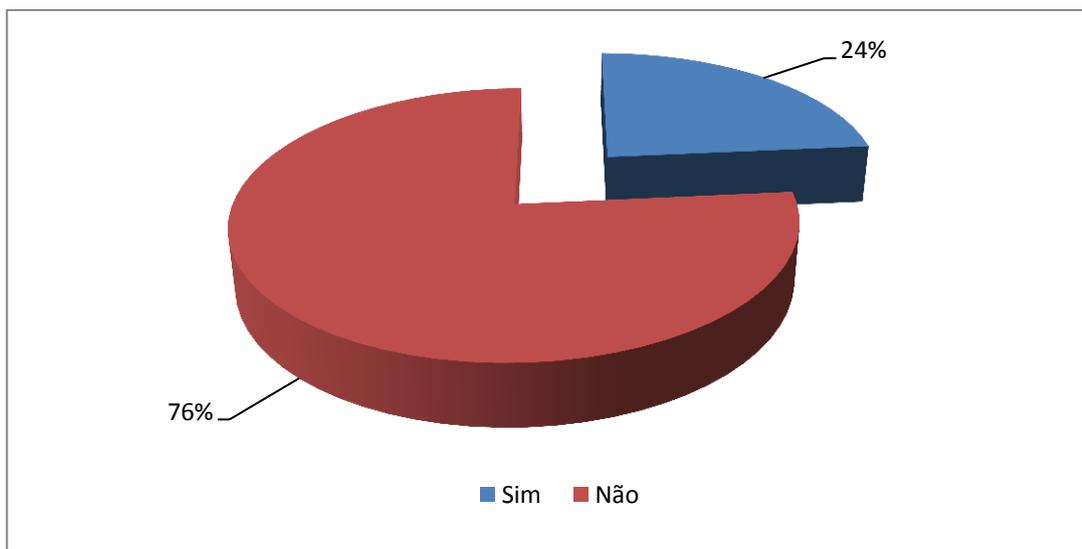
Gráfico 14 – A compatibilização de projetos interfere no produto final do processo de projeto?



Fonte: Dados da Pesquisa (2014).

Quando existe a necessidade de interação com outro profissional do setor da construção civil, a interoperabilidade, a troca de dados e informações acontecem através do contato por e-mail ou telefone e através de arquivos isolados de determinada disciplina, em DWG ou DXF (formatos do AutoCAD). O GRAF.15, abaixo mostra que muitos dos entrevistados ainda não conhecem o IFC que é um arquivo único utilizado para a troca de dados.

Gráfico 15 – Percentual dos entrevistados que conhecem o termo IFC



Fonte: Dados da Pesquisa (2014).

#### 5.1.4 Comparação Com o BIM e Discussões

Como pode ser observado nos resultados acima, muito tempo é perdido para realizar as alterações em projetos. Contudo, se fosse utilizada a metodologia BIM, este processo aconteceria de maneira mais rápida, uma vez que, basta apenas alterar a planta baixa que todo o seu complemento seria modificado, automaticamente.

Da mesma forma, nos levantamentos de quantitativos, na realização de um modelo 3D, os programas da plataforma BIM agilizariam o processo. Como por exemplo, o *Revit*, onde funções como estas são realizadas automaticamente e em comparação com o método tradicional seria perdido muito tempo. Tempo este que poderia ser utilizado para aumentar o nível de detalhes dos projetos, evitando dúvidas na execução *in loco*.

A compatibilização de projetos é considerada importante, porém ainda não é realizada da melhor forma possível, pois esta é feita apenas através da sobreposição manual de projetos. Com o BIM todas as disciplinas poderiam ser interligadas e desta forma apontadas as incompatibilidades e incongruências dos projetos.

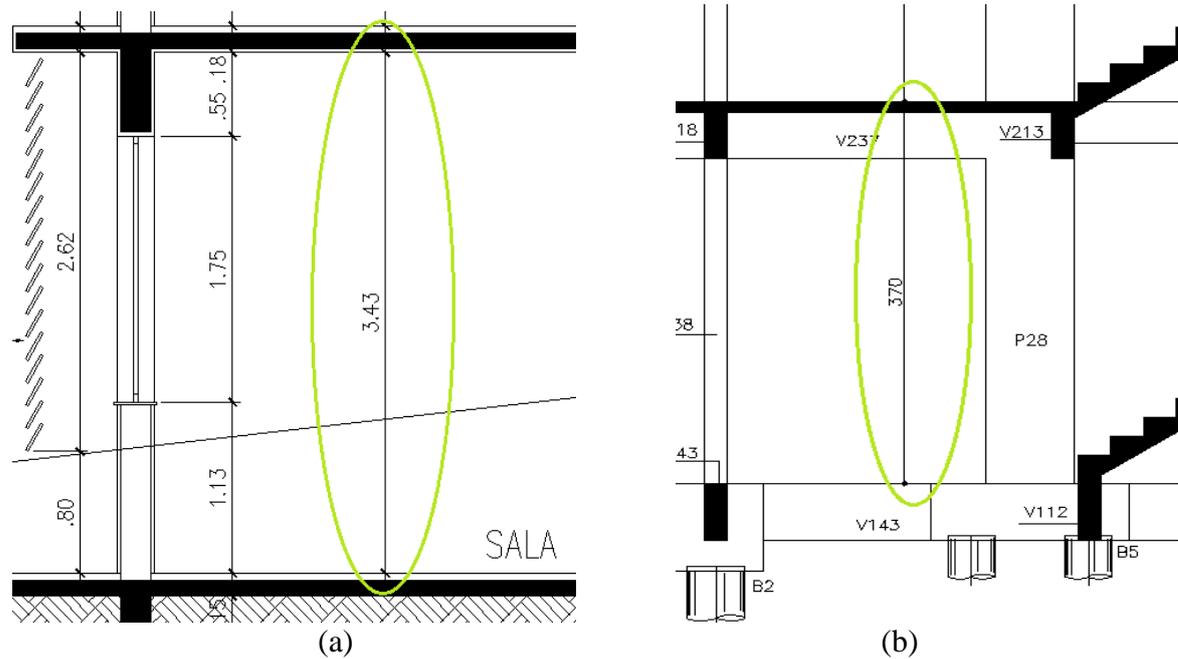
### 5.2 Utilização do BIM

Neste tópico será analisada uma empresa que não possui a tecnologia BIM e outra que possui.

#### 5.2.1 Empresa que Não Possui a Tecnologia BIM (Estudo de caso)

Após feita a análise para verificar a compatibilização entre os projetos arquitetônico e estrutural do pavimento térreo de uma edificação, constatou-se uma incompatibilidade no pé-direito. No projeto arquitetônico o pé-direito é 3,43m como pode ser observado na FIG.13(a). Já o pé-direito do projeto estrutural é 3,70cm, porém a cota que o quantifica inclui 10cm que é a espessura da laje (FIG. 13(b)).

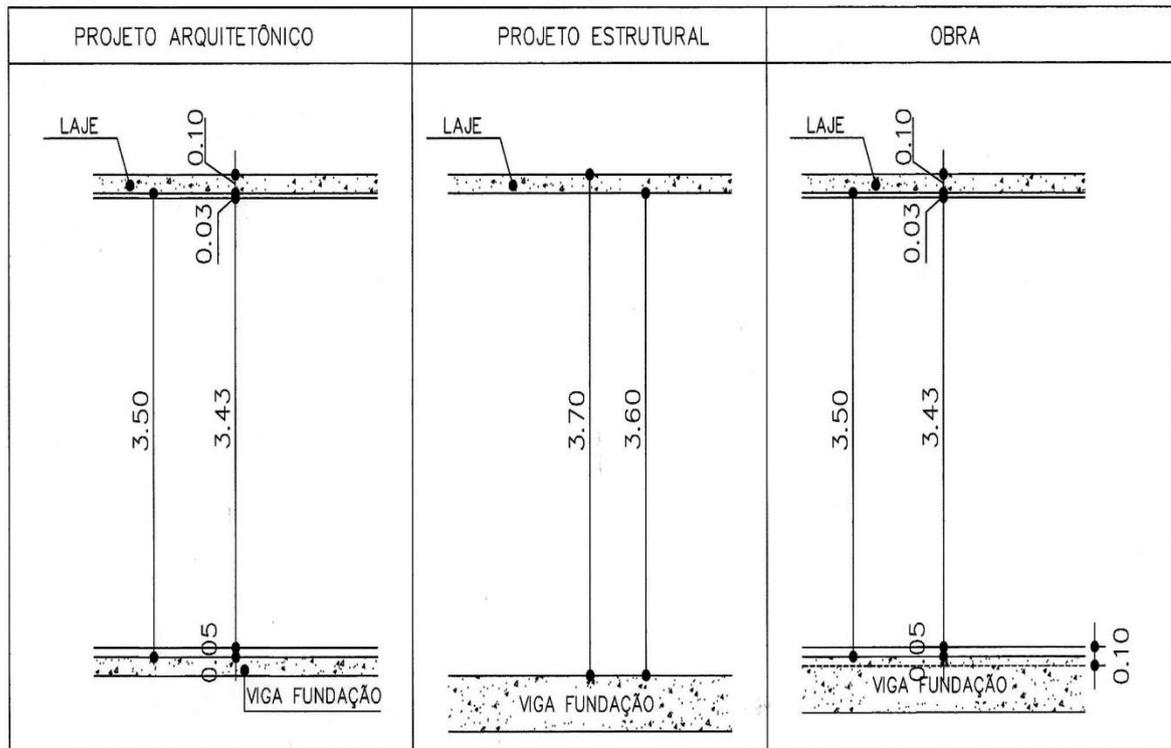
Figura 13 – Corte do projeto: (a) arquitetônico e (b) estrutural



Fonte: Dados da Pesquisa (2014).

A FIG.14 demonstra a análise comparativa entre o projeto arquitetônico(a), o estrutural(b) e a obra(c). Como pode ser observado no projeto arquitetônico tem-se 0,05m de acabamento no piso, 3,425m (3,43m) de vão livre e 0,025m (0,03m) de reboco na laje, desta forma a distância da laje até a viga de fundação é 3,50m livre. Já no projeto estrutural o vão livre é 3,60m, sem nenhum tipo de acabamento. Na obra se somado a regularização do piso e o revestimento resultará em uma espessura total de 0,10m, sendo esta 0,05m abaixo e 0,05m acima da viga de fundação, tendo um vão livre de 3,425m (3,43m) e 0,025m (0,03m) de reboco da laje. Observando que, os valores entre parênteses correspondem aos valores arredondados.

Figura 14 – Análise dos projetos em relação à obra: (a) arquitetônico, (b) estrutural e (c) obra



(a)

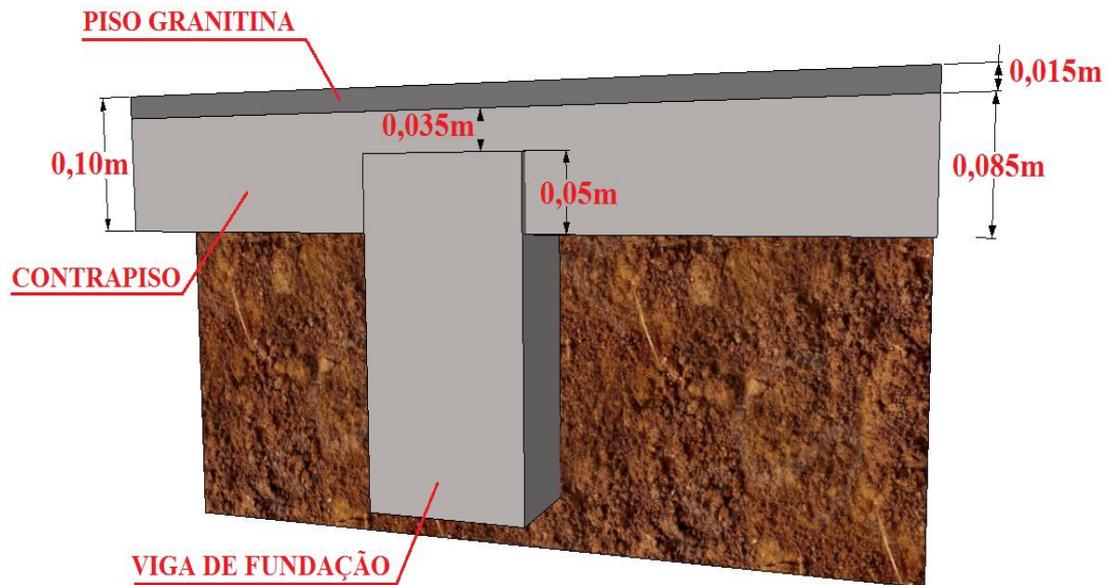
(b)

(c)

Fonte: Dados da Pesquisa (2014).

A FIG.15 detalha a regularização e acabamento do piso que será realizado em obra. Pode ser observado que a espessura total é de 0,10m, a qual é constituída por um contrapiso de 0,085m, sendo 0,05m abaixo do nível da viga de fundação e 0,035m acima, mais 0,015m de granitina, que é o piso de acabamento prescrito em projeto.

Figura 15 – Detalhamento da regularização e acabamento do piso



Fonte: Dados da Pesquisa (2014).

A FIG. 16 (a) e (b) demonstram a conferência do nível +1,00m do piso acabado, pois todo pavimento térreo se encontra em um mesmo nível.

Figura 16 – Níveis em obra (a) conferência de nível e (b) nível +1,00m do piso acabado



(a)



(b)

Fonte: Dados da Pesquisa (2014).

A diferença entre o projeto arquitetônico e estrutural é de 10cm, todavia deve-se acrescentar no mínimo 5cm de acabamento no projeto estrutural, diminuindo essa diferença para apenas 5cm.

Se acrescida essa diferença de 5cm em cada pilar do térreo, para alcançar uma altura total de 3,60m, ocorreria um aumento de 0,46 m<sup>3</sup> de concreto, 5,75m<sup>2</sup> de fôrma e 29,30 kg de aço CA-50, gerando um custo total de R\$ 586,74 (Tabela 1). Sabendo que o valor global da obra é de R\$ 5.311.477,77 esta diferença representaria 0,011%. Parece insignificante, contudo, no decorrer da execução da obra podem surgir outras incompatibilidades de projeto, que seriam acrescidas a este valor. Ao mesmo tempo que, esta quantia seria reduzida do lucro final do empreendimento.

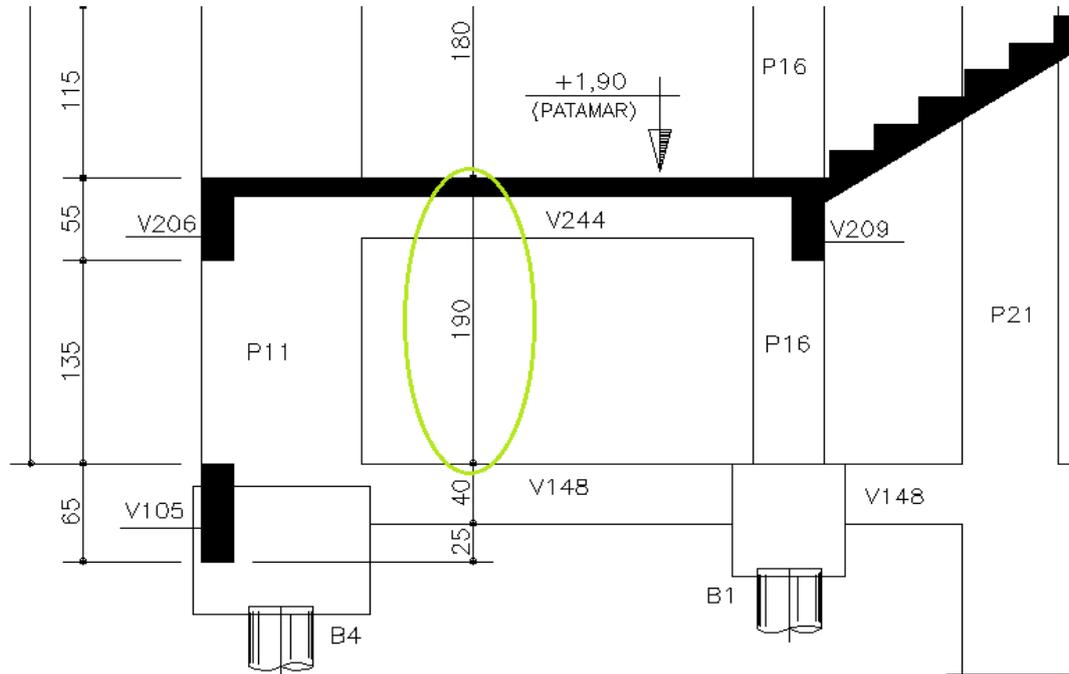
Tabela 1 – Tabela de custos

Descrição do serviço	Unid.	Quant.	Custo (planilha licitada) (R\$)	Custo total (R\$)
Volume de concreto	m <sup>3</sup>	0,46	504,313	231,98
Fôrmas	m <sup>2</sup>	5,75	31,250	179,69
Aço	kg	29,30	5,975	175,07
			<b>Total</b>	<b>586,74</b>

Fonte: Dados da Pesquisa (2014).

A diferença entre o pé-direito do projeto arquitetônico e estrutural, causou uma interpretação equivocada em obra. As esperas da viga da escada, feitas na armação do pilar, foram realizadas tendo como parâmetro a altura total até a laje da escada, ou seja, de 190 cm (FIG. 17), porém foi acrescido 10 cm da espessura da laje. Isto aconteceu, pois acreditava-se que 190cm era somente a medida do vão sem contar com a espessura da laje e ainda que as *hachuras* que representavam as lajes, as vigas e as escadas estavam escuras, assim a cota que supostamente indicaria a espessura da laje poderia não estar visível.

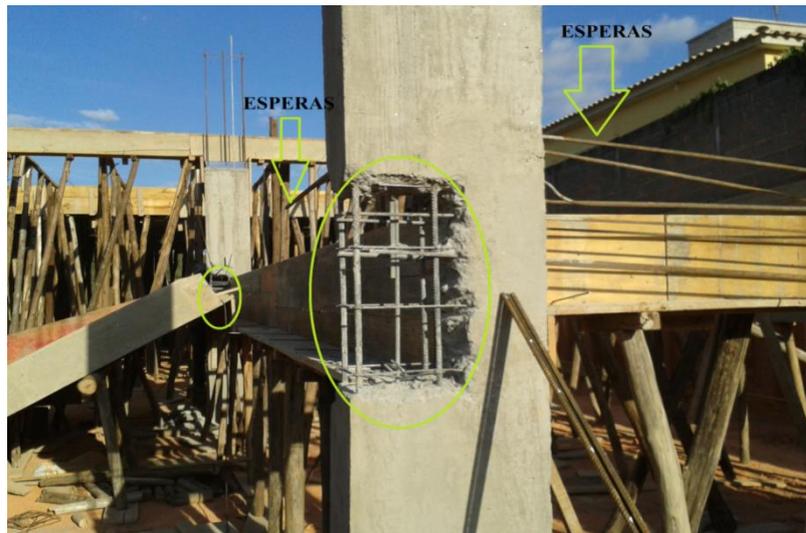
Figura 17 – Corte do projeto estrutural, representando a escada



Fonte: Dados da Pesquisa (2014).

Na realização das fôrmas desta viga, foi constatado que se esta ficasse na altura de 2,00m (1,90m + 0,10m da laje) o espelho da escada seria maior do que o especificado em projeto. Sendo assim, foi necessário abrir uma abertura no pilar para posicionar corretamente a viga, ocorrendo um retrabalho, como pode ser observado nas FIG. 18 e FIG. 19. Além do mais, a fenda no pilar poderia provocar um abalo na estrutura, acarretar o surgimento de fissuras ou até mesmo incompatibilidade de um concreto com o outro, visto que a viga foi concretada posteriormente.

Figura 18 – Abertura dos pilares para adequar a altura da viga



Fonte: Dados da Pesquisa (2014).

Figura 19 – Concretagem da viga e escada



Fonte: Dados da Pesquisa (2014).

### 5.2.2 Empresa que Possui a Tecnologia BIM

Foi analisada uma empresa que já implantou e utiliza efetivamente a tecnologia BIM, a Matec Engenharia e Construção.

### 5.2.2.1 Matec Engenharia e Construção

Fundada em 1990, com sede em São Paulo, a Matec Engenharia e Construção tem como princípios a inovação, a transparência e a integridade, possui aproximadamente 450 obras concluídas, somando em mais de quatro milhões de metros quadrados construídos. A empresa atua nas áreas imobiliária, comercial e industrial. Para manter a uniformidade e o contínuo crescimento, essa sempre investe em tecnologia de ponta. (PULCINELLI, 2013).

Segundo a Reis (2011), a implantação do BIM deve ser adequada às necessidades específicas de cada empresa. A vista disso a Matec, decidiu investir mediante a uma série de inconstâncias no setor de projetos, o que fomentava em prejuízo. O projeto arquitetônico finalizado era entregue pelo cliente e a partir dele a Matec terceirizava o serviço das disciplinas necessárias. As consequências deste traslado de projetos eram observadas na execução, na qual surgiam várias dúvidas de projetos e principalmente problemas de compatibilização.

Visto que não existiam muitos escritórios de projetos que dominavam o BIM, na metade do ano de 2008, a Matec decidiu realizar a modelagem por conta própria. Após uma pesquisa de mercado de diferentes *softwares*, a empresa optou pelos da *Bentley Systems*, bem como para arquitetura, quanto para instalações e estrutura. Na inicialização da implantação foi criado um núcleo de três funcionários, para treinamento dos métodos e procedimentos. Este grupo desenvolveu um projeto piloto, um edifício finalizado, que foi modelado em todas as disciplinas de projetos. O projeto piloto foi a peça chave para a familiarização dos usuários e implantação da inteligência do BIM na empresa, onde pode-se definir parâmetros de modelagem. (REIS, 2011).

Em 2009, a empresa empregou as novas ferramentas em todas as suas obras, modelando edificações inteiras ou trechos mais problemáticos de um detalhamento muito extenso. (REIS, 2011).

A Matec investiu aproximadamente de R\$ 560.000,00 em *software*, treinamento, consultoria e horas de trabalho dos funcionários envolvidos no processo. Contudo, o gerente da empresa afirmou que apenas as interferências evitadas no canteiro de obras do primeiro projeto elaborado em BIM já pagaram o investimento. A obra teria sido parada inúmeras vezes caso os problemas não tivessem sido antecipados. O engenheiro de canteiro de obras enfrenta vários problemas por falta de detalhamento no projeto, consequentemente 40% do

seu tempo é gasto na busca de informações para acrescentar no projeto, 40% para interagir e negociar com fornecedores e empreiteiros e os outros 20% para acompanhar e verificar a qualidade da execução da obra. (PINI, 2004).

Após a modelagem, o planejamento da obra é realizado no *software* Primavera. É feito um vínculo entre as etapas da obra e o modelo, o que permite analisar a sequência construtiva e otimizar a logística do canteiro. As equipes que atuam em campo se interagiram com BIM, e apoiaram a iniciativa. A primeira vantagem é a modelagem em 3D, que possibilita a visualização dos detalhes construtivos, facilitando a execução. Foram encaminhados para a obra arquivos PDF 3D, em um formato leve, que não exigem alto processamento e que permitem aos usuários caminharem virtualmente pelo edifício. (PULCINELLI, 2013).

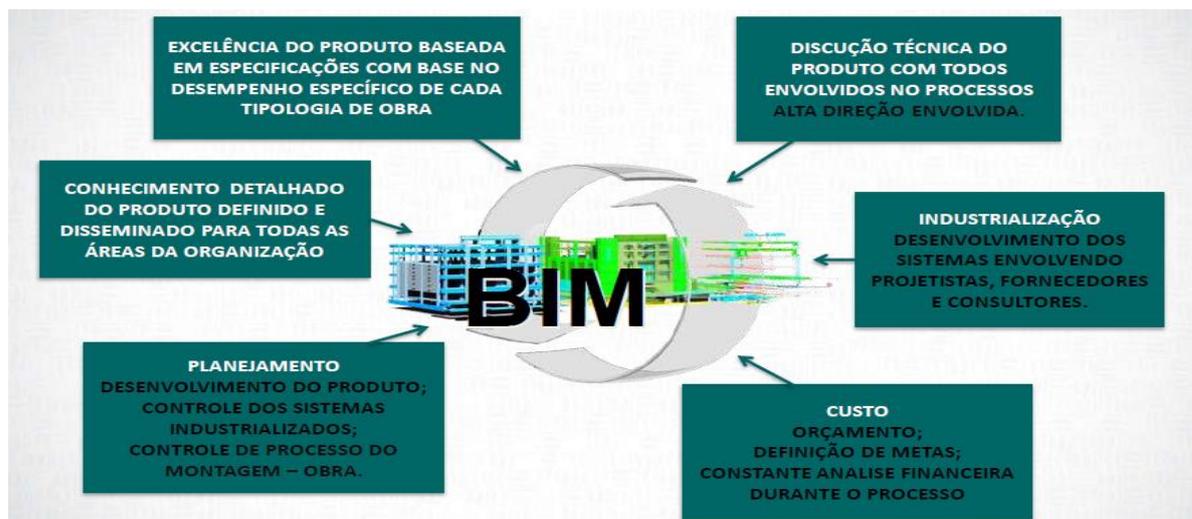
Além da visualização, a empresa anexa o acompanhamento e controle das obras aos modelos que são vinculados pela intranet, favorecendo a manutenção no futuro, pois se algum dia a assistência técnica necessitar de alguma informação, será necessário apenas consultar o modelo e clicar no link para acessar o documento de acompanhamento. (REIS, 2011).

No final do ano de 2010, aconteceu a intervenção do BIM no setor de orçamento. Fase em que os orçamentistas foram treinados para modelar e extrair quantitativos dos modelos. O objetivo era que o modelo iniciasse na área de orçamentos e não diretamente no setor de projetos, no momento em que a empresa está formulando a proposta para o contratante, visto que os prazos para as respostas estão cada vez mais curtos. Se fechado o contrato com o cliente, o modelo preliminar torna-se uma base para o setor de projeto onde ele será detalhado. (REIS, 2011).

A nova ferramenta aumenta a precisão dos quantitativos e permite maior poder para assimilar diferentes alternativas tecnológicas e soluções de engenharia.

Em 2013, ocorreu a redefinição de todo processo com base na industrialização completa, a consolidação do uso BIM com parceiros terceirizados, e a disseminação de todo processo na cadeia responsável pelo produto. (PULCINELLI, 2013). A FIG. 20 ilustra o processo de desenvolvimento do produto.

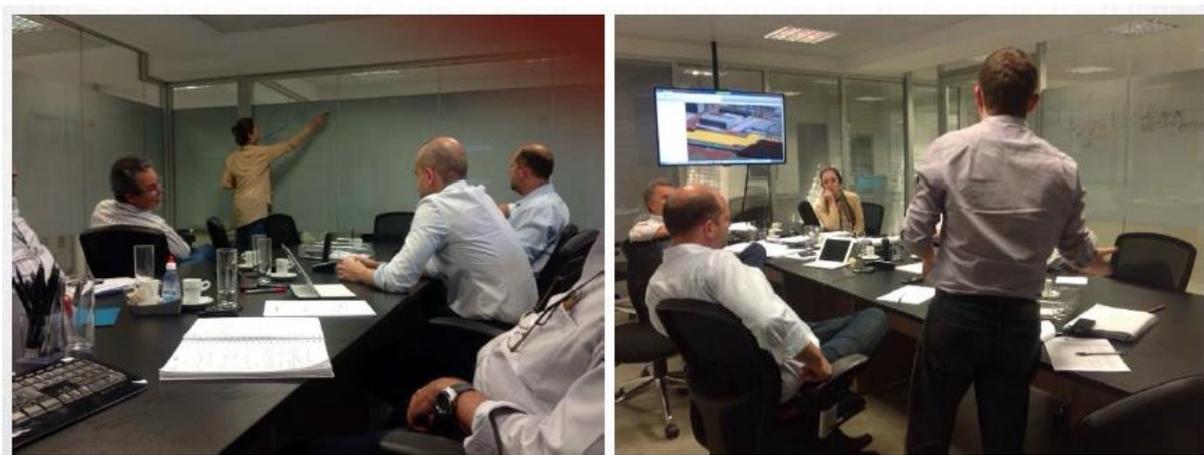
Figura 20 - Processo de desenvolvimento do produto



Fonte: Pulcinelli (2013).

Semanalmente são realizadas reuniões de alinhamento e definições técnicas de todos setores da empresa. (FIG. 21). As decisões técnicas são concretizadas em conjunto, cada responsável expõe seu ponto de vista em relação ao seu setor.

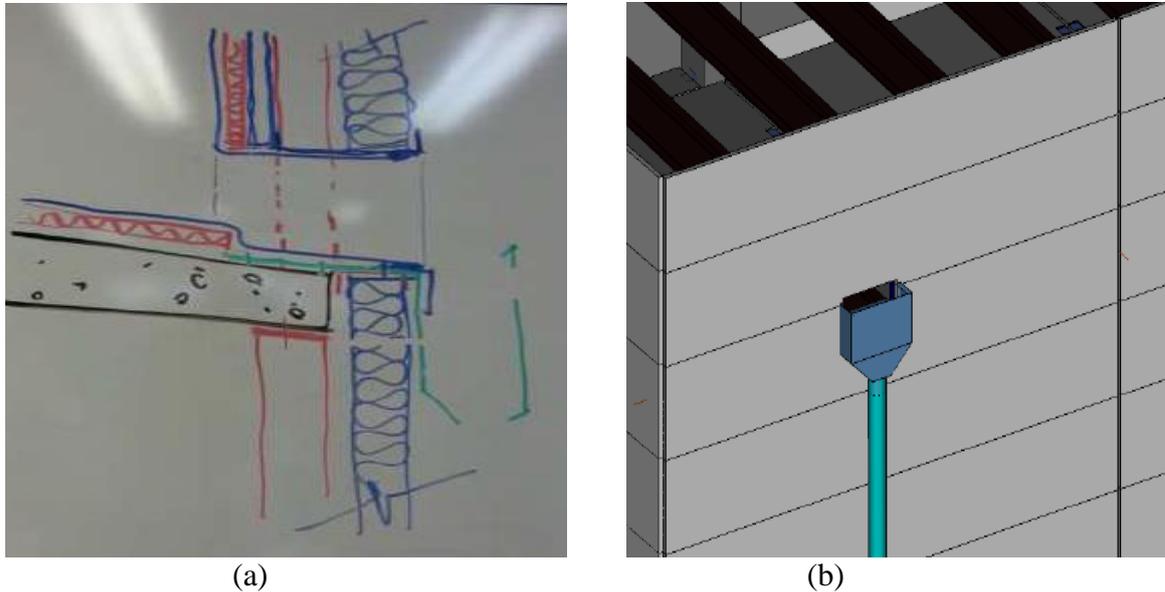
Figura 21 – Reuniões entre os envolvidos de cada setor



Fonte: Pulcinelli (2013).

Os detalhes que foram discutidos e definidos em reunião são arquivados e disponibilizados aos envolvidos da cadeia produtiva. Nas FIG. 22 (a) e (b), abaixo, pode ser vista uma solução que foi transformada em projeto e liberada para a execução.

Figura 22 – Caixa coletora de AP – Detalhe definido em reunião técnica, dimensionado em modelo e compatibilizado: (a) desenho esquemático e (b) modelo tridimensional



Fonte: Pulcinelli (2013).

#### 5.2.2.1.1 Exemplificação de Obra da Matec Engenharia e Construção

Fábrica de Nanotecnologia, com área construída de 18.000m<sup>2</sup>, localizada em Minas Gerais, e prazo de execução da construção civil em 17 meses. (PULCINELLI, 2013). A FIG. 23 abaixo mostra um portfólio do empreendimento.

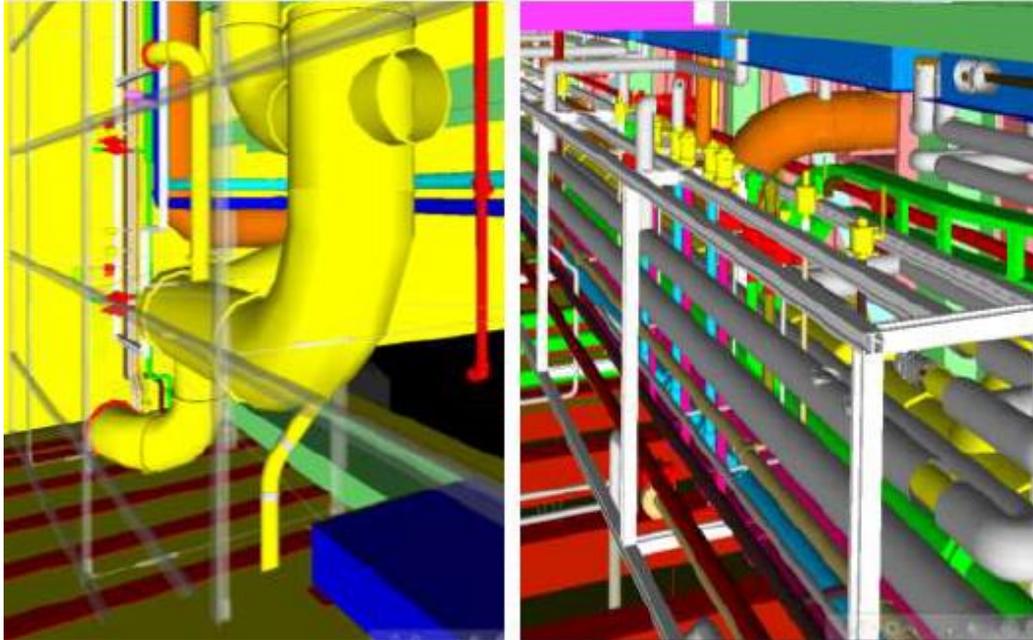
Figura 23 – Modelo tridimensional do empreendimento



Fonte: Pulcinelli (2013).

Esta obra possui altos índices de restrições à vibrações, além de um curto prazo de execução em relação à complexidade do projeto. (PULCINELLI, 2013). A FIG. 24 mostra a complexidade dos sistemas.

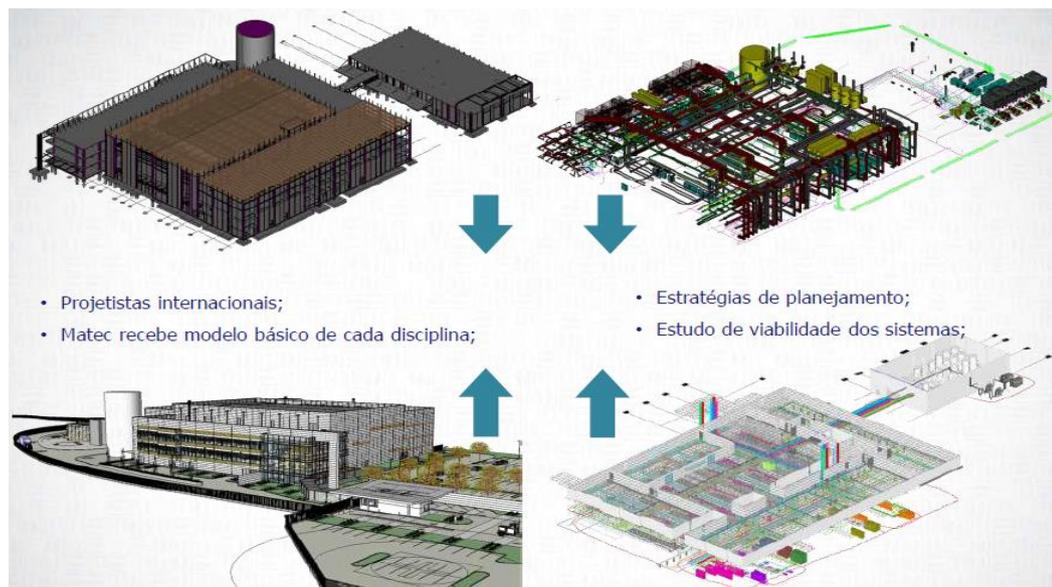
Figura 24 – Complexidade dos sistemas



Fonte: Pulcinelli (2013).

Foi implantada a metodologia BIM em todo o processo. Como pode ser observado na FIG. 25, a Matec recebe o modelo básico de cada disciplina, podendo ter ajuda de projetistas estrangeiros que irão converter e modelar os projetos no BIM, através da aplicação de estratégias de planejamento e estudos de viabilidade dos sistemas. (PULCINELLI, 2013).

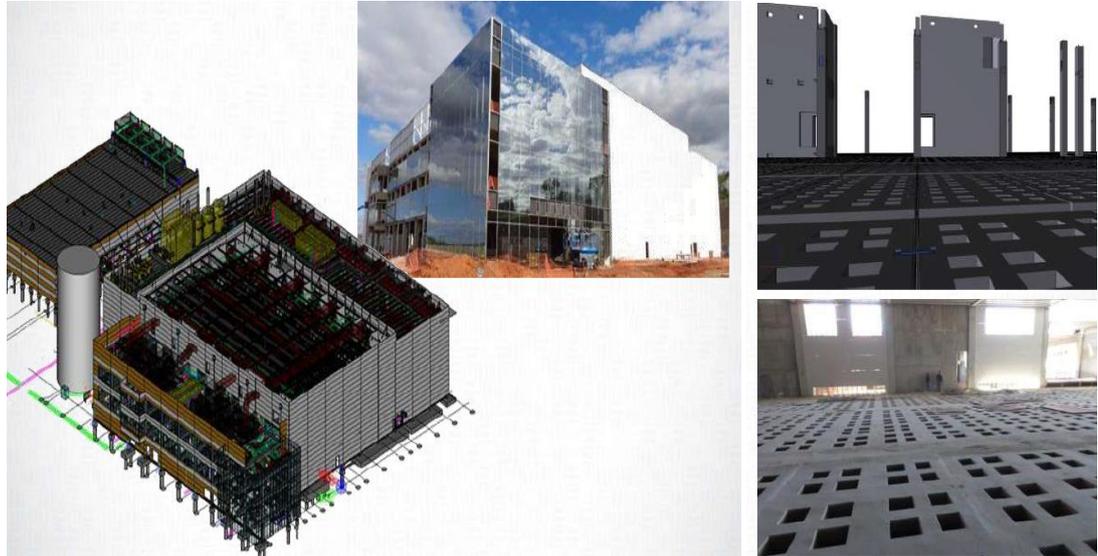
Figura 25 - Implantação metodologia BIM



Fonte: Pulcinelli (2013).

Foi realizada a compatibilização de todos os sistemas. A FIG. 26, abaixo demonstra uma comparação entre o modelo e a realidade, esquerda a fachada e à direita um piso vazado.

Figura 26 – Comparação entre o modelo com a realidade



Fonte: Pulcinelli (2013).

### 5.2.3 Comparação Entre a Empresa que Não Possui e a que Possui o BIM

Como pode ser visto a empresa que não possui a metodologia BIM, apresenta maiores problemas de compatibilização, e imprevistos em obra, que demandam tempo e custos, ou ainda, que podem paralisar a execução do empreendimento, gerando assim retrabalhos e consequentemente menos lucro.

Ao contrário, uma empresa que possui a tecnologia consegue minimizar as interferências, apontando as incompatibilidades de projetos antes delas chegarem na obra. Com isso, ela ganha tempo, reduz custos e cumpre os prazos de entrega. Isto pode ser observado na frase de Adolfo Blasco Ribeiro gerente de TI (Tecnologia da Informação) e engenharia da Matec: “Fazemos isso porque o maior ônus do processo é da construtora. É ela que foi contratada para construir num prazo definido e, se a obra atrasar em virtude de interferências, o problema será dela. (REIS, 2011, p. 39).

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A tecnologia *Building Information Modeling* (BIM) não é algo novo. Novidade são a inserção e adesão desta ferramenta na construção civil. Todavia, esta “nova” metodologia vem sofrendo dificuldades na sua implantação devido ao alto custo dos investimentos em *softwares*, *hardwares* e principalmente, por ter que paralisar a produção da empresa para qualificação da equipe. Muitos autores acreditam que para uma melhor disseminação do BIM, este método precisa partir das universidades, para que o profissional entre no mercado de trabalho capacitado ou pelo menos com uma ideia formalizada sobre o conceito.

É importante que ocorra uma mudança na forma de pensar dos profissionais do setor, pois muitas vezes estes esperam o problema acontecer no decorrer da execução do empreendimento, para posteriormente adequar com uma melhor solução, seja ela fixa ou temporária. Através da compatibilização de projeto de diferentes disciplinas é possível identificar antecipadamente incompatibilidades que levariam ao possível erro na execução. Estas incompatibilidades induzem ao aumento do custo, tanto de mão de obra quanto de material, e também geram atrasos no cronograma e conseqüentemente na entrega final da obra.

Quanto maior e mais complexo for o empreendimento, maior será a probabilidade de incompatibilidades. Contudo em obras menores as surpresas na execução são constantes. Desta forma, o BIM é peça fundamental na construção civil, seja qual for sua dimensão ou finalidade.

Além disso, o modelo de informação da construção não é apenas ferramenta essencial na compatibilização de projetos, este envolve todo o ciclo de vida da edificação, desde a concepção de projetos até a manutenção e a reutilização, o qual proporciona um ambiente colaborativo entre os envolvidos no processo. Com a característica de paramétrico, realiza funções automaticamente, como o levantamento de quantitativos que facilita o serviço de orçamentação, aumentando sua precisão. E ainda, auxilia no controle e planejamento do canteiro, bem como nas etapas da obra, entre outras funções que agregam o processo, proporcionando um produto final de qualidade.

## REFERÊNCIAS

ADDOR, M. *et al.* Colocando o “i” no BIM. **Revista Arq. Urb.**, São Paulo, n. 4, p. 104-115, 2010. Disponível em: <[http://www.usjt.br/arq.urb/numero\\_04/arqurb4\\_06\\_miriam.pdf](http://www.usjt.br/arq.urb/numero_04/arqurb4_06_miriam.pdf)>. Acesso em: 10 maio 2014.

ALVES, C. M. F. *et al.* **O que são os BIM?** 2012. 16 p. Mestrado Integrado em Engenharia Civil - Universidade do Porto - FEUP, 2012.

ANDRADE, M. L. V. X.; RUSCHEL, R. C. Building Information Modeling (BIM). In: KOWALTOWSKI, D. C. C. K., *et al.* **O processo de projeto em arquitetura de teoria à tecnologia.** São Paulo: Oficina de Textos, 2011. p. 421-442.

ANDRADE, M. L. V. X.; RUSCHEL, R. C.; MOREIRA, D. C. O processo e os métodos. In: KOWALTOWSKI, D. C. C. K., *et al.* **O processo de projeto em arquitetura da teoria à tecnologia.** São Paulo: Oficina de Textos, 2011. p. 80-100.

ANTUNES, D. A. E. **Integração de modelos BIM com redes de sensores num edifício,** 2013. 102 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e Computadores) - Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2013.

ASBEA - Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura. **Manual de contratação de serviços de arquitetura e urbanismo.** São Paulo: Pini Ltda., 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13351:** elaboração de projeto de edificações: atividades técnicas. Rio de Janeiro, 1995.

ÁVILA, V. M. **Compatibilização de projetos na construção civil:** estudo de caso em um edifício residencial multifamiliar. 2011. 84 p. Monografia (Especialização em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

AYRES FILHO, C. **Acesso ao Modelo Integrado do Edifício.** 2009. 149 p. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - 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. **Anais...** Curitiba, 2007.

BARINSON, M. B.; SANTOS, E. T. Atual cenário da implementação de BIM no mercado da construção civil da cidade de São Paulo e demanda por especialistas. ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO. **Anais...** Salvador, 2011.

BIRX, G. W. Getting started with Building Information Modeling. **The American Institute of Architects - Best practices.** [S.l]: [s.n.], 2006. Disponível em: <[www.aia.org/bestpractices\\_index](http://www.aia.org/bestpractices_index)>. Acesso em: 10 maio 2014.

BRUSEKE, F. J. O problema do desenvolvimento sustentável. In: CAVALCANTI, C. **Desenvolvimento e natureza: estudos para uma sociedade sustentável**. Recife: Fundação Joaquim Nabuco, 1994. p. 14-20.

BSI. Building SMART. **International home of openBIM**. [S.l]: [s.n], 2011. Disponível em: <<http://www.buildingsmart-tech.org/>>. Acesso em: 17 maio 2014.

CARVALHO, M. A. **Eficácia de interoperabilidade no formato ifc entre modelos de informação arquitetônico e estrutural**. 2012. 221 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) - Universidade do Paraná, Curitiba, 2012.

CHECCUCCI, E. S. *et al.* Colaboração e Interoperabilidade no contexto da Modelagem da Informação da Construção (BIM). In: CONGRESSO SIGRADI, 15., 2011, Santa Fé. **Anais...** Argentina, 2011.

CODEBIM. A Collaborative, Multidisciplinary Approach to Architecture, Engineering and Construction Education and Training. In: **CODEBIM: Collaborative Design Education using BIM**, 2014. Disponível em: <<http://codebim.com/resources/history-of-building-information-modelling/>>. Acesso em: 03 maio 2014.

COELHO, S.; NOVAES, C. Modelagem de Informações para Construção (BIM) e ambientes colaborativos para gestão de projetos na construção civil. In: WORKSHOP NACIONAL DE GESTAO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUCAO DE EDIFICIOS. **Anais...** São Paulo: EP-USP, 2008. 1-10 p.

CONSTRUCTION INDUSTRY INSTITUTE. **Constructability: a primer**. 2. ed. Austin: [s.n.], 1987.

CONSTRUÇÃO MERCADO. BIM é exigência em três licitações: entre elas estão a do projeto executivo e construção da sede do pré-sal, para a Petrobras. **Painel de Mercado**. Disponível em: <<http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/120/artigo282522-1.aspx>> Acesso em: 10 maio 2014.

COSTA, E. N. **Avaliação da Metodologia BIM para a compatibilização de projetos**. 2013. 84 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2013.

CUNHA, J. C. D. C. **A História das Construções: do Panteão de Roma ao Panteão de Paris**. Belo Horizonte: Autêntica, 2012. 480 p.

DINIZ, A. Dnit exigirá nas licitações projetos entregues em BIM. **O Empreiteiro**, 2012. Disponível em: <[http://www.oempreiteiro.com.br/Publicacoes/11983/Dnit\\_exigira\\_nas\\_licitacoes\\_projetos\\_e\\_ntregues\\_em\\_BIM.aspx](http://www.oempreiteiro.com.br/Publicacoes/11983/Dnit_exigira_nas_licitacoes_projetos_e_ntregues_em_BIM.aspx)>. Acesso em: 17 maio 2014.

DURANTE, F. K. **O uso da metodologia BIM (Building Information Modeling) para gerenciamento de projetos: GERENTE BIM**. 2013. 106 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2013.

EASTMAN, C. *et al.* **BIM Handbook: a Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors.** 2. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2011. 589 p.

\_\_\_\_\_. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors.** New Jersey: John Wiley & Sons, 2008. 490 p.

ELVIN, G. **Integrated Practice in Architecture: mastering design-build, fast-track, and building information modeling.** New Jersey: Wiley & Sons, 2007. 255 p.

FABRICIO, M. M.; ORNSTEIN, S. W.; MELHADO, S. B. Conceito de Qualidade no Projeto de Edifícios. In: FABRICIO, M. M.; ORNSTEIN, S. W. **Qualidade no Projeto de Edifícios.** São Paulo: Rima, 2010. p. 5-33.

FABRICIO, M. M. **Projeto Simultâneo na Construção de Edifícios.** 2002. 349 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

FIGUEROLA, V. BIM na prática. **AU - Arquitetura e Urbanismo**, São Paulo, v. 208, p. 58-60, jul. 2011. Disponível em: <<http://www.au.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/208/bim-na-pratica-224332-1.aspx>>. Acesso em: 26 maio 2014.

FLORIO, W. Contribuições do building information modeling no processo de projeto em arquitetura. In: SEMINÁRIO TIC 2007 - TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 10., 2007. Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: TIC, 2007.

FOGGIATTO, J. A.; VOLPATO, N.; BONTORIN, A. C. B. Recomendações para modelagem em sistemas CAD-3D. In: Congresso Brasileiro de Engenharia e Fabricação, 4., 2007. **Anais...** São Paulo, 2007.

FORMOSO, C. T. Lean construction: princípios básicos e exemplos. **PINI WEB**, out. 2002. Disponível em: <<http://piniweb.pini.com.br/construcao/noticias/lean-construction-principios-basicos-e-exemplos-80714-1.aspx>>. Acesso em: 10 maio 2014.

FU, C. *et al.* **IFC Model Viewer to support nD Model Application: automation in Construction.** [S.l]: [s.n.], 2006.

GDP – Gerenciamento e Desenvolvimento de Projetos. **BIM: Um Processo Integrado de Projeto.** Rio de Janeiro: [s.n.], 2012. Disponível em: <<http://www.sinduscon-rio.com.br/Palestras/ApresBim051012.pdf>>. Acesso em: 10 maio 2014.

GRAZIANO, F. P. **Compatibilização de Projetos.** 2003. 70 p. Dissertação (Mestrado Profissional) - Instituto de Pesquisa Tecnológica do Estado de São Paulo, São Paulo, 2003.

HAMMARLUND, Y.; JOSEPHSON, P. E. Qualidade: cada erro tem seu preço. **Techne**, v. 1, p. 32 - 4, nov/dez. 1992.

HARDIN, B. **BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows.** Indianápolis: Wiley, 2009. 364 p.

HELENE, P. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. São Paulo: PINI, 1992.

JACOSKI, C. A.; LAMBERTS, R. A. A interoperabilidade como fator de integração de projetos na construção civil. In: WORKSHOP NACIONAL GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS. **Anais...** Porto Alegre, 2002.

JERNIGAN, F. **Big BIM little bim: the practical approach to Building Information Modeling integrated practice done the right way**. 2. ed. Salisbury: Finith Jernigan, 2008. 260 p.

JUSTE, M. C. **Projeto: ferramenta determinante para o custo de um empreendimento imobiliário**. 2013. 104 p. Monografia (Especialização em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

KALAY, Y. **Architecture's New Media: principles, theories and methods of computer-aided design**. Cambridge: Mit Press, 2004. 536 p.

KAMARDEEN, I. **8D BIM modelling tool for accident prevention through design**. 2010. 9 p. Faculty of Built Environment, University of New South Wales, Australia, 2010.

KISS, P. DNA da construção. **Téchne**, São Paulo, n.168, mar. 2011. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/168/artigo286805-1.aspx>>. Acesso em: 11 maio 2014.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. Finland: Stanford University, 1992. 75 p.

KRYGIEL, E.; NIES, B. **Green BIM: successful sustainable design with building information modeling**. Indianapolis: Wiley Publishing, 2008. 268 p.

LAURINDO, F. J. B. **Um estudo sobre a avaliação da eficácia da tecnologia de informação nas organizações**. 2000. Tese (doutorado) - Escola Politécnica - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

LAWSON, B. **How designers think: the design process demystified**. 4. ed. Oxford: Elsevier; Architectural, 2005.

LIMA, C. C. N. A. **Autodesk Revit 2012: conceitos e aplicações**. São Paulo: Érica, 2011.

LOCKHART, S. D.; JOHNSON, C. M. **Engineering design communication: conveying design through graphics**. USA: Prentice-Hall, 2000. 719 p.

LOURENÇON, A. C. Quanto custa implementar o BIM. **AU - Arquitetura e Urbanismo**, São Paulo, v. 208, p. 76-77, jul. 2011. Disponível em: <<http://www.au.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/208/quanto-custa-implementar-o-bim-224375-1.aspx>>. Acesso em: 26 maio 2014.

LOUZAS, R. Pesquisa mostra que mais de 90% dos arquitetos e engenheiros pretendem utilizar o BIM em até cinco anos: como principais barreiras a utilização do BIM se destaca o investimento necessário em softwares e treinamento, considerado elevado pela maioria. **PINI WEB**, jun. 2013. Disponível em: <<http://piniweb.pini.com.br/construcao/carreira-exercicio-profissional-entidades/pesquisa-mostra-que-mais-de-90-dos-arquitetos-e-engenheiros-291885-1.aspx>>. Acesso em: 3 maio 2014.

MARIA, M. M. **Tecnologia BIM na Arquitetura**. 2008. Dissertação de Mestrado - Universidade Presbiteriana Mackenzi, São Paulo, 2008.

MELHADO, S. B.; AGOPYAN, V. **O conceito de projeto na construção de edifícios: diretrizes para sua elaboração e controle**. São Paulo: USP, 1995. 22 p.

MELHADO, S. B. **Coordenação de projetos de edificações**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2005. 120 p.

\_\_\_\_\_. **Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção**. 1994. Tese - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

MELLO, R. B. **BIM e custos: maximize os dados do modelo com o Navisworks e o Quantity Takeoff**. São Paulo: Autodesk, 2012. 60 p.

MENESES, G. L. B. B. **8D BIM modelling tool for accident prevention through design: a brief historical of the BIM platform implementation**. [S.l]: [s.n], 2011. 20 p.

MIKALDO JÚNIOR, J. **Estudo comparativo do processo de compatibilização de projetos em 2D e 3D com uso de T.I**. 2006. 150 p. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

NASCIMENTO, A. F. **Atualização do processo BIM na construção brasileira**. São Paulo: Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP), 2014. Disponível em: <<http://az545403.vo.msecnd.net/uploads/2014/03/atualizacao-do-bim-na-constr.pdf>>. Acesso em: 01 Jun. 2014.

NASCIMENTO, L. A.; LAURINDO, F. J. B.; SANTOS, E. T. A eficácia da TI na indústria da construção civil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO. 3., 2003, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2003.

NEIVA NETTO, R. S. N.; FARIA, B. L.; BIZELLO, S. A. Implantação de BIM em uma construtora de médio porte: Caso prático, da Modelagem a Quantificação. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, v. 5, n.1, p. 45-51, jan./jun. 2014.

NOVAES, C. C. A modernização do Setor da Construção de Edifícios e a Melhoria da Qualidade do Projeto. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO - QUALIDADE NO PROCESSO CONSTRUTIVO. 7., 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFCS, 1998.

PETRUCCI JÚNIOR, R. **Modelo para gestão e compatibilização de projetos de edificações usando engenharia simultânea e ISO 9001**. 2003. 84 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

PINI WEB. **A dura rotina de um engenheiro de obras**. Disponível em: <<http://piniweb.pini.com.br/construcao/noticias/a-dura-rotina-de-um-engenheiro-de-obras-79784-1.aspx>> Acesso em: 20 ago. 2014.

PISSARRA, N. M. M. **Utilização de plataformas colaborativas para o desenvolvimento de empreendimentos de Engenharia Civil**. 2010. 101 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2010.

PULCINELLI, M. A implantação do processo BIM na Matec Engenharia. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL BIM, 4., 2013, São Paulo. **Anais eletrônicos...** São Paulo: SINDUSCON, 2013. Disponível em: <[http://www.sindusconsp.com.br/envios/2013/eventos/bim/Apresenta%C3%A7%C3%A3o\\_MarceloPulcinelli\\_MatecEngenharia.pdf](http://www.sindusconsp.com.br/envios/2013/eventos/bim/Apresenta%C3%A7%C3%A3o_MarceloPulcinelli_MatecEngenharia.pdf)>. Acesso em: 16 ago. 2014.

REIS, P. Matec: modelagem por conta própria. **Construção Mercado: Especial BIM**, São Paulo, n. 115, p.39-41, fev. 2011.

ROCHA, A. P. Por dentro do BIM: em fase de teste em toda a cadeia da construção civil, conceito de modelagem da informação já mostra quais são os seus benefícios imediatos, mas também quanto trabalho há pela frente. **Téchne**, São Paulo, n. 168, mar. 2011. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/168/por-dentro-do-bim-em-fase-de-teste-em-287822-1.aspx>>. Acesso em: 11 maio 2014.

RUSCHEL, R. C.; BIZELLO, S. A. Avaliação de sistemas CAD lives. In: KOWALTOWSKI, D. C. C. K., et al. **O processo de projeto em arquitetura da teoria à tecnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. p. 393 - 420.

RUSCHEL, R. C. *et al.* Building information modeling para projetistas. In: FABRICIO, M. M.; ORNSTEIN, S. W. **Qualidade no Projeto de Edifícios**. São Paulo: Rima, 2010. p. 135-162.

RUSCHEL, R. C.; GUIMARÃES FILHO, A. B. Iniciando em CAD 4D. In: WORKSHOP BRASILEIRO GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 8., São Paulo, 2008. **Anais...** São Paulo: USP, 2008.

SALGADO, M. S.; DUARTE, T. M. P. O projeto executivo de arquitetura como ferramenta para o controle da qualidade na obra. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 9., Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu:[s.n.], 2002.

SANTOS, E. T.; BARISON, M. B. O desafio para as Universidades. **Construção Mercado: Especial BIM**, São Paulo, n. 115, p. 49-50, fev. 2011.

SAYEGH, S. Porque os escritórios de engenharia precisam adotar o BIM para facilitar o dia-a-dia dos arquitetos. **AU - Arquitetura e Urbanismo**, São Paulo, v. 208, p. 72-75, jul. 2011. Disponível em: <<http://www.au.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/208/informacoes-coordenadas-224374-1.aspx>>. Acesso em: 27 maio 2014.

SCHEER, S. **Modelagem da Informação da Construção BIM**. São Paulo: [s.n.], 2013. 55p.

SCHODEK, D. *et al.* **Digital Design and Manufacturing: CAD/CAN Applications in INC**. New Jersey: John Willey & Sons, 2007.

SOUSA, O. K.; MEIRIÑO, M. J. Aspectos da implantação de ferramentas bim em empresas de projetos relacionados à construção civil. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 2013. **Anais...** [S.l.]: [s.n.], 2013.

SOUZA, A. L. R.; BARROS, M. M. S. B.; MELHADO, S. B. Qualidade, projeto e inovação na construção civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7., 1995, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: [s.n.], 1995.

STEHLLING, M. P. **A utilização de modelagem da informação da construção em empresas de arquitetura e engenharia de Belo Horizonte**. 2012. 165 p. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

SUCCAR, B. Automation in Construction. **Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders**, Australia, 2009. 357-375.

SUTHERLAND, E. Sketchpad: A man-machine graphical. **Technical reports published by the University of Cambridge**, September, 2003.

SYNCHRO SOFTWARE. **Synchro PRO**. Disponível em: <<https://synchrold.com/synchro-pro/>>. Acesso em: 3 maio 2014.

THE AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS. Guide, Instructions and Commentary to the 2013 AIA Digital Practice Documents. **The american institute of architects**, 2013. Disponível em: <<http://www.aia.org/groups/aia/documents/pdf/aiab095711.pdf>>. Acesso em: 10 maio 2014.

TOBIN, J. Proto-Building: to BIM is to Build. **AEC bytes**, jun. 2008. Disponível em: <<http://www.aecbytes.com/buildingthefuture/2008/ProtoBuilding.html>>. Acesso em: 17 maio 2014.

UNEP. **Buildings and Climate Chang Summary for Decision-Makers**: United Nations Environment Programme. France: [s.n.], 2009. 62 p.

VANNI, C. M. K. **Análise de falhas aplicadas à compatibilidade de projetos na construção de edifícios**. 1999. 212 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1999.

VIEIRA, A. R. **A Lean Construction e a Sustentabilidade: paradigmas complementares implementação de um modelo de otimização.** 2011. 95 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2011.

VOORDT, T. J. M. V. D.; WEGEN, H. B. R. V. **Arquitetura sob o olhar do usuário.** São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

## APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO

### OBSERVAÇÕES:

- O imediato questionário tem por objetivo, abordar o maior número de empresas possíveis no ramo da construção civil, com uma pesquisa focada na tecnologia BIM (*Bulding Information Modeling*) para fins acadêmicos;
- Será mantido sigilo. As informações repassadas, como dados pessoais e o nome da empresa, não aparecerão em hipótese alguma na discursão dos resultados.
- Favor responder com clareza todas as questões e não omitir as informações, pois estas são de extrema importância para a análise do estudo.

### EMPRESA:

*(campos obrigatórios, para confirmar que a pesquisa foi realizada em diferentes empresas)*

Nome: \_\_\_\_\_

Endereço: \_\_\_\_\_

Telefone: \_\_\_\_\_ e-mail: \_\_\_\_\_

### QUALIFICAÇÃO

Qualificação profissional da pessoa que irá responder o questionário:

- ( ) Engenheiro Civil
- ( ) Arquiteto
- ( ) Empreiteiro
- ( ) Projetista
- ( ) Estagiário
- ( ) Outro: \_\_\_\_\_

A empresa atua em que setor da construção civil?

- ( ) Projetos  
 ( ) Execução e/ou acompanhamento de obras  
 ( ) Outros: \_\_\_\_\_

## QUESTIONÁRIO

1) Após finalizadas todas as modalidades necessárias de projetos, seu cliente resolve modificar o projeto arquitetônico, alterando as medidas de diferentes ambientes, e invertendo as esquadrias, dentre outros detalhes construtivos que serão alterados, em média, quanto tempo você levaria para refazer todas as alterações somente no projeto arquitetônico? Lembrando que será preciso refazer a planta baixa, os cortes transversais e longitudinais, a fachada, o diagrama de cobertura e a planta de situação.

- ( ) meia hora ( ) de uma a três horas  
 ( ) um dia de trabalho ( ) uma semana  
 ( ) outro: \_\_\_\_\_

2) E as outras disciplinas de projeto (estrutural, elétrico e hidráulico), mesmo se você não realizar estes serviços, quanto tempo levaria para concluir todo o processo, incluindo repassar o projeto arquitetônico já alterado, para outro profissional realizar as alterações dentro de sua especialidade, até que este finalize esses serviços?

- ( ) de uma a três horas ( ) um dia de trabalho  
 ( ) uma semana ( ) quinze dias  
 ( ) um mês ( ) mais de um mês  
 ( ) outro: \_\_\_\_\_

3) Quanto tempo você leva para realizar apenas o 3D do projeto executivo final?

- ( ) menos que meia hora ( ) de uma a três horas  
 ( ) um dia de trabalho ( ) uma semana ou mais  
 ( ) não realizo este serviço  
 ( ) outro: \_\_\_\_\_

4) Quanto tempo você levaria para realizar o levantamento quantitativo (Ex.: nº de portas, janelas, soleiras, vidros, alvenaria, chapisco, reboco, etc.) de um projeto arquitetônico de 1 pavimento, com cerca de 100,00m<sup>2</sup>?

- ( ) meia hora ( ) de uma a três horas  
 ( ) um dia de trabalho ( ) uma semana  
 ( ) outro: \_\_\_\_\_

5) Quanto tempo você levaria para realizar o levantamento quantitativo (Ex.: peso total de armaduras, volume de concreto e formas) de um projeto estrutural de 1 pavimento, com cerca de 100,00m<sup>2</sup>?

meia hora

de uma a três horas

um dia de trabalho

uma semana

outro: \_\_\_\_\_

6) Em seu escritório é realizada a compatibilização de projetos? Como ela é feita?

---

---

---

7) Você considera que a compatibilização de projetos interfere no produto final do processo de projeto?

Sim

Não

8) Quando existe a necessidade de interação com outro profissional do setor da construção civil, como é realizada a interoperabilidade, a troca de dados e informações?

---

---

9) Você já ouviu falar ou conhece o termo IFC (*Industry Foudation Classes*).

Sim

Não

10) Qual fase do processo de edificações você considera mais importante? Justifique sua resposta.

Concepção e realização dos projetos

Execução da obra

Manutenção da edificação

Justificativa:

---

---

---

11) Com quais softwares você trabalha em sua empresa?

---

---

12) Como é feita a logística da obra, incluso a previsão de materiais da obra e o cronograma?

---

---

13) Você já ouviu falar ou conhece a tecnologia BIM (*Building Information Modeling*)?

- Sim, já ouvi falar, mas não trabalho com ela.
- Sim, já ouvi falar e trabalho com ela.
- Não, nunca ouvi falar.

14) Se sim quais são maiores benefícios que se pode esperar com essa tecnologia?

- Uma ferramenta com características exclusivamente de um modelo tridimensional, ou um modelo 3D aperfeiçoado.
- Uma ferramenta capaz de reduzir o tempo do fluxo de trabalho, e futuros retrabalhos.

Outro:

---

---

***Muito obrigado pela sua participação,  
ela será de grande importância para  
a obtenção dos resultados  
desta pesquisa.***

**APÊNDICE B - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

O preenchimento deste questionário têm fundamentos meramente acadêmicos, com o intuito de proporcionar ao aluno Renan Garcia de Melo, graduando como bacharel em engenharia civil pelo Centro Universitário de Formiga (UNIFOR), a aquisição de informações para auxiliarem no desenvolvimento de seu trabalho acadêmico de conclusão de curso, cujo tema é “*Building Information Modeling (BIM)* como ferramenta na compatibilização de projetos para construção civil.”

Desta forma, os dados aqui fornecidos não comprometem a empresa/microempreendedor em momento algum, visto que não serão citados nomes ou características que identifiquem o entrevistado no contexto do trabalho.

Ciente das informações acima contidas, firmamos o presente em duas vias, sendo uma da empresa e a outra do estudante.

Formiga, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2014.

---

Renan Garcia de Melo  
Estudante responsável pela pesquisa

---

Assinatura e carimbo do entrevistado(a)