

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
CENTRO DE FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS EM TRANSPORTES

**USO DO SISTEMA BIM NO PROCESSO DE PROJETO DE TERMINAIS DE
PASSAGEIROS AEROPORTUÁRIOS: O CASO DO TERMINAL
EM “SATÉLITE” DO AEROPORTO INTERNACIONAL
DE BRASÍLIA - SBBR**

JULIO TOLLENDAL GOMES RIBEIRO

ORIENTADOR: EDUARDO MÜSSNICH BARRETO

PUBLICAÇÃO: E-TA-020A/2009
BRASÍLIA: OUTUBRO/2009

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
CENTRO DE FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS EM TRANSPORTES

**USO DO SISTEMA BIM NO PROCESSO DE PROJETO DE TERMINAIS DE
PASSAGEIROS AEROPORTUÁRIOS: O CASO DO TERMINAL
EM “SATÉLITE” DO AEROPORTO INTERNACIONAL
DE BRASÍLIA - SBBR**

JULIO TOLLENDAL GOMES RIBEIRO

**MONOGRAFIA DO CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO SUBMETIDA AO
CENTRO DE FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS EM TRANSPORTES
DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE ESPECIALISTA EM
GESTÃO DA AVIAÇÃO CIVIL.**

APROVADA POR:

EDUARDO MÜSSNICH BARRETO, PhD (University of Florida)
(Orientador)

PhD (UnB)
EDSON PRATINI
(Examinador)

PhD (UnB)
LENILDO SANTOS
(Examinador)

BRASÍLIA, 01 DE OUTUBRO DE 2009
FICHA CATALOGRÁFICA

JULIO TOLLENDAL GOMES RIBEIRO

Uso do Sistema BIM no Processo de Projeto de Terminais de Passageiros Aeroportuários: O Caso do Terminal em “Satélite” do Aeroporto Internacional de Brasília - SBBR

xv, p., 210x297 mm (CEFTRU/Unb, Especialista, Gestão da Aviação Civil, 2009).

Monografia de Especialização – Universidade de Brasília, Centro de Formação de Recursos Humanos em Transportes, 2009

1. Gestão
3. Gestão

2. Capacidade
4. Tecnologia

I. CEFTRU/UnB

II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

RIBEIRO, J. T.G. (2009). Uso do Sistema BIM no Processo de Projeto de Terminais de Passageiros Aeroportuários: O Caso do Terminal em “Satélite” do Aeroporto Internacional de Brasília – SBBR, Monografia de Especialização, Publicação E-TA-XXXA/2009, Centro de Formação de Recursos Humanos em Transportes, Universidade de Brasília, Brasília, DF, XXp.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DOS AUTORES: Julio Tollendal Gomes Ribeiro

TÍTULO DA MONOGRAFIA: Uso do Sistema BIM no Processo de Projeto de Terminais de Passageiros Aeroportuários: O Caso do Terminal em “Satélite” do Aeroporto Internacional de Brasília – SBBR

GRAU/ANO: Especialista / 2009

É concedida à Universidade de Brasília, permissão para reproduzir cópias desta monografia de especialização e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. Os autores reservam outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de especialização pode ser reproduzida sem a autorização por escrito dos autores.

Julio Tollendal Gomes Ribeiro

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família, em especial à minha mãe Vera, e meu pai Edson, que sempre acreditaram no melhor de mim, e à minha filha Sofia. Aos meus irmãos Sidarta, Luísa, Frederico e Joana, que apesar da distância, permanece o amor imutável. Aos amigos, em especial ao Luís Pedro Basílio Neri, *in memoriam*.

AGRADECIMENTOS

Agradeço especialmente à Sílvia do CEFTRU, ao arquiteto Sérgio Parada e Eduardo Ballarin, Taeko, Ênio Ferreira da Rocha, Ricardo Alexandre Góis Ferreira, Paulo Sérgio Ramos Pinto, Walter Américo da Costa Souza, João Eduardo Bandeira de Melo Araújo da Infraero.

RESUMO

A Modelagem de Informações para a Construção (*Building Information Modeling – BIM*) é considerada um novo paradigma na construção de grandes e complexas edificações. Embora essa técnica já seja uma realidade em grandes obras no mundo, essa tecnologia é bastante incipiente no Brasil e ainda não foi implementada ou testada em seu sistema aeroportuário. As limitações na implementação do BIM se devem, em grande parte, à falta de conhecimento de projeto no Brasil destas novas tecnologias. O presente estudo teve como objetivo desenvolver, implementar e avaliar um modelo com tecnologia BIM aplicado ao projeto de terminais de passageiros aeroportuários no Brasil, tendo como estudo de caso o terminal de passageiros (satélite sul) do Aeroporto Internacional de Brasília - DF. Para a construção do modelo, primeiramente foram avaliados os aspectos de infra-estrutura e gestão pertinentes à implementação de um modelo com o sistema BIM na Infraero. Foram utilizados dados obtidos junto à empresa, por meio de consulta a documentos institucionais. Foi realizada uma análise comparativa entre o modelo BIM e o modelo tradicional utilizado pela Infraero, a partir da identificação dos passos de trabalho necessários para desenvolvimento do projeto, e possível necessidade de re-trabalho envolvido em cada método. Além disso, o modelo BIM foi avaliado em termos de sua aplicabilidade, desafios, vantagens e o custo-benefício para a sua implementação na empresa. Esperamos poder contribuir na utilização do BIM para gestão de infra-estrutura de terminais de passageiros aeroportuários no Brasil, de forma a otimizar o planejamento e a construção de estruturas complexas e, com isso, colaborar para a atualização do segmento aeroportuário no Brasil, representados pela Infraero.

ABSTRACT

Building Information Modeling – BIM is a new paradigm in the construction of large and complex buildings. Although that technique is already a reality abroad, that technology is quite incipient in Brazil and hasn't yet been implemented or tested in its airport system. The difficulties in the implementation of BIM are due, largely, to the lack of knowledge in Brazil of these new technologies. The present study had as objective to develop, implement and evaluate a BIM model of airport terminals of passengers in Brazil, having as case study the passengers' south satellite of the International Airport of Brasília - DF. For the construction of the model, firstly was appraised the infrastructure and management aspects in the implementation of BIM system at Infraero. Data used were obtained from Infraero, through consultation to institutional documents. A comparative analysis was carried out between the BIM model and the conventional model used by Infraero, starting from the identification of necessary work steps and possible re-work needed in each method. Besides, the BIM model was evaluated in terms of its applicability, challenges, advantages and cost-benefit for its implementation in Infraero. We hoped to contribute to the use of BIM for the development of airports in Brazil, to optimize the planning and the construction of complex structures and to collaborate for the updating of this field in Brazil, represented by Infraero.

SUMÁRIO

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	3
SÍMBOLOS, ABREVIATURAS, SIGLAS E CONVENÇÕES	12
1 INTRODUÇÃO	13
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	13
1.2 PROBLEMÁTICA	15
1.3 HIPÓTESE	19
1.4 OBJETIVO	19
1.4.1 <i>Objetivo Geral</i>	19
1.4.2 <i>Objetivos Específicos</i>	20
1.5 JUSTIFICATIVA	20
1.5.1 <i>Dificuldades</i>	22
1.5.2 <i>Desafios do processo de projeto que utiliza o BIM</i>	22
1.5.3 <i>Benefícios do processo de projeto que utiliza o BIM</i>	23
<i>Viabilidade</i>	25
1.6 METODOLOGIA.....	26
1.6.1 <i>Objeto de Estudo</i>	29
<i>Etapas necessárias para verificação da Hipótese:</i>	30
1.6.2 <i>Método de Investigação</i>	30
1.7 ORGANIZAÇÃO DA PESQUISA	31
1.7.1 MÉTODO DE PESQUISA.....	31
1.7.2 <i>Método Para Estudo de Caso</i>	31
1.7.3 <i>Modelagem do Estudo de Caso</i>	32
1.8 ESTRUTURA DA MONOGRAFIA	32
2- FUNDAMENTOS TEÓRICOS	33
2.1- CONCEITOS BÁSICOS	33
<i>“Building Information Modeling” - BIM</i>	33
2.2 DEFINIÇÕES DE BIM	33
<i>Softwares com a tecnologia de BIM</i>	37
2.3 MODELAGEM PARAMÉTRICA DE OBJETOS.....	40
3 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	47
3.1 MÉTODO DE INVESTIGAÇÃO	49
3.1.1 <i>Etapas de Pesquisa</i>	50
3.1.2 <i>Estudo Comparativo:</i>	51
3.1.3 <i>Definição do Método de Investigação (Passo a Passo)</i>	53
3.1.4 <i>Definição dos Critérios de Comparação</i>	54
3.2 INFORMAÇÃO DE PLATAFORMA:	57
3.2.1 <i>Requisitos Mínimos dos Aplicativos Utilizados:</i>	57
3.3 CRITÉRIOS DE PESQUISA.....	58
3.3.1 <i>Benefícios do BIM aplicados ao processo de projeto e de construção (edificação). Fonte: Eastman et all (p. 16 a 21).</i>	58

3.3.2	<i>Benefícios de projeto</i>	59
3.3.3	<i>Benefícios de Construção e Fabricação</i>	60
3.3.4	<i>Benefícios de Pós-Construção</i>	61
3.4	ANÁLISE DA FORMAÇÃO DE CRITÉRIOS DE PESQUISA:.....	61
4-	ANÁLISE DOS RESULTADOS	62
4.1	PROCESSO DE PROJETO QUE UTILIZA O BIM	62
4.1.1	<i>Contagem de Passos:</i>	62
	<i>Preparação e customização do ambiente de trabalho.</i>	62
	<i>Geo-Referenciamento do projeto:</i>	62
	<i>Criação e pré-definição de “layers” de projeto.</i>	62
	<i>Desenho e/ou colocação dos elementos construtivos (utilização de elementos construtivos nativos e de objetos GDL)</i>	62
	<i>(Re) Parametrização dos elementos construtivos.</i>	63
	<i>Documentação de projeto (automática para cortes, vistas e fachadas), estando aqui incluídas as animações, estudos solares e cenas “VRML (Virtual Reality Modeling Language)”. O “VRML” permite descrever, por meio de elementos geométricos, ambientes tridimensionais onde o usuário possa navegar e interagir.</i>	63
	<i>Análise da relação forma / função da edificação.</i>	64
	<i>Comunicação do projeto.</i>	64
4.1.2	<i>Contagem (BIM): Projeto do SBBR completo</i>	64
4.1.3	<i>Fases Definidas BIM</i>	66
4.1.4	<i>Informações Geradas (BIM)</i>	68
4.1.5	<i>Análise Qualitativa:</i>	72
4.2	PROCESSO DE PROJETO ATUAL QUE UTILIZA O AUTOCAD	77
4.2.1	<i>Contagem de Passos AutoCAD - (por tarefas)</i>	77
4.2.2	<i>Contagem do Tempo (AutoCAD)</i>	80
4.2.3	<i>Informações Geradas (AutoCAD 2008)</i>	82
4.2.4	<i>Análise Qualitativa:</i>	85
4.3	COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS:	89
4.3.1	<i>Análise Qualitativa:</i>	90
4.3.2	<i>Conclusão de análise comparativa</i>	91
4.3.3	<i>Análise dos resultados dos critérios</i>	92
4.4	ANÁLISE DOS DADOS	93
5-	SIMULAÇÃO DE RE-TRABALHO (SALA DE EMBARQUE REMOTO SATÉLITE NORTE):	108
4.4.1	ARCHICAD (AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS):.....	117
4.4.2	<i>Conclusão (avaliação dos resultados - ArchiCAD).</i>	119
4.4.3	CONCLUSÃO GERAL SOBRE O COMPARATIVO ENTRE OS DOIS PROCESSOS DE PROJETO. ...	120
4.5	CONSTRUÇÃO DO MODELO – IMAGENS DO AUTOR.....	124
6-	CONCLUSÕES, CONSIDERAÇÕES FINAIS E DISCUSSÕES	125

Índice de Ilustrações

Figura 1: representação Gráfica dos Terminais Satélite Sul e Norte do Aeroporto Internacional de Brasília – Juscelino Kubitschek. Fonte: Infraero, obtido por meio do endereço: http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=471620	29
Figura 2: capacidade de influenciar o custo final de um empreendimento ao longo de suas fases. Fonte: (Vale, 2006, p. 123).....	36
Figura 3: o avanço do empreendimento em relação à chance de reduzir o custo de falhas. Fonte: (Hammarlund & Josephson, 1992, p. 32), apud (Vale, 2006, p. 124).....	37
Figura 4: ciclo helicoidal do edifício. Fonte: (www.wbdg.org/bim/nibs_bim.php).....	42
Figura 5: modelo integrado BIM. Fonte: (IBRAHIM e KRAWCZYK, 2004).....	43
Figura 6: ineficiência dentro de uma organização, capacitação em mapeamento de processos. Fonte: (Klug Solutions 2008, apud McGraw Hill Inc.)	45
Figura 22: Fases Definidas BIM. Fonte: Documentação nativa do aplicativo ArchiCAD.	66
Figura 23: Contagem de passos por tarefas – BIM	70
Figura 24: Identificação das etapas onde as ferramentas CAD têm funções diferenciadas, no ciclo de projeto. Fonte: autoria própria.	81
Figura 25: Contagem de passos por tarefas – CAD.....	83
Figura 26: Comparativo CAD x BIM.....	89
Figura 42: Contagem de tempo BIM.....	96
Figura 43: Contagem de tempo AutoCAD.	97
Figura 44: Comparação de contagem de tempo (BIM e CAD).....	98
Figura 47: Comparação equitativa sala embarque remoto de passos e tempo (BIM e CAD).	103
Figura 27: Passageiros na Sala de Embarque Remoto Satélite Norte Fonte: INFRAERO.	109
Figura 28: Detalhe da localização da Sala de Embarque Remoto do Satélite Norte – SBBR.....	110
Figura 29: vista externa do Satélite Norte do SBBR. Fonte: Infraero.....	112
Figura 30: vista externa do Satélite Norte do SBBR. Fonte: Infraero.....	112
Figura 31: vista externa da passarela de ligação entre o TPS e o Satélite Norte do SBBR. Fonte: Infraero.	112
Figura 32: vista interna da área de raio-x de bagagem de mão do Satélite Norte do SBBR. Fonte: Infraero.....	113
Figura 33: detalhes da Sala de Embarque Remoto.....	113
Figura 34: capacidade instalada por demanda do SBBR. Fonte: INFRAERO.	114
Figura 35: movimento histórico da rede – SBBR; Fonte: INFRAERO.	115
Figura 36: áreas previstas para o Terminal Satélite Norte – SBBR; Fonte: INFRAERO.	116
Figura 37: vista externa de proposta do autor para a Sala de Embarque Remoto do Satélite Norte do SBBR Fonte: imagem do autor.....	121
Figura 38: vista externa de proposta do autor para a Sala de Embarque Remoto do Satélite Norte do SBBR Fonte: imagem do autor.....	122
Figura 39: vista externa de proposta do autor para a Sala de Embarque Remoto do Satélite Norte do SBBR Fonte: imagem do autor.....	122
Figura 40: vista externa de proposta do autor para a Sala de Embarque Remoto do Satélite Norte do SBBR Fonte: imagem do autor.....	123

Figura 41: vista externa de proposta do autor para a Sala de Embarque Remoto do Satélite Norte do SBBR Fonte: imagem do autor.....	123
Figura 43: satélite Sul.....	
Figura 44: entrada Interna.....	124
Figura 45: pavimento A.....	
Figura 46: “Atrium” Cobertura.....	124
Figura 47: taxi no pátio SBBR	
Figura 48: satélite Norte	124
Figura 49: satélite em Operação	
Figura 50: satélite Sul	124

SÍMBOLOS, ABREVIATURAS, SIGLAS E CONVENÇÕES

ANAC	Agência Nacional da Aviação Civil
ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BIRD	Banco Internacional de Reconstrução e Desenvolvimento
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CAB	Civil Aeronautics Board
CADE	Conselho Administrativo de defesa Econômica
CBA	Código Brasileiro de Aeronáutica
CLA	Comissão de Linhas Aéreas
CNS/ATM	Communication, Navigation, Security/Air Traffic Management
COMCLAR	Comissão de Coordenação de Linhas Aéreas Regulares
CONAC	Conferências Nacionais de Aviação Comercial
CONAR	Conselho Nacional de Auto-Regulamentação Publicitária
DAC	Departamento de Aviação Civil
DGAC	Diretor-Geral do Departamento de Aviação Civil
GOL	Gol Transportes Aéreos S.A.
IATA	International Air Transport Association
ICC	Interstate Commerce Commission
IPEA	Instituto de pesquisa Econômica e Aplicada
MF	Ministério da Fazenda
OACI	Organização de Aviação Civil Internacional
OECD	Organization for Economic Co-Operation and Development
PRL	Primeira Rodada de Liberalização
RIN	Rede de Integração Nacional
SBDC	Sistema Brasileiro de Defesa da Concorrência
SITAR	Sistemas Interados de Transporte Aéreo Regional
SNEA	Sindicato Nacional das Empresas Aeroviárias
SRL	Segunda Rodada de Liberalização
TAM	TAM Linhas Aéreas S.A.
TRANSBRASIL	Transbrasil S.A Linhas Aéreas
GOL	GOL Linhas Aéreas Inteligentes S.A.
VARIG	Viação Aérea Riograndense S.A.

1 INTRODUÇÃO

O tema desta pesquisa é sobre a gestão no processo de projeto em terminais de passageiros aeroportuários. Envolve os aspectos da tecnologia no processo de projeto, com intuito de investigar as boas práticas de projeto em edifícios de funções complexas. Enfoca as questões de interoperabilidade em obras e serviços de engenharia e da gestão da informação durante o processo de projeção, em comparação ao sistema tradicional de projeção (descentralizado, sistemas CAD tradicionais).

O estudo de caso propõe a modelagem de uma parte do projeto do Terminal de Passageiros do Aeroporto Internacional de Brasília (SBBR), mais especificamente o Terminal Satélite Sul, de autoria do arquiteto Sérgio Roberto Parada, no software “ArchiCad, da Graphisoft”. O processo de modelagem deverá ser documentado para efeito de comparação com o método tradicional de projeto. O modelo final deverá ser comparado quanto aos aspectos referentes à coordenação e compatibilização de projetos, interoperabilidade de dados, gestão de informação e documentação, bem como quanto aos fatores tempo e retrabalho, sob os aspectos de erros envolvidos no processo e redundância de informações

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A crescente demanda por processos mais racionais e de melhor desempenho na indústria da construção é amplamente observada pelos estudos científicos da área. Observa-se também a complexidade cada vez maior dos sistemas construtivos e das exigências de desempenho no seu funcionamento, visando à economia de recursos e a redução do impacto ambiental gerado por eles. Os arquitetos e engenheiros encontram aí um enorme desafio, mas ao mesmo tempo um terreno fértil de pesquisa e de busca de soluções que possam utilizar-se da tecnologia disponível atualmente em sistemas de computação para atender a este ambiente em constante evolução.

O volume de informações necessário para a geração de produtos dentro deste contexto aumenta rapidamente e são demandados novos sistemas ou novas abordagens para o processamento dessas informações (Häkkinen, 2007). A abordagem por objetos paramétricos nos CADs é agora denominada BIM – acrônimo do termo em inglês “Building Information Modeling” (TSE et al., 2005).

Os sistemas baseados na tecnologia da Modelagem de Informações para a Construção ou “*Building Information Modeling*” – BIM, por sua vez, são considerados uma nova evolução dos sistemas CAD tradicionais, pois gerenciam a informação no ciclo de vida completo de um empreendimento de construção, por meio de um banco de informações inerentes a um projeto, integrado à modelagem em três dimensões (Crespo & Ruschel, 2007, p. 1).

Nos sistemas CAD em duas dimensões e em parte dos CAD em três dimensões (modeladores de superfície e de sólidos genéricos), a geometria é baseada em coordenadas para o desenvolvimento de entidades gráficas, formando elementos de representação de formas geométricas genéricas, passíveis de múltiplas interpretações. A alteração de um projeto desenvolvido nestes sistemas implica em diversas modificações “manuais” das formas que representam os objetos construtivos. Os sistemas BIM são constituídos de modelos paramétricos dos elementos construtivos de uma edificação. Como os elementos são paramétricos, isto é, capazes de receber parâmetros, torna-se possível alterá-los e obter atualizações instantâneas em todo o projeto por meio de alterações dinâmicas no modelo gráfico, que se propagam a todas as pranchas de desenho associadas, bem como nas tabelas de orçamento e especificações (Crespo & Ruschel, 2007, p. 2).

Sendo o CAD BIM, em essência, um sistema de gestão de informações, o seu uso pode se tornar em muito pouco tempo uma forma viável para projetistas se inserirem ou se manterem no mercado, frente a esses novos paradigmas. As vantagens no emprego do BIM são:

- 1- melhor coordenação dos elementos construtivos e suas interferências;
- 2- aumento da produtividade; redução das horas de trabalho;
- 3- maior facilidade na obtenção da documentação de projeto;
- 4- controle centralizado do conteúdo e das versões dos documentos do projeto.

Estudos do “National Institute of Science and Technology” (NIST) dos Estados Unidos da América (EUA) indicam 30% de perdas médias no curso do processo tradicional de projeto:

- 1- isso significa custos de U\$15 bilhões/ano nos EUA;
- 2- prazos mais curtos significam maior rentabilidade nos empreendimentos;
- 3- os benefícios são maiores para proprietários, construtores e projetistas, nesta ordem; e
- 4- os fatores tempo e retrabalho, estão diretamente ligados à falta de coordenação e de compatibilização de projetos na construção civil, bem como da falta de interoperabilidade entre os sistemas computacionais utilizados em arquitetura, engenharia e na construção.

O BIM permite o fornecimento dos seguintes benefícios aos envolvidos, com oportunidades para que a tecnologia agregue valor:

- 1- gestão de risco: o BIM pode fornecer maior visibilidade de projetos e permitir que os proprietários gerenciem o risco por meio de um processo colaborativo e inclusivo;
- 2- gestão de materiais: o desenvolvimento das quantidades de propostas e sua verificação em um processo BIM permitem mais eficiência no uso de materiais, além de abrir oportunidades para a utilização de mais materiais ecológicos e consumo eficiente de energia;
- 3- o BIM pode alinhar o cronograma e as quantidades de materiais para também obter uma melhor análise de fluxo de caixa;
- 4- marketing e construção de marca: o BIM fornece uma representação visual de uma instalação e estimula a análise e discussão colaborativa dos envolvidos e do público;
- 5- gestão de portfólio: para proprietários de várias instalações ou proprietários no nível empresarial, o BIM permite a reutilização e a determinação de modelos para padronizar o design e a construção, reduzindo, assim, a utilização e os gastos com materiais, além das aplicações de tecnologia em um mesmo portfólio; e;
- 6- otimização do desempenho do imóvel: o BIM permite a gestão integrada de instalações para que a utilização de energia, o planejamento de espaços, e a saúde e conforto dos ocupantes possam ser monitorados e aprimorados.

1.2 PROBLEMÁTICA

Dada a complexidade envolvida no planejamento e construção de um aeroporto, a realização dessas tarefas depende da integração de diversas áreas correlatas, representadas por profissionais como engenheiros mecânicos, arquitetos, engenheiros civis, engenheiros aeronáuticos e ambientais. Por essa razão, é fundamental a utilização de tecnologias compatíveis, que permitam agilidade, integração dos sistemas e de dados nas diferentes etapas desde o planejamento à construção, durante todo o ciclo de vida da edificação. Sistemas computacionais inteligentes para a prática integrada, desde a fase de concepção até a execução e manutenção de um projeto de arquitetura representam um grande diferencial no ambiente organizacional e de negócios atualmente. Em outros países do mundo, como China, Inglaterra, Estados Unidos, Alemanha, entre outros, as aplicações do tipo “BIM” já são realidade em grandes obras de diferentes áreas, inclusive na aeroportuária como, por exemplo, no “Terminal Five” do Aeroporto de “Heathrow” na Inglaterra.

Entretanto, no Brasil essa tecnologia é bastante incipiente e ainda não foi implementada ou testada no sistema aeroportuário. A realização de estudos dessa natureza é imprescindível, dada a grande velocidade com que mudanças, tanto tecnológicas como de mercado acontecem no setor da aviação civil. Um bom exemplo é a constante evolução das aeronaves e dos sistemas de aeronavegabilidade, demandando adaptações em infraestrutura aeroportuária. Variações de mercado podem afetar o modelo do negócio, podendo influir nas necessidades impostas ao subsistema de infra-estrutura na administração aeroportuária. Tais variações são uma constante no setor, além de fatores como a exigência de execução de projetos e de obras em tempos muito curtos, eficiência operacional na gerência das atividades aeronáuticas, comerciais e de segurança envolvidas no processo do transporte de passageiros e de carga aérea. As barreiras na implementação de um sistema de gestão de informação de projeto e de obra se devem, em grande parte, à falta de conhecimento de projeto no Brasil destas novas tecnologias, aliado ao fato de que sua implementação exige a revisão de muitas das práticas profissionais vigentes. Somente a pesquisa em novas ferramentas, e métodos computacionais poderá amparar e viabilizar tais mudanças.

Limitações da indústria da construção, tais como custos de projetos e sistemas de controle de obra, gestão de contratos e documentação riscos envolvidos no processo e a direção que se toma no sentido de integração e automação dos processos de projeto, justificam a necessidade do desenvolvimento de técnicas para gerenciar a representação e a circulação da informação, baseado em métodos de classificação, contida nos documentos de projetos. São elas: uso intenso de mão-de-obra desqualificada; falta de política de recursos humanos; baixa produtividade; ausência de integração entre as várias etapas que compõem o processo construtivo; carência acentuada de controle de qualidade dos materiais, componentes e serviços; e alto índice de desperdícios: materiais, horas trabalhadas. (Meira, 1998, p. 4).

O projeto e construção e/ou readequação de um terminal de passageiros aeroportuário envolve inúmeras variáveis que devem ser geridas de forma a harmonizar o processo como um todo. Aspectos como eficiência energética e ambiental, racionalidade construtiva, tempo e retrabalho, bem como o emprego massivo de tecnologia exigido atualmente, criaram um grande desafio na gestão da informação contida e gerada ao longo deste processo. O problema levantado é: qual seria a melhor prática no emprego da tecnologia disponível atualmente para gestão da informação no projeto de um Terminal de Passageiros Aeroportuário no Brasil. Tomou-se como estudo de caso o Terminal Satélite Sul do Aeroporto Internacional de Brasília Presidente Juscelino Kubitschek – SBBR.

Atualmente, existe um paradigma tecnológico que se expressa não somente por sabermos utilizar, de forma mais adequada e eficiente, cada tecnologia específica, mas sobretudo por não sabermos resolver os problemas inerentes a cada uma delas.

Não se tem realizado todo o potencial dos métodos de projeção, chamados nesta pesquisa de métodos tradicionais (que se utilizam de ferramentas CAD 2D), e muito menos acham-se resolvidos os problemas de compatibilidade, gestão de informação e interoperabilidade envolvidos no processo. Isto ocorre porque os sistemas computacionais, até pouco tempo, eram utilizados como simples ferramentas, apenas automatizando um processo de projeto que já era praticado pelo arquiteto grego Vitruvius, há pelo menos dois mil anos. Tais métodos tradicionais compreendem inúmeras limitações, tanto na forma de representação de que se utilizam, quanto pela incapacidade de assumir parâmetros que possam expressar determinada condição, requisito ou restrição vindos do mundo real.

Os sistemas BIM vêm contribuir de forma positiva para maior integração das atividades projetuais de arquitetura e construção das empresas. Por meio da possibilidade de um intercâmbio e integração dos atores do processo de projeto por meio da utilização de ferramentas BIM, detalhes, procedimentos e soluções conjuntas. Alguns aspectos importantes do BIM são: avaliação do projeto ao longo da sua elaboração e execução da obra, uma vez que é uma atividade dinâmica; maior rapidez na elaboração e entrega; redução de falhas e interferências nos projetos por meio da sobreposição de projetos; maior precisão, exemplificado na marcação de pontos de instalações (referente ao projeto de produção de alvenaria); e padronização apresentação e detalhes: formação de um modelo virtual de edificação específico para cada tipo de projeto; apud (Corrêa, 2006, p. 55 e 56).

Estas questões são pertinentes ao planejamento aeroportuário, definindo-se como problema primordial a incipiência no gerenciamento de informações de projetos e de obras de engenharia na Infraero. Isso se traduz em processos longos e de difícil documentação, além de oferecer poucos subsídios para a tomada de decisões. Essas questões representam o cerne da problemática desta pesquisa, e deverão nortear a investigação da viabilidade do BIM no processo de projeção e readequação de terminais de passageiros aeroportuários.

Durante muitos anos a Infraero apresentou uma estrutura pouco organizada. Até os anos 80, o processo era encabeçado pela engenharia. Não existia a importância em receita de obras e de áreas como a comercial, que hoje provê grande parte da receita da empresa.

Depois da criação das regionais, a empresa progrediu em sua estrutura. Cada área está buscando uma maior fundamentação na realização de seus processos. A engenharia, neste novo contexto, age em função da requisição e da definição de condicionantes do cliente. A área de engenharia recebe as informações que seriam as melhores para determinado empreendimento específico, e gera soluções funcionais que devem ser corroboradas pelas diversas áreas, gerando um Termo de Referência para contratação de uma empresa projetista que fará o desenvolvimento dos projetos básico e executivo.

No momento da contratação da empresa projetista, gera-se uma Ordem de Serviço. No momento do recebimento, o projeto é submetido ao cliente (interno) para verificação do atendimento aos requisitos fornecidos anteriormente. Antes que os requisitos sejam passados para a área de engenharia, estes são formatados pela área de planejamento para adequação ao Plano Diretor da empresa. Analisadas questões referentes aos custos e benefícios, em cada etapa do projeto, submete-se esta análise ao cliente (interno) para que se posicione em relação às suas necessidades e expectativas de atendimento aos condicionantes e requisitos propostos.

A expectativa desta pesquisa surge da possibilidade de melhora nos processos de engenharia da Infraero por meio da utilização do BIM para criação de um ambiente colaborativo cujas informações são centralizadas em um único arquivo tridimensional e digital. Isso permitirá o usufruto de alguns de seus benefícios e aplicações, tais como: organização da informação e acesso, por meio de ferramentas de buscas para atendimento às demandas de cada etapa do processo de planejamento e execução de uma edificação; identificação dos materiais a serem adquiridos em cada etapa de obra, e na quantidade precisa, por meio de um sistema de controle automatizado da especificação de projetos; análise de dados, identificando áreas de problemas e potencial causa de perda de produtividade, acréscimo de custos, e desvios de qualidade; e geração de conhecimento por meio da customização de uma biblioteca de entidades funcionais de projeto, que poderão ser aplicados em futuras atividades e projetos; (Caldas & Soibelman, 2006, p. 15).

A simulação computacional se presta para antecipar condições futuras, de forma a podermos analisar, ainda nos estágios iniciais de projeto, as implicações das decisões fixadas no processo de projeto. Como poderemos propiciar uma gestão de informação e de documentação eficientes para atender à coordenação e compatibilização de projetos de terminais de passageiros aeroportuários? Quais ferramentas computacionais (softwares) se prestam a isto? O BIM se encaixa neste perfil?

Como elas devem ser utilizadas na gestão do modelo de informações do edifício (BIM)? De que forma a utilização de sistemas computacionais inteligentes (como o BIM) pode atender aos crescentes requisitos impostos à Indústria da Arquitetura e Construção (AEC) no tocante à velocidade de mudanças, como no caso dos terminais de passageiros em aeroportos, respeitando-se os aspectos concernentes à sustentabilidade destas edificações? Ou ainda, a utilização das atuais ferramentas computacionais para gestão da informação do edifício (BIM) justificariam sua implementação em um eventual projeto para construção e/ou readequação de um terminal de passageiros, em termos de ganhos de produtividade, retrabalho e tempo?

1.3 HIPÓTESE

A hipótese deste trabalho é que a utilização do “BIM” facilitará substancialmente a elaboração e gestão de um projeto aeroportuário. Também identificará aspectos que possam contribuir para uma prática arquitetônica eficiente nessa área específica.

1.4 OBJETIVO

1.4.1 Objetivo Geral

O objetivo primário desta pesquisa é estabelecer um modelo de planejamento e de construção para aeroportos no Brasil, estabelecendo um modelo de gestão que compatibilize os atuais processos da Infraero com as necessidades específicas deste processo. Praticamente não existem estudos neste sentido e que possam determinar o impacto que sua implementação causaria, bem como os benefícios a serem colhidos. Nesse sentido, o presente estudo tem como objetivo desenvolver, implementar e avaliar um modelo com tecnologia BIM aplicado à infraestrutura aeroportuária.

O escopo desta pesquisa é a investigação sobre como melhor planejar e projetar aeroportos com a utilização das tecnologias computacionais disponíveis atualmente por meio de um estudo de caso do Projeto do Terminal de Passageiros “Satélite Sul” do Aeroporto Internacional de Brasília – DF.

Dessa maneira, pretende-se investigar de que forma os sistemas computacionais podem otimizar o planejamento e a construção de estruturas desse nível de complexidade e, com isso, contribuir para a atualização do segmento aeroportuário no Brasil, representado pela Infraero.

1.4.2 Objetivos Específicos

Avaliar os aspectos de infraestrutura e gestão do Terminal de Passageiros “Satélite Sul” do Aeroporto Internacional de Brasília, pertinentes à implementação de um modelo com o sistema BIM. Construção e simulação de um modelo com o sistema BIM para o Terminal de Passageiros “Satélite Sul” do Aeroporto Internacional de Brasília. Avaliar o modelo com o sistema BIM, em função das principais limitações e vantagens do modelo à realidade da Infraero, e por meio de uma análise comparativa com o método de projeção tradicional, adotado pela Infraero.

1.5 JUSTIFICATIVA

Busca-se maior qualidade na elaboração dos edifícios atuais do que nas construções feitas no passado. No mundo inteiro existe uma cultura emergente de prática integrada. No entanto, no Brasil o emprego das ferramentas que possibilitam uma prática integrada de projeto e de obra é ainda muito reduzido.

Existem muitas lacunas no conhecimento de tecnologias emergentes para a indústria da arquitetura e construção no Brasil, representadas pela dificuldade em interoperabilidade de dados, da melhor forma de se integrar o mundo digital e o físico e ainda pela pesquisa na melhor forma de utilização das tecnologias disponíveis atualmente. Tais lacunas precisam ser pesquisadas, no sentido de se adequar as tecnologias tradicionais ao contexto dos novos recursos computacionais, como o BIM, por exemplo, inseridas dentro dos processos específicos de cada caso. Tendo em vista a necessidade do setor de planejamento aeroportuário no Brasil não sofrer defasagem com relação às tecnologias e tendências atuais em gestão da informação de projeto e de obra aplicadas em grandes projetos, é essencial que sejam realizados estudos que visam implementar, testar e difundir a tecnologia de BIM no Brasil.

O atendimento aos requisitos operacionais, estruturais, comerciais e formais é apenas uma das muitas atribuições de um moderno Terminal de Passageiros. A gestão da documentação e a necessidade de compatibilização entre as diversas áreas de projeto e sua coordenação com a etapa de obra são realmente um grande desafio atualmente.

O atual sistema de administração e de provimento da infraestrutura aeroportuária brasileira carece de um modelo de gestão que não só documente e sistematize as informações do processo, mas que possa inferir neste banco de dados para a tomada de decisões estratégicas para a Infraero, empresa que administra 67 aeroportos brasileiros.

Acredita-se que um sistema computacional BIM seja ferramenta adequada para a projeção de terminais de passageiros aeroportuários, mesmo considerando os aspectos negativos de sua implementação, que exige treinamento e a mudança de alguns processos encontrados no sistema tradicional (descentralizado).

Pretendeu-se investigar quais seriam as maiores vantagens e desvantagens em sua utilização, bem como em quais fatores estariam expressos os maiores ganhos, como nas variáveis: tempo, retrabalho e produtividade. Isso permitiu traçar um panorama da utilização desta ferramenta na gestão e coordenação de projetos em terminais de passageiros aeroportuários. Entende-se que grande parte das respostas para a realização de uma tarefa que envolve inúmeras áreas diferentes reside na integração dos processos, de forma a ser possível gerir a informação desde a sua fase de incubação (Projeto Básico) até a fase de execução (Projeto Executivo).

Isso pode ser feito por meio de um modelo único de informações que, além de uma modelagem tridimensional, traz consigo informações sobre os insumos e serviços vinculados a um cronograma físico-financeiro. O propósito não é apenas quantificar os benefícios de sua utilização, mas apontar possíveis caminhos ou melhores práticas ao seu emprego, e que possibilitem sua adoção no planejamento e na construção de Terminais de Passageiros Aeroportuários no Brasil.

Um modelo BIM fornece ao gestor a capacidade de modelar a informação enquanto mantendo a documentação permanentemente atualizada. Ele também elimina a duplicidade de informação e auxilia a integração multiplataforma, para diferentes softwares. A utilização de um sistema BIM, submetido a diferentes avaliações em softwares de simulação, pode contribuir para o desenvolvimento do processo de projeto de Terminais de Passageiros Aeroportuários no Brasil. Um sistema de gestão de informações pode se tornar em muito pouco tempo uma forma viável para projetistas se inserirem ou se manterem no mercado, frente a esses novos paradigmas.

1.5.1 Dificuldades

A maior dificuldade existente no emprego do BIM reside na revisão e na adoção de novas metodologias de trabalho, alterando as práticas diárias de uma empresa. Por isto, este estudo investiga os benefícios da utilização de um sistema BIM para o projeto e a construção de Terminais de Passageiros Aeroportuários, bem como as possíveis lacunas neste processo e os fatores críticos de sucesso em sua implementação. A cadeia produtiva da construção civil, por caracterizar-se como uma indústria fragmentada onde não existem empresas que possam influenciar significativamente o mercado, apresenta também sérias dificuldades de agregação da informação de todo o setor, devido à dispersão dos dados e a heterogeneidade dos agentes participantes (Jacoski e Lambert). Esse problema não é apenas detectado em relação à cadeia produtiva, mas é um reflexo do que ocorre internamente dentro de cada empresa. O fluxo de informações entre departamentos, projetos e setores em geral, acontece de forma dispersa e muitas vezes sem controle.

1.5.2 Desafios do processo de projeto que utiliza o BIM

Desafios de Colaboração: o BIM oferece novos métodos para colaboração, refletidos no processo de projeto e de tomada de decisões. Determinar os métodos que permitam compartilhar adequadamente as informações do modelo pela equipe de projeto é algo valioso. (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2008, p. 21 a 23).

Mudanças legais para Propriedade de Documentação e Produção: preocupações legais representam grandes desafios quanto às responsabilidades envolvidas. À medida que os proprietários aprendam mais sobre as vantagens do BIM, eles exigirão um modelo do edifício para apoiar as operações do edifício, sua manutenção e renovações subseqüentes. (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2008, p. 21 a 23).

Mudanças em práticas e na utilização da Informação: Integrando projeto e construção, empresas serão capazes de coordenar todas as fases do projeto. A mudança mais significativa que companhias enfrentam quando implementam a tecnologia BIM é utilizar o modelo do edifício de forma colaborativa, e lidar com as responsabilidades envolvidas. O desafio imposto exige análises e avaliações das práticas atuais e dos processos envolvidos no projeto de arquitetura e no planejamento e construção de edificações. (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2008, p. 21 a 23).

Importância

Segundo Caldas e Soibelman (2002), devido às limitações da Indústria da Construção e a direção que se toma no sentido de integração e automação dos Processos de Projeto, justifica-se a necessidade do desenvolvimento de técnicas para gerenciar a circulação da informação, baseada na automação dos métodos para classificação dos documentos de projetos.

Alguns benefícios e aplicações no sentido desta metodologia são apresentados:

- 1- organização da informação e acesso, por meio de ferramentas de buscas;
- 2- identificação dos materiais a serem adquiridos, bem como, com um sistema de controle, automatização do acesso por meio da especificação de projetos;
- 3- análise de dados, identificando áreas de problemas e potencial causa de perda de produtividade, acréscimo de custos e desvios de qualidade; e
- 4- geração de conhecimento extraído de tarefas, que pode ser aplicado em futuras atividades e projetos.

1.5.3 Benefícios do processo de projeto que utiliza o BIM

Benefícios de “pré-construção” para proprietários: antes que os proprietários contratem um arquiteto, é necessário determinar qual será o tamanho do edifício, seu nível de qualidade, definir um programa de necessidades dentro de um determinado custo e tempo. Se estas perguntas puderem ser formatadas com precisão, os proprietários saberão que suas metas são exequíveis. (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2008, p. 16 a 21).

Desempenho do edifício e qualidade: desenvolver um modelo esquemático antes de gerar um modelo detalhado do edifício permite uma avaliação mais cuidadosa do esquema proposto para determinar se satisfaz às exigências funcionais e sustentáveis do edifício. (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2008, p. 16 a 21).

Benefícios de projeto: o modelo 3D é construído diretamente no software de BIM em lugar de ser gerado de múltiplas vistas em 2D. Pode ser usado para visualizar o projeto em qualquer fase do processo de projeção e a expectativa é de que seja consistente em todas as fases. (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2008, p. 16 a 21).

Correções automáticas quando são feitas mudanças no projeto: os objetos são controlados por regras paramétricas que asseguram que o modelo 3D será construível (exequível). Isto reduz a necessidade do usuário para administrar mudanças de projeto. (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2008, p. 16 a 21).

Desenhos 2D precisos e consistentes em qualquer fase do projeto: o BIM proporciona desenhos precisos e consistentes para os objetos do projeto porque eles resultam diretamente dos modelos 3D - não são executados como desenhos. Isto reduz significativamente a quantidade de tempo e a quantidade de erros associada às tarefas de desenhos do edifício para todas as disciplinas de projeto. Quando uma mudança de projeto é efetuada, são gerados desenhos completamente consistentes que refletem essas modificações. (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2008, p. 16 a 21).

Contribuição antecipada das disciplinas de projeto: a tecnologia BIM facilita o trabalho simultâneo das várias disciplinas de projeto. Isto encurta o tempo de projeção e reduz significativamente os erros de projeto e eventuais omissões. Também antecipa a visualização de problemas de projeto e apresenta oportunidades para um projeto ser melhorado continuamente. (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2008, p. 16 a 21).

Checagem das intenções de projeto: o BIM provê visualizações 3D das áreas do edifício e quantitativos de materiais, permitindo estimativas precoces de custo com maior precisão. Para edifícios técnicos (laboratórios, hospitais, aeroportos, etc.), a intenção de projeto está freqüentemente definida de forma quantitativa, e isto permite usar um modelo de edifício para conferir estas exigências. (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2008, p. 16 a 21).

Estimativas durante a fase de projeto: em qualquer fase do projeto, a tecnologia BIM é capaz de extrair quantitativos e relatórios dos espaços construídos que podem ser usados para estimativas de custo. Nas anteriores ao projeto, estimativas de custo são baseadas no custo unitário por metro quadrado. Com o andamento do projeto, quantidades mais detalhadas são disponibilizadas e podem ser utilizadas para estimativas de custo mais precisas e detalhadas. (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2008, p. 16 a 21).

Melhor Eficiência de Energia e Sustentabilidade: a união do modelo do edifício a ferramentas de análise de energia permite avaliação energética do edifício ainda nas fases iniciais de projeto. Isto não é possível com as ferramentas 2D tradicionais. Uma análise de energia executada após o término do processo de projeto reduz as oportunidades para que

modificações sejam implementadas de forma a melhorar o desempenho energético do edifício. A capacidade de trabalhar conjuntamente o modelo de edifício com vários tipos de ferramentas de análise provê muitas oportunidades para melhorar a qualidade de edifício. (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2008, p. 16 a 21)

Sincronização entre o Projeto e o Planejamento da Construção: planejar a construção de um edifício com o BIM requer a modelagem de objetos 3D em um projeto, de forma que seja possível simular o processo concepção e de construção do edifício, além de ser possível visualizar qualquer ponto de vista do edifício. Esta simulação gráfica fornece grande clareza em como o edifício será construído revelando fontes de problemas potenciais e oportunidades para possíveis melhorias (local, pessoas e equipamentos, conflitos espaciais, problemas de segurança, etc.). Este tipo de análise não está disponível nos documentos em papel. (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2008, p. 16 a 21).

Descobrimo antecipadamente os erros de projeto e eventuais omissões: o modelo 3D virtual do edifício automatiza o processo de documentação e a geração dos desenhos, vistas, perspectivas e desenhos em 2D. Torna-se possível identificar os conflitos antes que a obra se inicie. (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2008, p. 16 a 21).

Sincronização entre projeto e construção:

O modelo do edifício completo provê quantidades precisas para todos os materiais e objetos do projeto que podem ser usadas para fins de quantitativos e de especificações. (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2008, p. 16 a 21).

Viabilidade

Na implementação de um sistema BIM em um ambiente de trabalho, será possível perceber mudanças no fluxo de informação e das tarefas de trabalho do processo de projeto. Talvez a diferença mais imediata seja que o sistema tradicional usa muitos arquivos separados para documentar um edifício, ao passo que o BIM possui um arquivo único integrado tridimensional de informação do edifício.

No método tradicional, os arquivos separados são criados individualmente e não existe nenhuma conexão inteligente entre eles. Cada desenho representa um pedaço separado de trabalho e precisa ser administrado e atualizado ao longo do processo de projeto.

Por ser um processo de difícil controle, a possibilidade de existirem dados sem coordenação, a possibilidade de ocorrerem erros é muito alta. A correção manual de desenhos e informações de projeto é um processo tedioso propenso a erros que requer supervisão de projeto e muito trabalho. O BIM fornece uma aproximação diferente para o problema: em lugar de muitos arquivos, trabalha-se com um arquivo único. Toda a informação é consolidada e transmitida em rede a todos os usuários do sistema, e toda a documentação resultante é armazenada em um único banco de dados, garantindo um modelo consistente.

O BIM caracteriza-se pela habilidade de trabalhar em um ambiente de arquivo único onde o projeto e a documentação do edifício acontecem em um modelo holístico. Esta pode ser uma desvantagem se não for encarada de forma séria e cautelosa. Usuários que optarem por fazer alterações sem pensar em como tais mudanças afetarão o modelo, podem causar problemas não intencionais. As mudanças no modelo afetarão o modelo inteiro e o trabalho de outras pessoas da equipe de projeto. Aqui está a raiz do trabalho colaborativo do BIM. A utilização do BIM assume novos processos e tarefas de projeto que nunca estiverem presentes no método tradicional.

O BIM administra o fluxo de informação ao longo do ciclo de vida de um edifício, simulando todos os aspectos do edifício antes de ser construído. Construir informação enquanto se modela constitui uma nova aproximação ao processo de projeto, de análise, e de documentação de edifícios que tiram proveito da tecnologia computacional disponível nos sistemas BIM. A indústria de AEC (arquitetura, engenharia e construção) está à beira de uma mudança de tecnologia e o impacto resultante da utilização dos sistemas BIM é algo revolucionário. Não podemos mais construir sem considerar o edifício como um todo, parte de uma rede maior de fluxos interconectados.

1.6 METODOLOGIA

O presente estudo visa à investigação de quais seriam os benefícios em utilizar o BIM no sistema de projeção ou readequação de terminais de passageiros aeroportuários na Infraero, empresa que administra 67 dos principais aeroportos brasileiros. A fim de se atingir aos objetivos propostos, a coleta de informações foi realizada junto à empresa, por meio de consulta a documentos institucionais. Foram utilizados dados fornecidos pela Área de Engenharia da Infraero – SEDE, em Brasília- DF.

Acredita-se que um caminho promissor seria a utilização de uma ferramenta do tipo “BIM”, capaz de gerenciar o processo de projeto de arquitetura, gerindo a informação e documentação ao mesmo tempo em que permite a simulação antecipada de diversos requisitos referentes ao projeto, por meio de um modelo único tridimensional. Por meio de diagnóstico, pôde-se identificar o momento atual em que a empresa se encontra, por meio de um levantamento dos seus processos internos de projeção e de coordenação/compatibilização de projetos em obras e serviços de engenharia.

Para a verificação desta hipótese, efetuamos uma análise entre as principais diferenças dos métodos de projeção tradicionais usados em um terminal de passageiros, em comparação com aqueles que se utilizam do sistema BIM. O método de estudo incluiu a projeção do referido aeroporto por meio do software “ArchiCad”, da “Graphisoft”, resultando em um modelo tridimensional paramétrico, que foi comparado com o método tradicional de projeção utilizado pela Infraero. Por meio da identificação de onde estariam expressos os maiores ganhos, bem como as maiores dificuldades de implementação, torna-se possível enxergar as vocações e as barreiras do BIM, para o projeto de terminais de passageiros aeroportuários.

O presente estudo propõe-se a documentar e delinear o processo de projeção na ferramenta “BIM”, ao longo da modelagem do estudo de caso. Isso ajuda a identificar as etapas primordiais e a estrutura conceitual que representa o processo, pois por meio da definição das projeções e tendências futuras em casos semelhantes, ocorridos em outros países torna-se possível proposição de melhorias para a gestão de informação em projetos de terminais de passageiros para a Infraero Sede. Fizemos um diagnóstico do planejamento e da coordenação de projetos de terminais de passageiros aeroportuários realizados pela Infraero – Sede, em Brasília, DF, para identificar aspectos positivos e negativos envolvidos no processo.

Os fatores que foram analisados são:

- tempo, importante na execução de projetos e de obras, e intimamente ligado ao custo;
- retrabalho, fator indesejável, pois envolve desorganização e/ou serviços inadequados no processo produtivo.

Essas duas variáveis são fatores contribuintes para a eficiência, significando a execução de determinada tarefa em menor tempo e a um custo mais baixo, a fim de avaliar a eficiência da ferramenta BIM no gerenciamento destas variáveis em comparação ao método tradicional de projeção.

Levando-se em consideração as variáveis tempo e re-trabalho, identificamos os aspectos do projeto que são objeto de mudança e benefícios devido à utilização do sistema BIM. Tempo: por meio da projeção do “Satélite Sul” do Aeroporto de Brasília, efetuamos a comparação do número de passos em cada método de projeção, o tradicional (CAD) e o que se utiliza do sistema BIM.

Os dados foram comparados para que se tornasse possível a definição de em quais fases do processo estariam alocadas as diferenças mais visíveis. Por exemplo, se na tarefa de desenho, modelagem, ou ainda na colocação de cotas e textos. Retrabalho: por meio da simulação de modificação no projeto do Satélite Sul analisamos os passos necessários para a tarefa de re-trabalho, e os resultados foram comparados de forma a indicar em quais etapas estariam as diferenças mais perceptíveis.

Ao longo da pesquisa, serão levantadas as seguintes questões:

- 1- quais são as principais diferenças que estão sendo investigadas entre o método de projeção tradicional de um TPS e o método que utiliza o sistema “BIM”?
- 2- quais são as principais dificuldades na implementação de um sistema do tipo BIM na Infraero, e por quê?
- 3- quais os fatores que justificariam sua implementação, e por quê?

As questões periféricas deste estudo concernem às dificuldades de implementação de um sistema BIM em uma empresa construtora e administradora de aeroportos, como a Infraero, por exemplo. Os aspectos relacionados às boas práticas integradoras de processos de projeto e de obra serão também investigados para identificação de possíveis gargalos ou pontos críticos de sucesso no processo como um todo. Portanto, uma das grandes questões desta pesquisa é como o BIM pode ajudar na troca de informação e integração entre os agentes intervenientes nos processos de projeção de terminais de passageiros desenvolvidos pela Infraero.

1.6.1 Objeto de Estudo



Figura 1: representação Gráfica dos Terminais Satélite Sul e Norte do Aeroporto Internacional de Brasília – Juscelino Kubitschek.

Fonte: Infraero, obtido por meio do endereço: <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=471620>.

O estudo limita-se ao Projeto do Terminal de Passageiros Satélite Sul do Aeroporto Internacional de Brasília (Figura 1.1).

Foi escolhido o Aeroporto Internacional de Brasília como estudo de caso, devido ao fato de seu projeto ter sido feito de acordo com as normas e práticas atuais da Infraero.

O recorte ocorreu ao analisarmos apenas os requisitos e os processos de obras e serviços de engenharia, em que se contemplam os projetos e a compatibilização dos mesmos para que a obra possa ser executada.

Etapas necessárias para verificação da Hipótese:

- 1- modelagem do TPS – “Satélite Sul” do Aeroporto de Brasília no BIM – “ArchiCad”;
- 2- representação do TPS no “AutoCad” e detalhamento de todos os passos necessários para isso;
- 3- comparação do número de passos necessários para cada etapa de projeto, como o desenho ou modelagem do edifício, a colocação de cotas e de textos, a criação de pranchas de trabalho, e a geração de vistas, cortes e fachadas do projeto (1 e 2), os fluxos de cada processo de projeto, bem como a forma como a modelagem e as alterações são possíveis em cada método, de forma a expressarem as variáveis tempo e re-trabalho de ambos os métodos (BIM e o tradicional);
- 4- determinação da existência ou não de fases definidas em cada processo de projeto;
- 5- generalização de tendências decorrentes das variáveis 1 e 2, revisão e análise;
- 6- recomendações a respeito da aplicação de sistemas BIM para planejamento e construção de Terminais de Passageiros Aeroportuários no Brasil.

1.6.2 Método de Investigação

A verificação da hipótese foi realizada por meio de uma análise entre as principais diferenças entre os métodos de projeção tradicionais, amplamente utilizados pela Infraero em Projetos de Terminais de Passageiros, em comparação com aqueles que se utilizam do sistema BIM como ambiente de trabalho.

Esta comparação serviu para identificar quais são os obstáculos à implementação de um sistema inteligente de gestão de projetos e de obras na empresa. Os procedimentos desta pesquisa foram estreitamente documentados para que no futuro possam ser replicados. A abordagem escolhida para investigar o tema foi a comparação entre o método de projeção tradicional, empregado pela Infraero no projeto do Satélite Sul do Aeroporto Internacional de Brasília - SBBR, e o método que se utiliza da ferramenta BIM.

1.7 ORGANIZAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa está organizada em dois aspectos distintos:

- 1- estudo de caso do terminal de passageiros do aeroporto de Brasília;
- 2- investigação sobre as boas práticas para o Projeto de Terminais de Passageiros Aeroportuários (TPS) com auxílio da tecnologia computacional disponível atualmente.

As questões específicas do presente estudo são:

Quais são as principais diferenças entre o método de projeção tradicional de um terminal de passageiros aeroportuários (TPS) e o método que utiliza o sistema BIM?

Quais são as principais dificuldades em sua implementação na Infraero, e por quê?

Quais os fatores que justificariam sua implementação, e por quê?

1.7.1 MÉTODO DE PESQUISA

Uma pesquisa metodológica correta deve desenvolver uma sistemática ou método para coleta de informações a fim de oferecer confiança nos dados de pesquisa (Singleton e Straits, 2005). Isto é importante porque uma pesquisa metodológica não confiável pode gerar distorções e parcialidades na análise que desencaminhariam os resultados finais, retirando a legitimidade da pesquisa realizada.

Os métodos de pesquisa que foram utilizados nesta pesquisa serão: modelagem BIM do Terminal de Passageiros do SBBR; e análise comparativa de dados entre os dois modelos;

1.7.2 Método Para Estudo de Caso

Um estudo de caso é um valioso método de pesquisa que pode, mediante a representação de eventos atuais, ilustrar os conceitos teóricos. Esse método é indicado para investigação de eventos contemporâneos, quando os comportamentos relevantes não podem ser manipulados (Yin, 1994), como é o caso desta pesquisa. A pesquisa do estudo de caso deve ser avaliada a partir de testes largamente utilizados para determinar a qualidade de um estudo de caso.

1.7.3 Modelagem do Estudo de Caso

A presente pesquisa deverá obedecer às seguintes etapas quanto ao objeto do estudo de caso:

- 1- modelagem de uma parte do Aeroporto Internacional de Brasília, em conformação com o projeto da Infraero, em um sistema BIM (CAD4D);
- 2- análise para definição do método de projeção utilizado e de desempenho das variáveis escolhidas (tempo, re-trabalho e produtividade);
- 3- modelagem de uma nova proposta para o aeroporto escolhido no sistema BIM; e
- 4- comparação entre os resultados entre os modelos do aeroporto existente e o modificado.

1.8 ESTRUTURA DA MONOGRAFIA

Este trabalho é composto de cinco capítulos. A introdução reproduz as bases de elaboração do trabalho além de uma visão simplificada dos problemas que afetam o Processo de Projeto, especialmente o de Terminais de Passageiros Aeroportuários.

O segundo capítulo apresenta os fundamentos teóricos utilizados para a elaboração dos conceitos abordados nesta pesquisa, revelando a origem do conhecimento que está sendo disseminado por intermédio desta monografia.

O terceiro capítulo trata sobre o desenvolvimento da pesquisa, detalhando o método de investigação, as etapas de pesquisa, o estudo comparativo entre os dois processos de projeto estudados e a definição dos critérios de comparação e de pesquisa.

O quarto capítulo expõe a análise dos resultados do estudo comparativo entre o processo de projeto que utiliza o ArchiCAD e o que utiliza o AutoCAD, por meio da análise qualitativa e quantitativa dos resultados, além da análise realizada pela simulação de re-trabalho da sala de embarque remoto do “Satélite Norte” do Aeroporto de Brasília.

O quinto capítulo generaliza as tendências refletidas na análise do estudo de caso, apontando para caminhos na resolução dos problemas envolvidos nestas variáveis.

Finalmente, conclui-se o trabalho com o reconhecimento predominante das dificuldades que o setor enfrenta, tendo como alternativa viável a adoção de sistemas computacionais inteligentes, como o BIM, para gerenciar o processo de projeto em terminais de passageiros aeroportuários, bem como subsidiar a tomada de decisão e a gestão da documentação ao longo desse processo.

2- FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1- CONCEITOS BÁSICOS

“Building Information Modeling” – BIM

O registro mais antigo do conceito que nós conhecemos hoje como BIM foi publicado em “Building Description System” no extinto “AIA Journal” de autoria de Charles M. "Chuck" Eastman, então na Universidade de Carnegie-Mellon, 1975: “...definição interativa de elementos... derivação de planos, isométricas ou perspectivas da mesma descrição de elementos... Qualquer mudança no arranjo só será feita uma vez para todos os desenhos futuros a serem atualizados.

Todos os desenhos derivados do mesmo arranjo de elementos seriam automaticamente atualizados de forma consistente... análises quantitativas pode ser feitas diretamente no modelo... Estimativas de custos e de materiais podem ser geradas facilmente... provendo um único banco de dados integrado para análises visuais e quantitativas... verificação de código de edifício automatizada em prefeituras ou no escritório do arquiteto. Contratantes de grandes projetos podem achar esta representação vantajosa para cronogramas e quantitativos de materiais.” (Eastman 1975).

BIM está começando a mudar o modo como nós conhecemos os edifícios, o modo que eles funcionam, e os modos pelos quais eles são construídos. O termo "BIM" descreve uma atividade intencional e constante (a modelagem de informações do edifício), em lugar de um objeto (modelo de informações do edifício).

O BIM não é uma coisa ou um tipo de software, mas uma atividade que envolve mudanças de processo nos processos de projeção e de construção. (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2008, p. vii).

2.2 DEFINIÇÕES DE BIM

Podemos definir BIM como uma tecnologia de modelagem tridimensional associada aos diversos processos de concepção, análise, documentação e comunicação referentes ao edifício.

Modelos BIM são caracterizados por:

- componentes Construtivos, que são representados digitalmente e de forma inteligente (objetos) que “sabem” o que eles são, ou seja, estão associados a dados, atribuições e regras paramétricas inseridas no modelo gráfico;
- componentes que incluem dados que descrevem como eles se comportam, sendo utilizados para análises de processos de trabalho, por exemplo, especificações de materiais, análises energéticas da edificação, etc.
- dados consistentes e não-redundantes, de tal forma que eventuais mudanças estejam representadas em todas as vistas do componente; e
- coordenação de dados, tal forma que sejam representadas todas as vistas de um modelo de modo coordenado. (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2008, p. 12 a 16).

No sistema BIM existe uma base de dados vinculados, o que implica que cada vez que um usuário faz uma mudança, ocorre a atualização da base de dados e seus respectivos documentos, de forma que todo o projeto se atualiza, sem que haja informação repetida, ou perda de informações como no método tradicional.

A colaboração entre os membros das equipes de projeto passa a girar em torno de um modelo mestre baseado nas informações necessárias para o planejamento e construção de um edifício. Em sistemas CAD- BIM, os componentes do edifício são objetos digitais codificados que descrevem e representam os componentes do edifício da vida real. Por exemplo, um objeto parede é um objeto com propriedades de paredes e age como uma. Isto quer dizer que este objeto é representado por dimensões como comprimento, largura e altura como também possui seus atributos parametrizáveis como materiais, finalidade, especificações, fabricante e preço. E permite componentes como janelas e portas. Um objeto pode ter um jogo finito de parâmetros que dita sua forma. A codificação do objeto inclui estes parâmetros, e isto previamente requer conhecimento dos parâmetros envolvidos dentro da criação do objeto real. Em sistemas CAD - BIM, os componentes do edifício são objetos digitais codificados que descrevem e representam os componentes do edifício da vida real.

Por exemplo, um objeto parede é um objeto com propriedades de paredes e age como uma. Isto quer dizer que este objeto é representado por dimensões como comprimento, largura e altura como também possui seus atributos parametrizáveis como materiais, finalidade, especificações, fabricante, e preço. E permite componentes como janelas e portas. (Crespo & Ruschel, 2007, p. 2).

A base de um sistema BIM é o banco de dados que, além de exibir a geometria dos elementos construtivos em três dimensões, armazena seus atributos e, portanto, transmite mais informação do que sistemas tradicionais do tipo CAD. Um sistema BIM representa objetos construtivos específicos ao invés de entidades geométricas genéricas.

"Esse sistema de projeto estimula a experimentação, diminui conflitos entre elementos construtivos, facilita revisões e aumenta a produtividade" (Florio, 2007, p. 4 A 11). "O BIM é mais que a modelagem de um produto, uma vez que procura englobar todos os aspectos relativos à edificação: produtos, processos, documentos, etc. A implementação de um sistema BIM resulta em alteração do método de trabalho convencional, uma vez que estabelece um novo fluxo de trabalho e de gerenciamento da informação, podendo proporcionar, por meio dos recursos disponíveis: (Ferreira, 2007); apud (Coelho & Novaes, 2008, p. 3):

- 1- vantagem desde a concepção, pois requer definição das propriedades e hierarquias diversas entre os objetos modelados. Isto permite ajustar automaticamente quaisquer mudanças em função dos parâmetros pré-definidos. O inter-relacionamento entre os objetos permite que a modificação da altura de uma laje, por exemplo, acarrete ajustes automáticos na altura das paredes que estão conectadas à mesma.
- 2- aumento de produtividade, devido à visualização antecipada e à capacidade de análise de dados aprimorada, podendo-se simular diversos partidos de projeto em comparação aos requisitos de custo, técnicos, ambientais e do contexto em que o empreendimento se insere. (Florio, 2007, p. 4 a 6).
- 3- melhoria da qualidade nas apresentações gráficas, integrando a documentação de projeto com apresentações multimídia, "renderizações", animações gráficas, etc. (Florio, 2007, p. 12).

A adoção de sistemas BIM no mercado da construção civil será gradual e em um primeiro momento coexistirá com os desenhos gerados por softwares CAD em 2 dimensões e modelos em 3 dimensões, Modelagem de Informações para Construção (BIM) e ambientes colaborativos para gestão de projetos na construção civil.

Por serem indispensáveis para orientação das equipes que executarão *in loco* os projetos, os modelos 2D continuam existindo no BIM. A diferença é que, como todos os outros documentos, esses arquivos eletrônicos estão permanentemente vinculados ao banco de dados da obra. (COELHO & Novaes, 2008, p. 3).

Qualquer alteração realizada no modelo tridimensional é automaticamente atualizada em todos os arquivos bidimensionais e vice-versa, dispensando revisões mais detalhadas. A vantagem é mais visível em projetos complexos, com centenas de plantas e cortes.

As ferramentas “BIM”, constituídas de *softwares* de alta capacidade para o processamento de imagens e gráficos, combinam gerenciamento da construção e modelagem virtual do empreendimento a ser realizado, tornando possível a gestão coordenada entre projetistas e gerentes de construção lado a lado com o arquiteto, o engenheiro de estruturas e outros técnicos. (Coelho & Novaes, 2008, p. 6). O BIM apóia as tomadas de decisão e facilita testes de soluções alternativas, alterações e atualizações em um modelo mestre. A partir deste é possível extrair as informações necessárias nos vários momentos do projeto nas várias formas relevantes: desenho técnico, modelo digital, tabelas de medições, mapas de vãos, etc. (Crespo & Ruschel, 2007, p. 4). É fundamental, para a obtenção da qualidade, que o empreendedor valorize a fase de projeto. Na defesa desse ponto de vista, pode-se citar as considerações feitas pelo grupo do “*Construction Industry Institute*” - CII acerca da importância das fases iniciais do empreendimento. Afinal, nestas primeiras fases, as decisões tomadas oferecem a maior capacidade de influenciar o custo final. Esta influência é ilustrada pela figura 2.1:

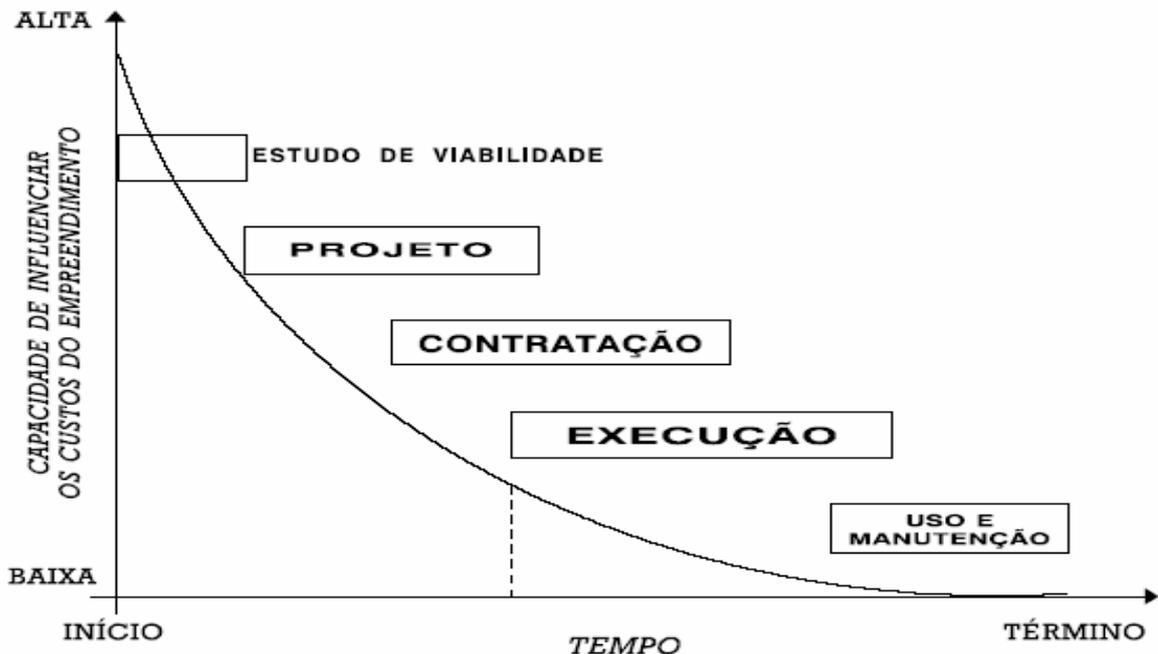


Figura 2: capacidade de influenciar o custo final de um empreendimento ao longo de suas fases. Fonte: (Vale, 2006, p. 123).

Outros autores (HAMMARLUND & JOSEPHSON, 1992) também defendem a idéia de que as decisões tomadas nas fases iniciais do empreendimento são importantes, atribuindo-lhes a principal participação na redução dos custos de falhas do edifício, como pode ser visto na figura 2.2.

A importância atribuída pelos autores às fases iniciais do empreendimento, do estudo de viabilidade à conclusão do projeto, em que, apesar do baixo dispêndio de recursos, concentra-se boa parte das chances de redução da incidência de falhas e dos respectivos custos, denota uma das grandes vantagens do processo de projeto que utiliza o BIM, pois permite uma melhor integração dos dados e conseqüentemente uma melhor análise e tomada de decisão ao longo do processo de concepção..

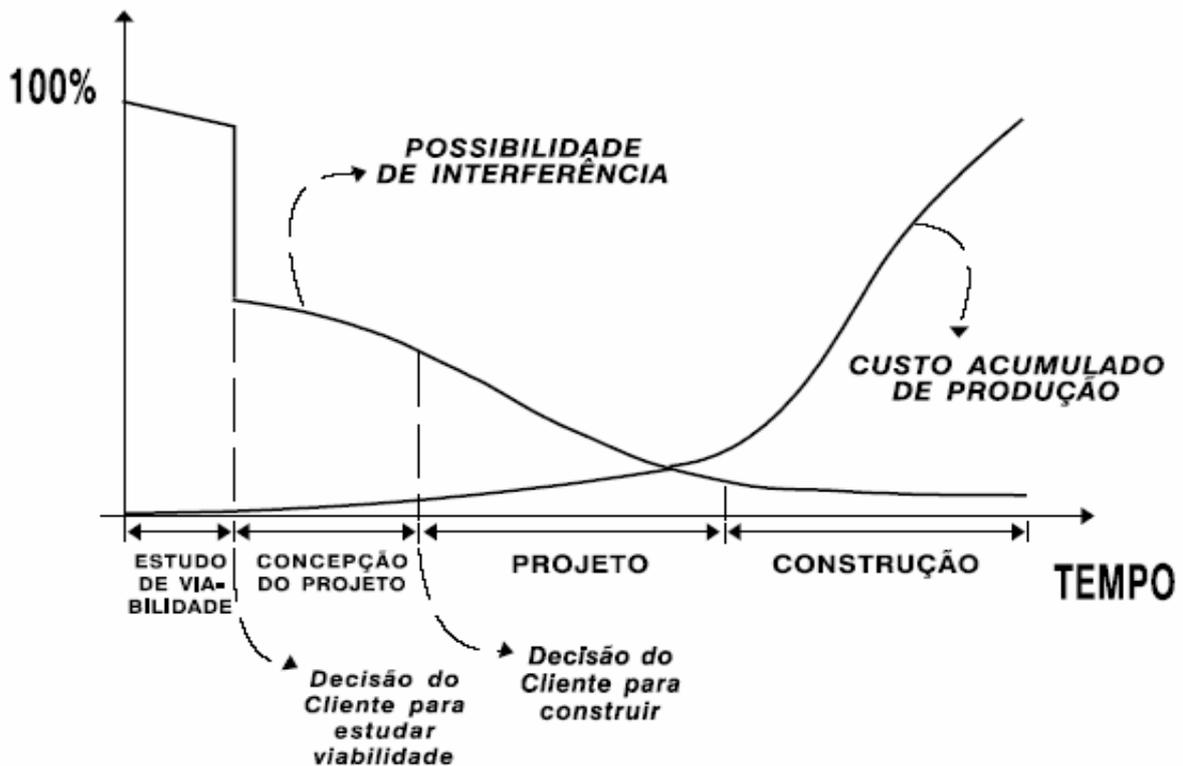


Figura 3: o avanço do empreendimento em relação à chance de reduzir o custo de falhas.

Fonte: (Hammarlund & Josephson, 1992, p. 32), apud (Vale, 2006, p. 124).

Softwares com a tecnologia de BIM

Diversos sistemas BIM estão atualmente no mercado, oferecendo plataformas comumente chamadas de Modelo de Informações do Edifício.

Os mais conhecidos são o Revit e o AutoCAD-ADT, da Autodesk, o Bentley Architecture, o ArchiCad, da Graphisoft, o Digital Project, da Gehry Technologies, o Tekla Structures, da Tekla Corp. e o DProfiler, da Beck Technologies. A seguir apresentamos as principais características de cada um:

- 1- Revit- é considerado o líder de mercado e talvez a melhor ferramenta atualmente para uso do BIM no processo de projeto arquitetônico. Seus pontos fortes são a facilidade de aprendizado e interface amigável ao usuário, possui uma grande variedade de bibliotecas disponíveis, inclusive por terceiros. Possui atualização automática de documentação e suporta operações simultâneas de mais de um utilizador. Os pontos fracos são a forma com que se utiliza da memória do computador, com perdas significativas de desempenho para grandes projetos. Ele também não oferece suporte para superfícies curvas complexas; (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2008, p. 57 a 64).
- 2- AutoCAD ADT- modelador anterior ao Revit, permite a transição dos desenhos 2D para 3D. Possui uma série de objetos que, apesar de não serem totalmente paramétricos, possuem uma série de funcionalidades que incluem comportamentos específicos de cada um destes objetos. Seus pontos fortes são a facilidade de utilização para usuários que já se utilizam do AutoCAD comum. Sua limitação fundamental é que ele realmente não é um modelador paramétrico, que tem por característica aceitar regras e atributos do usuário; (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2008, p. 57 a 64).
- 3- Bentley Arch.- O sistema BIM da Bentley para arquitetura foi introduzido em 2004, sendo uma evolução do programa Triforma. Possui módulos que se integram ao de arquitetura, como: Bentley Structural, Building, Mechanical systems Electrical Systems, Facilities, Power Civil (para planejamento do sítio) and Generative Components. São aplicativos baseados em arquivos, salvando as alterações de forma que se utilizam pouco da memória do computador. Como ponto forte, a ferramenta BIM da Bentley oferece uma ampla gama de aplicativos que abrangem, de forma genérica, todo o escopo da área da Arquitetura e Construção. Constitui-se numa ferramenta indicada para grandes empreendimentos. Seus pontos fracos são: a dificuldade de utilização dos variados aplicativos, tornando difícil seu aprendizado; e limitação no número de biblioteca de objetos, se comparado com produtos similares. (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2008, p. 57 a 64).

- 4- ArchiCad- A mais antiga ferramenta BIM do mercado hoje em dia. A Graphisoft começou a comercializar o ArchiCad no início dos anos 80, e atualmente é o único aplicativo BIM disponível para o Apple Macintosh. Recentemente, este software foi adquirido pela Nemetschek, uma empresa alemã popular de CAD. O ArchiCad suporta diversas interfaces diretas com outros softwares, como o Maxon, para modelagem de superfícies curvas, ArchiFM, que gerencia infra-estrutura, possuindo integração com o SketchUp. Possui uma interface intuitiva, que facilita o aprendizado, sendo relativamente simples sua utilização. Possui grande diversidade de bibliotecas de objetos. Seus pontos negativos são algumas limitações em sua capacidade paramétrica, que não oferece suporte para algumas operações booleanas, ou seja, adição, subtração e intersecção de sólidos. Por ser um aplicativo baseado no uso da memória do computador, oferece restrições no escalonamento de grandes projetos. Aconselha-se a dividir grandes projetos em módulos por questões de desempenho; (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2008, p. 57 a 64).

- 5- Digital Project- Desenvolvido pela Gehry Technologies, representa uma customização para edifícios do CATIA Dassault, a mais utilizada plataforma de modelagem paramétrica do mundo nas indústrias aeroespacial e automotiva. A estrutura lógica do CATIA divide-se em módulos, chamados de Workbenches. A customização feita pela Gehry Technologies trouxe uma série de novas funcionalidades à base CATIA de gerenciamento de infraestrutura e projeto. O Digital Project oferece poderosa capacidade de modelagem paramétrica, sendo este um dos seus pontos mais fortes. Possui também a capacidade de modelagem direta de grandes complexos de informação do edifício. Seu ponto fraco é a dificuldade de aprendizado em sua utilização, além de possuir uma biblioteca de objetos bastante limitada. Ainda é uma ferramenta em desenvolvimento, que aos poucos deverá conquistar espaço no mercado e gerando o desenvolvimento de novas bibliotecas de objetos por terceiros; (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2008, p. 57 a 64).

- 6- Tekla Structures- Desenvolvido pela Tekla Corp; companhia finlandesa fundada em 1966, com escritórios espalhados por todo o mundo. Possui divisões de Edifícios e Construção e Infraestrutura e Energia. Para atender à demanda dos fabricantes de concreto pré-fabricado, representados pela Precast Concrete Software Consortium, a funcionalidade do software foi estendida para suportar interfaces de fabricação digital para estruturas de concreto e fachadas de edificações. Seu ponto forte é principalmente

sua grande versatilidade em modelar estruturas que incorporam todo tipo de materiais e detalhamentos das estruturas. Como fator negativo, como toda ferramenta complexa, exige tempo e treinamento para que o usuário possa se utilizar de todas as funcionalidades do programa; (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2008, p. 57 a 64).

- 7- DProfiler- desenvolvido pela Beck Technologies, localizada em Dallas, Texas. Baseia-se em plataforma de modelagem paramétrica adquirida da Parametric Technologies Corporation (PTC), em meados dos anos 90. O DProfiler suporta definições muito rápidas de determinados tipos de edifícios, gerenciando aspectos de custo e de tempo envolvidos no empreendimento. Foi introduzido no mercado como uma ferramenta para estudos preliminares em edificações, anteriores ao desenvolvimento dos projetos. A habilidade em gerar diferentes soluções ou partidos de projeto é única entre todos os softwares citados nesta análise. Seus pontos negativos devem-se ao fato do DProfiler não ser uma ferramenta de uso genérico para utilização do BIM, mas apenas para estudos iniciais, não suportando o gerenciamento do BIM ao longo das fases de projeto e de obra; (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2008, p. 57 a 64).

2.3 MODELAGEM PARAMÉTRICA DE OBJETOS

A capacidade de modelagem paramétrica de objetos é um dos maiores benefícios que a indústria da construção obtém ao deixar de manipular diferentes bases de dados gerenciadas de forma artesanal. Os atuais modelos digitais BIM gerenciam a informação e permitem o intercâmbio com outros aplicativos. A habilidade de extrair informação e propriedades geométricas de um modelo do edifício, que é utilizada em processo de análise e de planejamento da construção e da fabricação, causará impactos em toda a indústria da AEC. Isto permite a eliminação de erros de projeto referentes a sobreposição espacial de alguma parte ou conjunto do edifício. Gehry defende a idéia de que o computador, ao contrário do que acreditam alguns, pode aproximar o arquiteto tanto do processo de construção quanto dos clientes, além de ajudar a “manter o ímpeto e a variedade formal”. (Steele, 2001, p. 144).

A Gehry Technologies (GT) está entre os ganhadores do prestigiado “Building Information Model Award”, ofertado pelo Instituto Americano de Arquitetos (AIA) em Tecnologia Arquitetônica para a Prática do Conhecimento (TAP). O projeto premiado é uma torre comercial de escritórios de 70 andares em Hong Kong.

A concepção dos projetos pela Gehry Technologies começa a partir da digitalização dos conceitos do projeto criando modelos paramétricos para isto.

Estes modelos podem ser re-configurados e modificados em várias fases do projeto. Os modelos paramétricos são eficientes na sua estrutura de dados por serem o resultado de uma abordagem sistemática. O modelo é geralmente construído pelo arquiteto, enquanto o coordenador estabelece um esqueleto genérico, a partir do qual o engenheiro estrutural irá dimensionar e projetar o seu sistema estrutural.

Em arquitetura, as ferramentas BIM possuem uma biblioteca pré-definida de famílias de objetos, que podem ser customizadas e expandidas. Essas bibliotecas são constituídas de objetos paramétricos que contêm as informações específicas daquele elemento construtivo. Possuem diversos tipos de janelas, portas, elementos estruturais, móveis, louças sanitárias, cada um contendo características pré-definidas e prontas para serem utilizadas pelo usuário.

Os fabricantes deverão conceber, projetar e construir um modelo digital dos seus produtos e integrar o sistema. Todas as pessoas diferentes que participam do projeto podem extrair informações a partir do modelo mestre e contribuir com informações de volta para o modelo. “Portanto, o modelo é quase como uma coisa viva que continua crescendo por meio do projeto durante todo o ciclo de vida”. (Ceccato, 2001, p. 3 a 5).

Por outro lado, essa biblioteca de famílias incorporadas nas ferramentas BIM representa as práticas atualmente padronizadas pela indústria. O sistema BIM facilita a elaboração e execução de projetos de alta complexidade, satisfazendo uma necessidade de implementação de melhores técnicas de planejamento. Projetos complexos exigem um processo colaborativo envolvendo muitos profissionais e requerem novos procedimentos de gerenciamento de informações.

A tecnologia “BIM” permite um fluxo de trabalho integrado, criado com base em informações coordenadas e confiáveis sobre um empreendimento, desde a fase de projeto até sua construção, passando pelas etapas operacionais. (Bhatt, 2008, p. 1). Após a retração da porção do mercado ocupada pelos “CAD’s” geométricos, surgirão softwares dedicados a diferentes etapas do processo construtivo. O “CAD BIM” voltado para arquitetura será usado como referência para as demais aplicações: estruturas, planejamento da construção, avaliação de custos, análise do ciclo de vida, etc. (Cervantes & Scheer, 2004, p. 4 e 5).

Várias organizações têm tomado iniciativas para desenvolver tecnologia de dados, “workflows” de processo de negócio genérico e padrões de conteúdo. Uma das tarefas mais importantes para o Comitê Nacional BIM Standard (NBIMS) é coordenar estes esforços e harmonizar este trabalho entre todas as organizações com interesses semelhantes.

Muitas organizações profissionais estão endossando o NBIMS ativamente como também provendo perícias de assunto e recursos de desenvolvimento importantes.

Além disso, a maioria dos fabricantes de BIM anunciou o apoio por padrões de BIM e tem participado ativamente no comitê.

Algumas de suas metas são: orientar o escopo e o planejamento de produtos para o processo de projeto do ao invés de concentrá-los em uma base de conhecimento fixa; e recomendar que o contratante assuma e estimule os participantes a oferecerem proposições de valor para todas as fases do ciclo de vida do edifício. Uma meta primária é maximizar valor por todos os participantes de processo envolvido no ciclo de vida do edifício. O Comitê apóia a visão que o ciclo de vida do edifício não é um processo estritamente linear, mas um processo principalmente cíclico (ver fig. 2.3) com avaliação e acumulação de conhecimento. A melhor representação do ciclo de vida do edifício é uma hélice de processo empresarial com um núcleo de conhecimento central e nós externos que representam os provedores de processo e os consumidores externos.

Entre estes três elementos ocorrem trocas de informações. Disponível em: www.wbdg.org/bim/nibs_bim.php, (The Whole Building Design Guide, acessado em 12/05/2009).

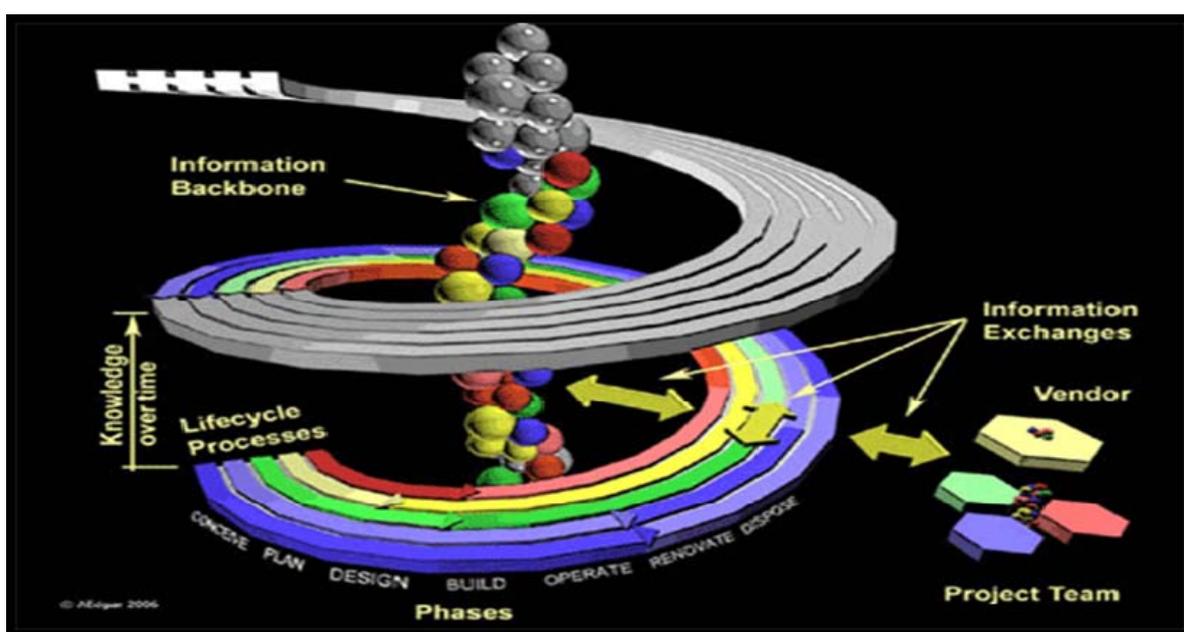


Figura 4: ciclo helicoidal do edifício. Fonte: (www.wbdg.org/bim/nibs_bim.php).

Muitos pesquisadores em face da definição de tipos de sistemas “CAD” enfatizam o aspecto do modelo do produto e adequação de custos, enquanto a arquitetura do sistema não recebe a devida atenção. No entanto, a partir do uso mais corrente da colaboração em processos de projetos, torna-se fundamental discutir uma nova arquitetura para sistemas colaborativos de CAD. Segundo (Rosenman & Wang, 2002), as arquiteturas de sistemas computacionais de projeção estão atualmente distribuídas da seguinte forma:

- 1- modo integrado: Os projetistas trabalham em um mesmo projeto, usando um mecanismo central de gerenciamento. Os usuários operam do seu local de trabalho remotamente o projeto que está sendo desenvolvido conjuntamente;
- 2- modo distribuído integrado: Neste sistema os projetistas têm um ambiente fixo com uma central única funcionando em segurança e estabilidade; e
- 3- modo descontínuo: Não há um sistema com módulo de controle central, mas simplesmente um grupo atuando com mecanismos de gerenciamento. Exige então mais acentuadamente a interoperabilidade para uso das diferentes ferramentas.

A figura 5 mostra o modelo completo com a implementação dos projetos complementares.

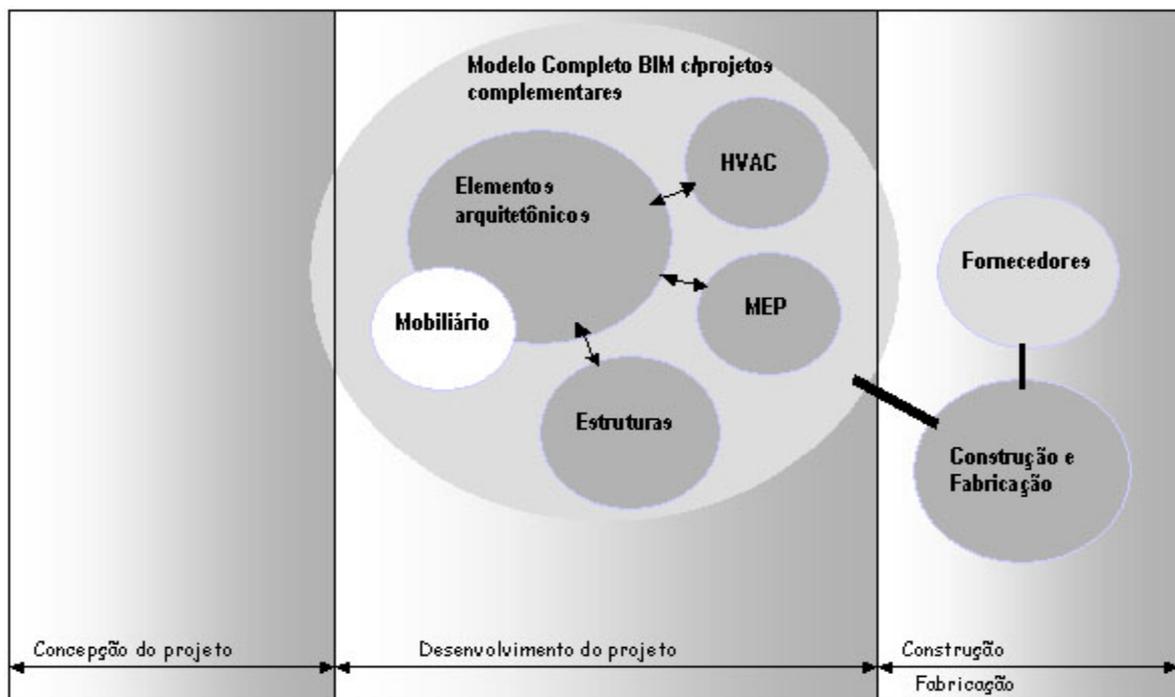


Figura 5: modelo integrado BIM. Fonte: (IBRAHIM e KRAWCZYK, 2004)

A figura acima ilustra a abrangência do sistema BIM, que incorpora os projetos de arquitetura e complementares, como de estruturas, mobiliário (layout), sistema automatizado de ar condicionado, que possui ferramentas de dimensionamento de sistemas que atualizam automaticamente os parâmetros de tamanho e configuração de elementos de condutos e tubos, sem exigir o intercâmbio de arquivos ou com aplicativos complementares, como o sistema eletromecânico MEP (mechanical, electrical and plumbing), automatizado, fornecendo a modelagem tridimensional das instalações.

A adoção de sistemas BIM aponta para a necessidade de revisão do processo de projeto e sua gestão na construção civil. O atual processo de projeto é um método descentralizado, onde existem vários arquivos e documentos que são gerados e mantidos pelos usuários (arquitetos e engenheiros). Diversos softwares são empregados, como o “Autocad” e os arquivos são exportados de um software para outro de forma que a informação de projeto possa ser trocada entre os projetistas. Esse método induz à duplicidade de informações e acarreta inúmeros erros devido ao re-trabalho envolvido quando alguma mudança ocorre no projeto.

Ao gerenciar tais projetos complementares o BIM permite que variáveis importantes de cada uma das áreas sejam confrontadas, ajudando no processo decisório, e finalmente facilitando o preparo e envio de documentação para fabricação e construção. No sistema BIM é necessário o envolvimento dos profissionais durante as fases de orçamento e concepção de projetos, de planejamento e de construção para a elaboração de um modelo consistente do edifício. (Tse & Wong, 2005, p. 59).

Existem pelo menos três possíveis caminhos para a melhor integração na implementação do BIM: implantar módulos adicionais dos projetos complementares ao projeto arquitetônico na mesma plataforma; Exportação do módulo arquitetônico como arquivo de dados em um padrão aberto, o qual pode ser importado pelos colaboradores do projeto e utilizado em suas aplicações específicas; e desenvolver aplicações específicas de Application Programming Interface – (API) que depende da permissão dada pelo representante BIM e da acessibilidade das propriedades dos objetos; apud (Crespo & Ruschel, 2007, p. 3).

A aplicação do BIM no projeto colaborativo pode contribuir tanto para aprimorar o processo de obtenção das quantificações dos elementos desenhados a partir do modelo digital 4D, como para o levantamento de custos e prazos para a execução; (Florio, 2007, p. 3 a 6).

O “BIM” utiliza uma linguagem visual amigável – o modelo tridimensional – o que permite uma comunicação mais eficaz entre arquitetos, engenheiros, consultores, (entre outros), destes com contratantes e subcontratantes e o cliente. O recurso de modelos virtuais tridimensionais aproxima o leigo do arquiteto, permitindo que as soluções apresentadas sejam eficazmente discutidas.

Elimina-se assim a maior parte dos erros de desenhos tradicionais, como: incompatibilidade entre as várias representações do mesmo projeto; cruzamento ineficaz entre o projeto de arquitetura e os projetos complementares; e outros problemas típicos da produção de desenhos bidimensionais pelo método clássico.

A figura a seguir ilustra o impacto visível e não-visível dos processos ineficientes em uma organização:

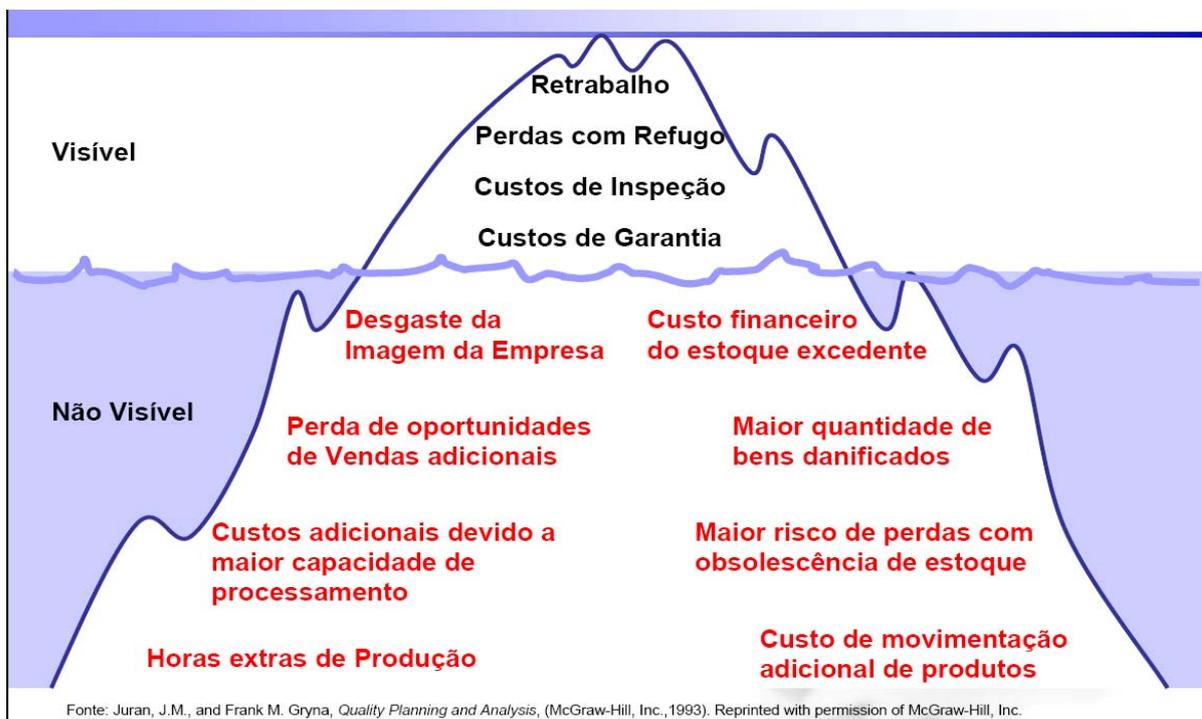


Figura 6: ineficiência dentro de uma organização, capacitação em mapeamento de processos. Fonte: (Klug Solutions 2008, apud McGraw Hill Inc.)

O gráfico acima mostra que as perdas existentes numa organização são muito maiores do que aquelas que podemos visualizar. Qualquer processo de trabalho mal estruturado acarretará aspectos visíveis de perda, como re-trabalho, baixa produtividade, somando fatores que levam a uma baixa eficiência da empresa em geral.

Existe uma parte que não é visível, que abrange desde o desgaste da imagem da empresa até os custos com a gestão incorreta dos recursos e de pessoal, permitindo que pequenos processos mal estruturados afetem uma esfera muito maior da organização. A grande barreira para a adoção do BIM parece ser a dificuldade na costura de relações pró-ativas entre os diversos agentes envolvidos no processo de projeto, como engenheiros e arquitetos, contratantes e sub-contratantes e proprietários. A abordagem empresarial por meio das dimensões referentes à cultura organizacional, estratégia de negócios e tecnologia, permite direcionar a gerência da empresa para a produção, utilizando informações como padrão para a tomada de decisões pró-ativas.

No decorrer das últimas décadas, tem-se observado um acirramento na concorrência na maioria dos mercados, o que passou a pressionar as empresas a buscarem maior nível de competitividade para serem bem sucedidas no alcance daqueles objetivos. Mesmo que a infraestrutura necessária para a criação de tal ambiente seja ainda de difícil implementação para os padrões e demandas existentes no país, a tendência é de que a batalha pela qualidade e pela agilidade e eficiência, somados à competição internacional, acabe por incentivar o uso do “BIM”, (Lyrio Filho & Amorim, 2008, p. 5 a 7).

A seguir, define-se as três gerações de adoção do BIM, nomeando-as de BIM 1,0, 2.0 e 3.0. (Tobin, 2008, p.1). Para o autor, o BIM 1.0 é caracterizado pela substituição do desenvolvimento de projetos em CAD bidimensionais por modelos 3D parametrizados. Entretanto, o desenvolvimento do modelo é um processo individualizado, restrito aos projetistas, sem o envolvimento e colaboração de profissionais de outras áreas. No entanto o BIM 2.0 expande o modelo a outros profissionais, além dos envolvidos no desenvolvimento dos projetos de arquitetura, estrutura e instalações prediais; apud (Coelho & Novaes, 2008, p. 4). O conceito de modelagem 4D (modelagem que permite o percurso pelo interior da edificação projetada) entrou em discussão no final da década de 1990. Com a introdução dos fatores tempo e custo no projeto BIM, os construtores puderam gerenciar e simular as etapas da construção, assim como analisar melhor a construtibilidade antes da execução e antecipar decisões em relação ao tempo, aspectos formais, entre outras, aumentando as possibilidades de escolha. (Koo & Fischer, 2000, p. 251).

A principal vantagem da modelagem 5D (modelagem + tempo + custos) para os construtores é o aumento da precisão durante a construção, com menos desperdício de tempo, de materiais e de re-trabalho. É possível controlar tanto as atividades críticas que se sobrepõem durante a execução, como um melhor entendimento e controle visual do projeto final.

Esse tipo de modelagem pode ser utilizado para várias necessidades de visualização, algumas invisíveis, tais como a simulação dos esforços estruturais (análise por elementos finitos - FEA, do movimento de ar dentro de um ambiente CFD), ou visualizar a acústica e distribuição do som. Assim, a modelagem destinada à simulação de comportamentos e análise visual dos dados técnicos tem sido usada para realçar o entendimento da complexidade da tarefa projetual. Nesta fase, modelos associando informações, tais como o tempo (4D), dados financeiros (5D) e análise de eficiência energética, dentre outros (nD), são associados ao sistema.

A maioria dos sistemas BIM atuais não incluiu simuladores ambientais integrados em sua plataforma, mas isto pode ser feito exportando-se o modelo para um software de análise ambiental. Neste novo método de projeção é necessária a cooperação entre os projetistas, consultores, empreendedores e construtores, com as devidas preocupações quanto à interoperabilidade dos dados, tendo em vista permitir o intercâmbio das informações entre os diversos participantes.

3 *DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA*

A hipótese desta monografia é que a utilização do sistema BIM trará vantagens e poderá servir como um instrumento eficiente de auxílio ao processo de projeto de terminais de passageiros aeroportuários (TPS), de forma a justificar sua implementação num ambiente corporativo como a Infraero se comparada ao processo de projeto atualmente utilizado pela referida empresa.

Para a comprovação da hipótese comparou-se o processo de projeto atua, realizado no AutoCAD pela Themag Engenharia para a Infraero, e re-projetado pelo autor, com o processo que se utiliza do sistema BIM.

O processo de projeção atualmente utilizado pela Infraero (AutoCAD) consistiu em partir de um projeto arquitetônico pré-existente, seguido do desenho, como forma de documentação deste projeto, reproduzindo a metodologia de desenho à mão no desenho digital; (Penttila apud Nardelli, 2006), os desenhos no computador seguiam as mesmas trajetórias dos feitos à mão, e, em que a plotagem, como produto final, era a evolução das cópias. Nesta etapa, o CAD é visto como uma prancheta eletrônica.

O processo de projeto em uma ferramenta CAD do tipo genérica, como o AutoCAD, caracteriza-se pela incipiência e pouca qualidade de dados disponíveis na documentação específica de projeto (em seus arquivos), justamente por não ser passível de parametrização (aceitar parâmetros ou informações – dados – incorporados aos elementos construtivos e acessórios de projeto), o que leva à necessidade de criação de novos arquivos em diferentes softwares, como a utilização de um processador de texto (como o “Microsoft Word”, por exemplo) para criação de um memorial descritivo, ou de um programa como, por exemplo, o “Microsoft Excel”, para gerenciamento de tabelas e gráficos dos quantitativos de materiais e gerenciamento do orçamento de obra.

Talvez o fator mais importante nesse processo seja a dificuldade de gestão dessa informação, (fragmentada entre diversos arquivos) numa eventual coordenação entre projetos complementares e na própria etapa de execução (obra), onde os detalhamentos e as informações específicas e precisas passam a ser muito importantes, inclusive no que se refere aos fatores indesejáveis, como inconsistência de dados e duplicidade de informação.

Outro aspecto está na dificuldade de adaptação do projeto gerado em relação à eventuais modificações, uma vez que todo o re-trabalho, com a utilização do AutoCAD, pode apenas ser realizado de forma manual, estando, portanto, sujeito a erros e inconsistências nos dados, além de possíveis informações duplicadas.

Na segunda etapa trabalhou-se o processo de projeção por meio do uso da tecnologia BIM com a utilização do programa Archicad, da Graphisoft. Partiu-se da abordagem descrita por Vicent (2004, p.), que divide o processo projetual numa sequência investigativa sobre os aspectos formais, funcionais e construtivos do edifício. Esta análise foi possível por meio da modelagem tridimensional do edifício virtual, uma vez que permite uma visão holística do edifício e seus componentes. No processo utilizando a tecnologia BIM, ocorre uma inversão: ao invés de uma série de desenhos bidimensionais, o projetista “constrói” virtualmente um modelo da edificação, utilizando objetos que simulam em forma e comportamento os elementos construtivos a serem empregados na construção.

Os modelos virtuais na tecnologia BIM podem ser entendidos como bases de dados onde são armazenados tanto os dados geométricos, como os textuais de cada elemento construtivo utilizado no projeto. A combinação desses dados permite a extração automática de documentos como plantas, cortes, perspectivas ou quantitativos.

A atenção do projetista é, portanto, destinada primordialmente às soluções projetuais, e não aos desenhos técnicos, que são em boa parte gerados automaticamente pelo computador (BIRX, 2006). Neste tipo de processo (ArchiCAD), muitas das definições avançadas de projeto costumam ser feitas ainda na etapa de estudo preliminar. No estudo de caso desta pesquisa, poucas alterações foram feitas nessa etapa do trabalho, apenas foram checadas algumas informações, como a configuração do terreno e adaptação do terreno à topografia. A automatização desse software para uso em arquitetura criou uma facilidade grande para o desenvolvimento do desenho técnico (colocação de cotas, desenho das curvas de nível, desenho de pilares, vigas, fundações, projeções, símbolos de cortes, fachadas etc..).

O processo de projeto que utiliza o BIM caracteriza-se por grande quantidade de informação disponível e configurável ainda nos estágios iniciais. Por exemplo, quando do início da concepção, na fase de estudo preliminar, já se trabalha com informações precisas sobre as características e composição de cada elemento construtivo. Ou seja, os parâmetros específicos de cada elemento construtivo.

No caso desta pesquisa, esta precocidade na sistematização de informações facilitou o desenvolvimento do projeto, ao se ter uma maior clareza das interferências entre os diversos elementos construtivos e do próprio método construtivo e estrutural. Tais facilidades na configuração de parâmetros dos objetos construtivos permitem o estudo de diversas soluções formais e estéticas que podem ser simuladas na concepção do projeto. Nesta pesquisa, como a concepção do projeto já se encontrava realizada, tais soluções foram testadas apenas para a melhor definição da apresentação do modelo tridimensional do Aeroporto de Brasília.

3.1 Método de Investigação

O método de investigação para verificação da hipótese nesta monografia consiste na comparação entre o processo tradicional de projeção (AutoCAD) e o que se utiliza do BIM (ArchiCAD) para realização do Projeto Básico do Terminal Satélite Sul do Aeroporto Internacional de Brasília – SBBR. Nesta comparação utilizaremos a simulação da utilização de uma ferramenta inteligente de gestão da informação da construção (BIM) em um projeto realizado pela Infraero. A comparação mostrou-se valiosa não só para demonstração dos benefícios e qualidades do BIM, mas também para apontar dificuldades e entraves de implementação num ambiente organizacional como o da Infraero.

O salto qualitativo em planejamento e gestão de projetos só é possível por meio da revisão do processo de projeto tradicionalmente utilizado até os dias de hoje. Tal mudança vai além da prática arquitetônica em si, abrangendo questões de responsabilidade e competências em cada fase de projeto, contratos e modelos de negócios mais flexíveis, capacidade de trabalhar de forma colaborativa e compartilhada, treinamento e capacitação das equipes de projeto, entre outros. Para que isto seja possível, é imperiosa a criação de um ambiente colaborativo dentro da organização ou empresa, que expresse e permita o fluxo de trabalho e de responsabilidades compartilhadas que viabilizam a tomada conjunta de decisões levando em consideração cada núcleo de conhecimento específico representado pelas diversas áreas da organização. A substituição de um processo linear (método tradicional de projeto) para um processo radial ou esférico (colaborativo) aponta para a necessidade de criação de núcleos de trabalho que precisam ser amparados por interfaces entre as diversas áreas afins de modo a viabilizar a troca de informação necessária para a correta formatação do edifício virtual no BIM. Como fizemos um recorte de análise apenas para as variáveis: produtividade e re-trabalho, realizamos uma contagem de passos de cada método por tarefas lógicas envolvidas no processo de projeção. Isso permite a identificação de etapas definidas em cada método, além de possibilitar uma análise sobre o caminho da informação no processo de projeto. Identificamos as vantagens e desvantagens de cada método e fizemos uma comparação entre eles, concluindo com as considerações finais. Por fim, procedemos às considerações e recomendações finais sobre a utilização do BIM no projeto de terminais de passageiros aeroportuários (TPS).

3.1.1 Etapas de Pesquisa

- 1- Modelo BIM (ArchiCAD): Modelagem e Documentação - Contagem de Passos (por tarefas); Anotação e sistematização dos dados; Informações geradas; Organograma de Processo: Quantitativo (Passos/Tempo) e Qualitativo (Informações disponíveis);
- 2- Análise das Vantagens e Desvantagens do Modelo BIM;
- 3- Modelo Tradicional (AutoCAD): Modelagem e Documentação - Contagem de Passos (por tarefas); Anotação e sistematização dos dados; Informações geradas; Organograma de Processo: Quantitativo (Passos/Tempo) e Qualitativo (Informações disponíveis);
- 4- Análise das Vantagens e Desvantagens do Modelo Tradicional;
- 5- Comparação de Resultados (Tabelas); e
- 6- Considerações Finais.

3.1.2 Estudo Comparativo:

Modelo BIM (ArchiCAD): Modelagem e Documentação - Contagem de Passos (por tarefas); Anotação e sistematização dos dados; Informações geradas; Organograma de Processo: Quantitativo (Passos/Tempo) e Qualitativo (Informações disponíveis): foram colhidos na Infraero todos os dados relativos ao projeto do Satélite Sul do Aeroporto Internacional de Brasília, inclusive em relação às normas e práticas da empresa, representadas pelas práticas SEAP de projeto e pelo MAGES, manual de critérios e condicionantes da referida empresa. Optou-se por iniciar a pesquisa pela modelagem no BIM, a fim de se obter um número maior de variáveis e elementos de comparação entre um e outro método. Como o autor já tinha um conhecimento prévio do projeto realizado pela Infraero, iniciou a modelagem pelo BIM para que desde os estágios iniciais de pesquisa fosse possível inferir comparações e levantar diferenças entre os dois processos de projeto (basicamente, 2D fragmentado em diversos arquivos e 3D com arquivo único) decorrentes da utilização das ferramentas AutoCAD e ArchiCAD. Este processo gerou uma série de dados que foram sistematizados e condensados no que chamamos de “informações geradas”, além de um organograma do processo e tabelas quantitativas em relação ao número de “passos por tempo” decorrido.

- 1- **Análise das Vantagens e Desvantagens do Modelo BIM:** com base na modelagem realizada e na sistematização e análise dos dados obtidos, realizou-se um levantamento das vantagens e desvantagens do método que se utiliza do sistema BIM. Isto é de grande valia, porque será objeto de comparação com as vantagens e desvantagens do método que se utiliza do AutoCAD.
- 2- **Modelo Tradicional (AutoCAD):** modelagem e Documentação - Contagem de Passos (por tarefas); Anotação e sistematização dos dados; Informações geradas; Organograma de Processo: Quantitativo (Passos/Tempo) e Qualitativo (Informações disponíveis): Partindo-se da observação e do estudo das peculiaridades do projeto do Terminal Satélite Sul do SBBR, e complementando o entendimento deste projeto com uma visita técnica realizada nas dependências do referido aeroporto, procurou-se reproduzir fielmente o método de projeção (2D) do referido projeto, realizado pela Themag Engenharia S/A a pedido da Infraero. Os dados gerados neste processo de projeção foram sistematizados numa contagem de passos por tarefas, em relação ao tempo decorrido para sua execução. As informações geradas serão objeto de comparação com o método que se utiliza do BIM para realização deste mesmo projeto.

Foi traçado um organograma do processo de projeto representado pela utilização do AutoCAD, além de uma tabela qualitativas (passos/tempo).

- 3- Análise das Vantagens e Desvantagens do Modelo Tradicional:** com base na modelagem realizada e na sistematização e análise dos dados obtidos, realizou-se um levantamento das vantagens e desvantagens do método que se utiliza do AutoCAD. Isto é importante, porque será objeto de comparação com as vantagens e desvantagens do método que se utiliza do ArchiCAD.

- 4- Simulação de re-trabalho (sala embarque remoto):** foi feita uma simulação de readequação da infra-estrutura existente, em acordo com um estudo similar realizado pela Infraero que prevê a ampliação da Sala de Embarque Remoto do Satélite Norte. Tal estudo serviu para um levantamento detalhado em relação ao tempo despendido para realização de uma série de tarefas envolvidas na modelagem ou desenho do projeto de reforma em questão. Por ser um objeto de dimensão reduzida e de maior simplicidade dentro do grande e complexo projeto que é o Aeroporto de Brasília, atua como um recorte para que tal análise seja possível, permitindo ainda uma maior clareza na definição das diferenças entre as duas ferramentas de projeto e das potencialidades de cada uma delas. Será apresentada no final desta monografia uma tabela comparativa entre as duas ferramentas, além de uma tabela que expressa a contagem dos passos e do tempo necessários para realização do referido projeto no ArchiCAD e no AutoCAD.

- 5- Comparação de Resultados (Tabelas):** foram geradas tabelas de contagem de passos por tarefas, em relação ao tempo decorrido para consecução destas tarefas. Tais tabelas serviram para um estudo comparativo entre os dois processos de projeto, indicando não só o desempenho individual de cada ferramenta específica, como para a definição de fases definidas em cada processo em questão.

- 6- Conclusão e Considerações Finais:** aqui são apresentadas as conclusões desta pesquisa, com base na análise e comparação dos dados relativos aos dois processos de projeto estudados, além de considerações finais acerca da utilização do BIM no projeto de Terminais de Passageiros Aeroportuários, bem como possíveis lacunas que poderão servir de objeto de estudo em futuras pesquisas na área.

3.1.3 Definição do Método de Investigação (Passo a Passo)

O método de investigação escolhido nesta pesquisa é um método comparativo entre duas ferramentas que expressam dois diferentes processos de projeto, o atual, que se utiliza de ferramentas CAD genéricas, e normalmente realizado apenas bidimensionalmente, em diversos arquivos e o que utiliza o BIM, tridimensional, em um único arquivo.

Optou-se por um método comparativo, em primeiro lugar devido à incipiência na pesquisa e no conhecimento de novas ferramentas computacionais, como o BIM, no Brasil, e em segundo lugar por acreditarmos que por meio deste método foi possível levantar informações e colher dados relevantes, não apenas concernentes às diferenças e qualidades de uma e outra ferramenta estudada, mas ainda em relação aos maiores benefícios e entraves que a implementação de um sistema inteligente para gestão de informação do processo de projeto de arquitetura traria num ambiente organizacional como o da Infraero, por exemplo. O que é mais relevante na abordagem BIM não se reduz ao jargão de “faz-se o modelo e depois ele faz os cortes e fachadas automaticamente”. De fato, soluções como o ArchiCAD e outros sistemas BIM são completamente diferentes das soluções convencionais de desenho assistido por computador, que se aproximam mais de uma extensão digital da prancheta e, nesse sentido não passam de auxiliares de desenho.

As soluções BIM, por outro lado, são muito mais do que isso: apoiam o processo de concepção, informam o processo de tomada de decisão, acompanham o fluxo de trabalho, desde as fases iniciais de concepção ao projeto de execução, gerindo a informação do modelo do edifício de forma inteligente. Claro que a adoção de ferramentas deste tipo pressupõe a alteração ou adaptação de hábitos de trabalho, a sistematização de procedimentos e a criação de convenções e “standards”, pelo menos ao nível da equipe de projeto: é óbvio que se queremos explorar as possibilidades de permitir que a máquina produza os objetos comunicativos necessários a partir da informação que adicionamos ao modelo, temos que ter uma abordagem regrada e sistematizada dos processos de projeto e de representação.

Mas a implementação sucessiva deste tipo de soluções parece-me uma inevitabilidade: entre a aceleração contínua em que estamos envolvidos e a complexidade crescente dos processos construtivos, não me parece que seja normal que os arquitetos continuem agarrados a ferramentas que não acrescentam nada à gestão da informação do projeto e sejam apenas auxiliares de desenho.

3.1.4 Definição dos Critérios de Comparação

Para definição dos critérios a serem comparados, dividiu-se em cinco blocos distintos os parâmetros relevantes de comparação nesta pesquisa:

- 1- Interface:** a interface de trabalho é o ambiente onde o usuário (arquiteto ou projetista) pode se comunicar com o programa, entrar e manipular dados, e onde estão disponíveis os comandos e ferramentas. A interface gráfica de um sistema computacional é o dispositivo que serve de agente de comunicação entre duas entidades comunicantes, que se exprimem por meio de uma linguagem específica. Além de assegurar a conexão física por meio dos dispositivos de entrada (periféricos do *hardware*), deve permitir a tradução da linguagem de forma facilitada. No contexto da interface gráfica, as metáforas gráficas buscam sistematicamente facilitar o trabalho de seus usuários, aproximando a virtualidade da realidade. É na interface gráfica dos sistemas interativos computacionais em que ocorre o processo de interação do usuário com o aplicativo. Interação é o processo de troca de informações entre o usuário e o aplicativo por meio de solicitações do programa, ações e atitudes do usuário, que vai sendo conduzido com o propósito de atingir suas metas de projeto. Portanto, é na interface do sistema que podem ocorrer os principais problemas de interação usuário-sistema, podendo levar, muitas vezes, ao abandono da utilização desses aplicativos por demora, erros, desgaste cognitivo, irritabilidade, perda de eficiência e eficácia.
- 2- Funcionamento (workflow):** neste módulo encontram-se as tarefas de desenho, precisão e modelagem tridimensional, além da avaliação de suportar informação de projeto (parametrização) ao longo do processo. O uso de computadores na gestão predial e na realização de tarefas nas edificações é cada vez maior, cabendo ao Arquiteto ser parte integrante do processo de inserção destas tecnologias inovadoras, tanto no projeto como na construção dos edifícios inteligentes, assim denominados pelas suas características peculiares. Os objetos paramétricos são as peças fundamentais nas ferramentas BIM. Eles associam a descrição dos elementos construtivos a comportamentos que definem, dentre outras possibilidades, o modo como o objeto deve ser representado graficamente em cada forma de visualização do projeto (planta, elevação, corte, perspectiva). A ferramenta deve, portanto, gerar comportamentos para os objetos paramétricos de modo a automatizar a

representação das paredes de alvenaria em quaisquer vistas selecionadas pelo usuário. Essa capacidade tornaria possível a extração automática de plantas de fiadas, cortes e elevações das paredes incluindo a indicação dos blocos, e perspectivas que auxiliem na compreensão da montagem dos elementos. As vantagens oferecidas no apoio ao projeto podem ser comprovadas em muitas de suas etapas, indo desde uma melhor documentação e apresentação do produto, com melhoria da qualidade dos desenhos, diminuição de tempo e custos e aumento de produtividade geral, até um melhor gerenciamento do projeto. Por outro lado, os sistemas CAD somente podem ter seu potencial totalmente aproveitado, inclusive justificando-se técnica e economicamente, se estiverem integrados ao processo produtivo como um todo. Em uma estrutura integrada, o CAD proporciona, além dos ganhos intrínsecos ao projeto do produto, aumento da eficiência das funções relacionadas ao planejamento, fabricação e qualidade.

- 3- Gerenciamento da Informação:** as informações geradas na concepção, desenvolvimento e documentação de um projeto de arquitetura perfazem um desafio de gestão, não apenas no tocante aos erros que podem estar envolvidos no processo de projeto, mas ainda no que diz respeito aos aspectos de interoperabilidade entre áreas complementares ao projeto de arquitetura e aos aspectos envolvidos na análise de soluções projetuais que possam embasar o processo decisório. No padrão BIM, há parâmetros para controlar a representação do objeto paramétrico nos quatro tipos de visualização: plantas, cortes, elevações e perspectivas. Isso garante que o objeto desempenhe o comportamento adequado para cada situação. Por exemplo, as paredes interceptadas pelo plano de corte da vista são hachuradas, enquanto as demais não. Quando visualizados em elevação, os objetos representam automaticamente todos os blocos da parede. Todas as vistas, incluindo a perspectiva, são geradas automaticamente. O nível de informação exibido é controlado por parâmetros que interpretam as configurações globais da janela de edição do ArchiCAD. Desse modo, selecionar uma escala de representação para a vista selecionada provoca a atualização automática de todos os objetos visualizados. Por meio da modificação da “altura do plano de corte” da planta, os objetos são atualizados automaticamente, mostrando a configuração cortada pela nova altura. Essa funcionalidade foi essencial para agilizar a geração da documentação (plantas, cortes e fachadas). Durante as fases iniciais do desenvolvimento do projeto, há um grande número de indeterminações com relação aos espaços, sistemas construtivos e

materiais do edifício. Nessas fases, os objetos paramétricos devem se comportar de maneira abstrata e genérica, permitindo um manuseio ágil e sucessivas modificações. Conforme prossegue o desenvolvimento, os objetos paramétricos devem ser capazes de armazenar informações mais detalhadas, e se comportar de modo mais específico.

- 4- Produto Final:** duas etapas distinguem-se na produção de um projeto arquitetônico: A concepção propriamente dita, que vai dos esboços de uma idéia inicial às formatações finais da forma e da função propostas; documentação técnica e comunicação do projeto ao cliente e ao canteiro de obra. Para a documentação técnica de um projeto são geradas as plantas, cortes e fachadas, além de todos os quantitativos e qualitativos referentes ao projeto, expressos na forma de memoriais descritivos, relatórios de quantitativos de peças, legendas e detalhes de projeto. Esta documentação servirá para efeitos legais e construtivos, bem como para levar a cabo orçamentos e projetos licitatórios. Já a comunicação do projeto envolve a geração de imagens estáticas, (renderizações de diversas vistas e perspectivas da edificação) e dinâmicas (animações e ambientes VRML). O entendimento por parte do cliente das soluções propostas pelo arquiteto apóia-se nestes recursos gerados a partir do modelo 3D, por meio da configuração de luzes e texturas foto-realísticas (materiais) ao projeto. Quantitativos: os objetos criados pela ferramenta devem incluir informações a respeito do consumo dos componentes utilizados, para permitir a quantificação automática dos materiais com base na sua extensão ou volume.
- 5- Tempo:** foi feito nesta pesquisa um levantamento do tempo requerido para consecução do projeto do Aeroporto internacional de Brasília – SBBR. Este levantamento mediu o tempo de duas formas: tempo global, representado pela execução completa de projeção do SBBR; e tempo parcial de re-trabalho para readequação de infra-estrutura da sala do embarque remoto do Satélite Norte do referido aeroporto. O tempo global refere-se, portanto, à execução da modelagem e/ou desenho de arquitetura de todo o aeroporto SBBR. Esta contagem serviu para identificação de fases definidas em cada processo de projeto e ainda como indicativo de desempenho de cada ferramenta (AutoCAD e ArchiCAD) em relação ao tempo total de execução do projeto. O tempo parcial, por sua vez, representa o tempo de cada uma das tarefas, isoladamente, necessárias para a readequação da infra-estrutura do Terminal Satélite Norte, com a ampliação da sala de embarque remoto do referido terminal de passageiros.

3.2 INFORMAÇÃO DE PLATAFORMA:

Para execução das tarefas foi utilizado um notebook Sony Vaio VGN-AR630E com processador Intel Pentium Dual Core T7250 2.00 GHz. HD 360GB, 4Gb de memória RAM, monitor de plasma com 17'' com placa de vídeo NVIDIA GeForce 8400GT e sistema operacional Windows Vista Ultimate 32bits.

3.2.1 Requisitos Mínimos dos Aplicativos Utilizados:

Aplicativo: AutoCAD 2008

Sistema Operacional:

- Microsoft® Windows® XP Professional ou Home Edition (SP2 ou mais recente);

CPU:

- Processador Intel® Pentium® 4 ou AMD Athlon® Dual-core, 1.6 GHz ou superior com tecnologia SSE2;

RAM:

- 2 GB de RAM;

DISCO RÍGIDO:

- 1 GB de espaço livre em disco para a instalação;

MONITOR:

- monitor 1024 x 768 VGA com True Color;

PLACA DE VÍDEO: PC: é recomendada Placa Gráfica compatível Open GL e DirectX 9 com 256 MB ou mais de memória vídeo autônoma para explorar totalmente as capacidades de aceleração de hardware PC.

Aplicativo: ArchiCAD 12

SISTEMA OPERACIONAL:

Windows XP Professional e x64 Edition

Windows Vista Ultimate, Business e Enterprise Edition

Macintosh®: OS X 10.4 ou 10.5

CPU:

Intel® Pentium 4 ou superior

Macintosh® PowerPC G5 series

Macintosh® com qualquer processador Intel

Processador Multi-core é recomendado para explorar as capacidades de desempenho do ArchiCAD 12

RAM:

1 GB RAM necessários

2 GB ou mais é recomendado para modelos complexos

A máxima quantidade de memória que o ArchiCAD pode utilizar é 4GB.

DISCO RÍGIDO:

A instalação completa necessita de um mínimo de 1 GB de espaço em disco.

2 GB adicionais são requeridos para trabalhar com projetos complexos e visualização 3D.

MONITOR:

É necessária resolução 1024*768

É recomendada resolução 1280*1024 ou maior

PLACA VÍDEO:

PC: É recomendada Placa Gráfica compatível Open GL e DirectX 9 com 256 MB ou mais de memória vídeo autônoma para explorar totalmente as capacidades de aceleração de hardware

PC:

3.3 Critérios de Pesquisa

Para definição das variáveis que compõem os critérios essenciais de análise nesta monografia foi necessária a sistematização dos benefícios oferecidos pelos aplicativos BIM, de forma a se traçar um panorama mais completo do processo de projeto envolvendo esta metodologia, além de precisar onde estariam os maiores benefícios ao se adotar sua utilização.

3.3.1 Benefícios do BIM aplicados ao processo de projeto e de construção (edificação).

Fonte: Eastman et all (p. 16 a 21).

Benefícios de pré-construção: benefícios envolvidos na fase projetual.

Concepção: determinação precisa dos aspectos funcionais e formais da edificação (através de quantitativos e qualitativos), relacionando aspectos referentes ao nível de qualidade e o atendimento aos requisitos de projeto, dentro de um panorama de tempo e de custos globais;

Faseabilidade: capacidade de organizar e simular diferentes fases de implementação de projeto, ou ainda de simular diferentes propostas (partidos) de projeto;

Análise: o aplicativo (no caso desta monografia, o ArchiCAD) é capaz de fornecer ao arquiteto ou projetista com informações relativas ao partido proposto de forma a avaliar se a proposta atende aos requisitos, principalmente os requisitos relacionados aos fatores tempo e custo, aumentando a segurança do empreendedor ou proprietário no aceite do projeto;

Performance e qualidade: a modelagem detalhada em três dimensões, contendo informações específicas relativas ao sistema construtivo proposto e de todos os seus componentes propicia a avaliação detalhada do esquema proposto no projeto face aos requerimentos funcionais, formais e de ordem sustentável da edificação.

3.3.2 Benefícios de projeto.

Visualização antecipada e precisa: o modelo 3D gerado pelos “softwares” BIM é elaborado de forma mais rápida e direta do que o modelo gerado pelo atual processo de projeto empregado atualmente (CAD), baseado em múltiplas vistas e arquivos 2D, o que possibilita antecipação da visualização das propostas e intenções de projeto, para posterior avaliação frente aos requisitos e condicionantes do empreendimento;

Correções automáticas de projeto quando alterações são realizadas ao projeto: as regras e informações paramétricas associadas ao modelo e seus objetos permitem correções automáticas em caso de ocorrerem modificações ao projeto;

Geração automática de desenhos 2D em qualquer estágio do projeto: capacidade de extração automática de documentação 2D a partir do modelo 3D, reduzindo o tempo e o número de erros associados ao projeto. Qualquer modificação realizada no modelo virtual implica em alteração automática de toda a documentação bidimensional;

Colaboração antecipada de múltiplas disciplinas de projeto: o BIM facilita a colaboração entre as diversas áreas complementares a um mesmo projeto. A colaboração em uma única base de dados tridimensional permite consistência de informação e economia de tempo e de recursos, além de propiciar um ambiente favorável para os processos de análise e de atendimento aos requisitos e condicionantes de projeto;

Checagem de intenções de projeto: as informações disponibilizadas pelo BIM por meio de listagens, a instantaneidade com que a documentação se atualiza e a capacidade de visualização antecipada, fazem do BIM uma excelente ferramenta para checagem das intenções de projeto e de seus requerimentos;

Extração estimada de custos do projeto: a qualquer estágio ou fase do projeto é possível, com a utilização do BIM, extrair listagens quantitativas e qualitativas precisas dos elementos construtivos, que podem ser utilizados para realização de estimativas de custos;

Eficiência energética e sustentabilidade da edificação: ao se realizar a conexão do modelo 3D com aplicativos de análise de conforto térmico e ambiental, torna-se possível a avaliação dos aspectos energéticos relacionados com a edificação. A grande vantagem envolvida neste processo é que as modificações feitas ao modelo são automaticamente incorporadas à documentação, que permanece consistente em todas as fases de projeto.

3.3.3 Benefícios de Construção e Fabricação.

Sincronização entre projeto e obra: consiste na conexão entre o modelo 3D e a planilha de construção, possibilitando a simulação do processo construtivo;

Deteção de erros associados ao projeto (conflitos) anteriormente à etapa construtiva: devido ao modelo 3D ser a origem dos desenhos gerados em 2D, não existe inconsistência de informação entre eles. Além disso, é possível a comparação entre diversos sistemas e sub-sistemas da edificação para que seja possível a identificação de potenciais conflitos entre as partes componentes da edificação;

Utilização do modelo para fabricação de peças e elementos construtivos: é possível a transferência do modelo 3D para uma ferramenta de fabricação BIM, fato que permite o detalhamento ao nível de fabricação (“Shop Model”) industrial dos elementos construtivos. Esta é uma prática corrente atualmente, empregada no processo de fabricação de peças e perfis em aço e de componentes pré-fabricados;

Implementação e racionalização da construção (L”Lean Construction”): o “Lean Construction” é obtido quando é realizada a perfeita coordenação entre o empreendedor (“owner”) e os sub-contratados (prestadores de serviços e fornecedores de insumos e materiais à obra), assegurando que a exata quantidade de materiais e de mão-de-obra especializada esteja disponível no tempo certo, no local de construção (sítio). Como os aplicativos BIM promovem um nível grande de detalhamento e precisão do modelo 3D, isto viabiliza a formação de uma base de dados consistente para determinação da demanda exata de insumos e de mão-de-obra em cada etapa da construção.

3.3.4 Benefícios de Pós-Construção.

Facilidade de gestão e/ou operação da edificação: o modelo 3D funciona como fonte de informação (gráfica e de especificações) para todos os sistemas e sub-sistemas da edificação. Esta informação pode ser utilizada para checagem do correto funcionamento destes sistemas;

Integração de sistemas de operação: um modelo 3D que foi devidamente contemplado com todas as modificações (ainda que mínimas) provenientes da etapa de construção funciona como um perfeito “as-built”, preciso e detalhado, que provê informações atualizadas do edifício de forma a se tornar o ponto de partida para se operar e gerir os sistemas presentes na edificação;

Os critérios adotados para pesquisa nesta monografia nortearam-se por três grupos de variáveis que consideramos de maior relevância para o processo de análise: atributos; comportamentos e capacidade conectiva dos elementos construtivos de projeto; habilidades e capacidades de pré-construção, de projeto e de pós-construção. Estes campos encontram-se divididos para que a sistematização das variáveis relativas a cada um fosse possível.

3.4 *Análise da formação de critérios de pesquisa:*

A formação dos critérios desta pesquisa norteou-se pelas habilidades que um sistema CAD-BIM (como o ArchiCAD) apresenta e que um sistema CAD genérico (como o AutoCAD) não. Estas habilidades representam capacidades paramétricas de gestão de informação dos elementos construtivos, seus atributos e comportamentos, bem como a automatização da documentação bidimensional associada ao modelo virtual tridimensional. A capacidade em trazer aos estágios iniciais do processo conceutivo a colaboração efetiva das diversas áreas complementares perfaz um grande diferencial do BIM em relação ao processo de projeto tradicional (CAD genérico). Os impactos que isto significa ao processo conceutivo, em relação à tomada de decisão e à proposição de soluções que venham a responder de forma eficiente aos requerimentos e condicionantes de projeto são considerados inovadores, uma vez que torna-se possível testar e validar diferentes propostas e soluções e de fato incorporar melhorias em termos de qualidade, eficiência e desempenho da edificação.. Outro aspecto que merece destaque é a habilidade dos sistemas BIM para formação de um ambiente seguro de gestão de informação de projeto e de obra, de forma a contribuir nos processos de coordenação e compatibilização de projeto e de obra. Portanto, existem grandes diferenças entre os dois processos de projeto representados pelo AutoCAD e pelo ArchiCAD.

4- ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Processo de projeto que utiliza o BIM

4.1.1 Contagem de Passos:

Preparação e customização do ambiente de trabalho.

- Configuração do ambiente ArchiCAD
- Configuração da interface ArchiCAD
- Definição do Workflow de Documentação

Geo-Referenciamento do projeto:

Utilização do programa “Google Earth” para localização e determinação do local exato do sítio de projeto. O ArchiCAD possui uma ferramenta especificamente desenvolvida para esta tarefa, automatizando o processo de inserção do terreno não só de forma geo-referenciada, mas contando ainda com toda a topografia presente na malha criada com a imagem de satélite; Inserção no ArchiCAD dessa imagem por meio de comando específico para este fim. Neste momento, é necessária a realização de ajustes na própria janela 3D do programa, rotacionando ou movendo a malha com a imagem de satélite, para que se ajuste perfeitamente nas coordenadas de referência do projeto. Criação de um “layer” de trabalho específico para colocação da malha de terreno (com a imagem de satélite).

Criação e pré-definição de “layers” de projeto.

Criação de diversas “layers” de trabalho, que devem corresponder ao processo de projeto adotado, suas fases de concepção e de implementação, etapas de construção e separação das entidades ou objetos construtivos em agrupamentos por tipo ou função. Todas estas propriedades são determinadas pelos “layers”, que auxiliam o arquiteto ou projetista a organizar e racionalizar seu ambiente de trabalho e os diversos, para não dizer milhares de componentes que devem ser inseridos e/ou modelados num projeto complexo como o de um aeroporto.

Desenho e/ou colocação dos elementos construtivos (utilização de elementos construtivos nativos e de objetos GDL).

- Construção de coberturas
- Construção de terrenos
- Construção de pilares
- Construção de paredes interiores
- Construção do modelo: cortes, fachadas

- Adicionar portas / janelas
- Adicionar objetos
- Colocar escadas
- Criar zonas
- Ajustar escalas (se necessário)

(Re) Parametrização dos elementos construtivos.

Aqui ocorre o eventual ajuste dos parâmetros dos objetos criados ou inseridos no projeto, de forma que possam se configurar da melhor forma possível em relação ao universo e contextos do projeto de arquitetura. Muitas vezes, em decorrência de alguma tomada de decisão de projeto, seja em relação ao sistema construtivo adotado, ou a alguma definição de peça ou de material, torna-se necessário que outros objetos e materiais harmonizem-se com esta mudança, podendo ter seus parâmetros modificados para que assumam uma nova configuração mais adequada e racional para o empreendimento em que ela encontra-se inserida.

Documentação de projeto (automática para cortes, vistas e fachadas), estando aqui incluídas as animações, estudos solares e cenas “VRML (Virtual Reality Modeling Language)”. O “VRML” permite descrever, por meio de elementos geométricos, ambientes tridimensionais onde o usuário possa navegar e interagir.

- Zonas – extração de informação
- Listagens integradas, áreas, componentes.
- Mapas interativos
- Mapa de vãos
- Listagem de Paredes e Objetos
- Documentação 2D
- Cotagem
- Detalhes
- Documentação 3D
- Documento 3D, cotagem 3D
- Imagens renderizadas
- Representação do modelo: cortes, fachadas
- Guardar vistas
- Combinações de Vegetais
- Visualização parcial da estrutura

Análise da relação forma / função da edificação.

Nesta etapa procede-se a uma avaliação, frente aos requisitos e condicionantes de projeto, dos aspectos formais e funcionais da edificação, testando e simulando determinada situação específica, e inferindo sobre possíveis melhorias e/ou modificações que possam eventualmente ser incorporadas ao projeto.

Comunicação do projeto.

- Elaboração da prancha “tipo”;
- Criação de um “template”;
- O livro de layouts;
- Colocar vistas guardadas;
- Montagem de folhas de impressão;
- Publicação (“Input” e/ou “output” de diferentes formatos, DWG/PDF).

4.1.2 Contagem (BIM): Projeto do SBBR completo

Nesta monografia considera-se um passo como a execução de um comando ou ferramenta. Quando o comando é acionado considera-se a contagem de um passo. A entrada de parâmetros no comando é considerada outro passo. A finalização do comando é considerada um terceiro passo.

Na utilização do BIM pode-se dizer que apesar da possibilidade em se separar as tarefas por blocos de trabalho e de se quantificar um volume de tempo gasto para cada um desses blocos, a grande vantagem é que a qualquer momento pode-se voltar e alterar alguma etapa ou informação previamente configurada; fica aqui estabelecida, portanto, a natureza holística do processo, que acontece simultâneo à análise que perdura por todo o processo de projeto.

Podemos separar as atividades de configuração inicial do ambiente de trabalho, modelagem, documentação, análise, e por fim de apresentação do projeto. Esses cinco blocos principais acontecem com certa ordem e cadência, porém a grande vantagem neste modelo de processo de projeto é que a todo momento é possível a realização de “loopings” de análise, de modificações e de retomadas de decisão sem prejuízo do fluxo de trabalho, da documentação gerada e na comunicação destas mudanças a todos os parceiros e agentes intervenientes no projeto.

Com isso, pode-se verdadeiramente trazer o processo de concepção para praticamente todo o ciclo de projeto, e num sentido inverso, trazer aos estágios iniciais a simulação e processo de análise de vários aspectos e dimensões do edifício como um todo.

Esta dualidade entre se proceder a uma análise com base em algo que se tem em mente (concebido) e alterar esse mesmo elemento em seu estágio de concepção inicial para novamente ser simulado e testado em seu desempenho constitui-se na alavanca de melhoria contínua que pode ser implementada em um processo de projeto de arquitetura. O grande valor do BIM reside na capacidade que um arquiteto ou projetista, por meio de sua utilização, teriam de ação e reação de informação dentro de um projeto, em sua capacidade de manipulação de informação para construção de forma que, ao longo do processo de projeto, a concepção de uma ideia vai sendo lapidada até que as metas e requisitos e condicionantes tenham sido cumpridos e atingidos.

A separação destes cinco blocos por tempo acontece da seguinte forma:

- 1- preparação do ambiente de trabalho: inclui a configuração das unidades e variáveis do ambiente de trabalho de projeto, o georeferenciamento da localidade de implementação e da configuração de “layers” e atributos diversos. O tempo gasto para essas tarefas foi de 04 horas;
- 2- modelagem de todos os elementos construtivos e acessórios (como vegetação, mobiliário, pessoas, veículos, etc.) da edificação, perfazendo um tempo aproximado de 240 horas;
- 3- documentação de projeto, em torno de 60 horas;
- 4- análise e discussão do projeto: aproximadamente 06 horas;
- 5- apresentação e comunicação do projeto, gastando em torno de 100 horas de trabalho, aqui incluídas as animações e renderizações.

O tempo total aproximado gasto neste projeto com a utilização da ferramenta BIM foi de 410 horas de trabalho, ou aproximadamente 17 dias de trabalho realizado por uma única pessoa. A análise deste processo nos mostra que a maior parte do tempo despendido foi na etapa de modelagem de informações de projeto.

A parte de configuração inicial deve ser realizada com muita atenção por parte do arquiteto ou projetista, uma vez que estabelece as bases do ambiente de trabalho, onde são configuradas as fases de projeto (básico, ante-projeto, executivo), as unidades métricas, os “layers” e grid’s que variam de projeto para projeto e ajudam ao arquiteto na abordagem de projeto e está arraigada na própria forma como o processo de projeto se estrutura. A etapa de documentação, apesar de automatizada, envolve a seleção da informação de projeto, na colocação de textos e cotas (que também podem ser automatizados), a definição de vistas e câmeras que representam diversos pontos de vista selecionados pelo arquiteto para melhor demonstrar o projeto e suas particularidades.

4.1.3 Fases Definidas BIM

A figura abaixo ilustra as tarefas genéricas de um projeto de arquitetura num aplicativo BIM. Nota-se que a maior parte do tempo, o arquiteto encontra-se envolvido com tarefas de concepção e de análise, sendo que a documentação vai se atualizando a cada mudança nas variáveis de projeto, gerando consistência de dados no processo de projeto.

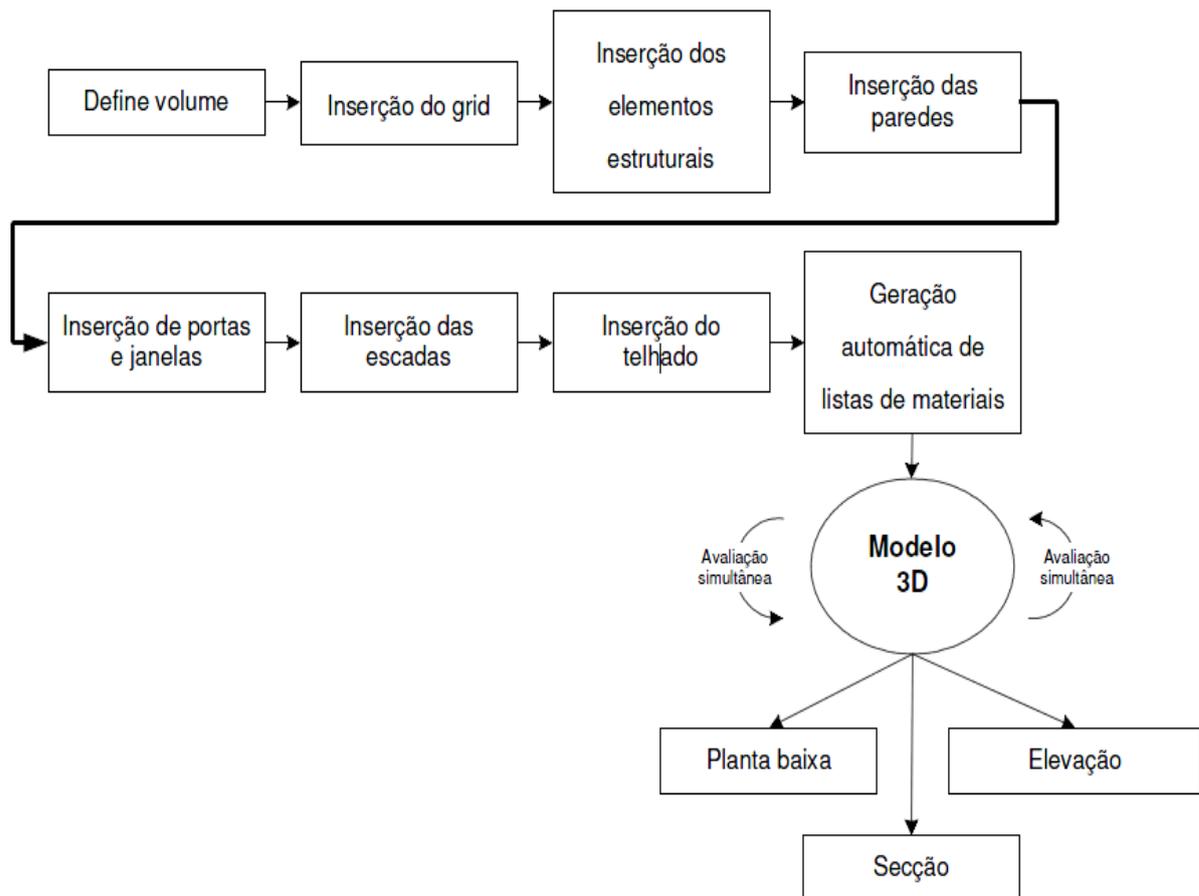


Figura 7: fases definidas BIM. Fonte: documentação nativa do aplicativo ArchiCAD.

As fases definidas pela utilização do BIM caracterizam-se pela ênfase nos processos de concepção e de análise de projeto frente aos requisitos e condicionantes a que o projeto deve atender. Desta forma, ocorre a complementação à idéia original, das informações oriundas dos processos de simulação e de análise de condições favoráveis e desfavoráveis, na busca de propostas e de soluções de melhoria para o projeto. Esta capacidade de análise e de síntese de informação propicia um ambiente favorável para o ambiente da engenharia simultânea, que congrega informações de diferentes áreas na concepção e na execução de uma edificação.

As fases definidas do processo de projeto que utiliza BIM constituem-se pelas atividades de modelagem, amparadas por um processo de análise e de geração de documentação que, exatamente por ser automatizado, permite que se modifique o modelo único 3D para que este possa refletir o resultado das análises e tomadas de decisão no desenvolvimento do projeto. Essa situação praticamente elimina qualquer separação entre os processos de concepção e de documentação, constituindo-se numa novidade para o processo de projeto atual. Tal simultaneidade permite um novo patamar de análise e de incorporação da mesma à idéia da concepção do projeto. A discussão da formatação e das soluções propostas com todos os integrantes da equipe de projeto e a possibilidade de cada um inferir e modificar o modelo 3D, que sofre contínuo processo de análise e discussão pelos demais projetistas e agentes intervenientes, gera uma maior qualidade do produto final, apresenta maior aproveitamento dos recursos e do conhecimento das diversas áreas de projeto, e maior rapidez no processo de projeção como um todo, o que tem representado um grande diferencial competitivo de mercado.

A indústria da arquitetura, engenharia e construção (AEC) segue a anos sofrendo com a fragmentação e pelo desperdício inerentes às suas atividades, e no momento depara-se com uma incrível possibilidade de mudança e de melhoria, mas que passa por uma também incrível defasagem de conhecimento e tecnológica, inclusive representadas por dificuldades em se estabelecerem padrões interoperáveis e normas aceitas e difundidas pelo setor. O BIM representa a possibilidade de se criar um ambiente de convergência do saber para o planejamento e construção de edificações, onde a prática profissional acontece integrada ao desenvolvimento e gestão de novos conhecimentos e de soluções técnicas, formais e funcionais, de compartilhamento de informação e de dados e de representação desse processo colaborativo nos âmbitos jurídico e organizacional.

O processo de projeto que utiliza BIM constitui-se basicamente da virtualização da edificação. Aliado a esse processo está o processo de trabalho, o modelo de negócios e a estrutura organizacional que constituem-se no ambiente ou contexto do projeto. O que acontece é que existe uma interdependência entre os dois processos, de forma que quanto maior for a cooperação e a configuração organizacional, melhor será a contribuição do software enquanto ferramenta para que na união dessas duas atividades possa nascer e florescer o BIM, enquanto processo humano de gestão do conhecimento para planejamento e construção de edificações.

A grande diferença em termos de fases definidas de processo de projeto arquitetônico acontece na questão dos fluxos de informação que não são mais lineares, ou seja, que o processo de concepção não precisa mais necessariamente estar atrelado a uma linha do tempo, mas pode ocorrer em todas as fases do processo. Da mesma forma, o processo decisório pode se antecipar e se implementar com o passar das fases, por meio da simulação de novas propostas e soluções de projeto. Os processos de trabalho tornam-se diluídos na massa de composição que não só precisa como sofre transformações (mutações) para adequação aos requisitos e condicionantes de projeto.

Portanto a ocorrência do processo de análise e o enriquecimento do processo decisório constituem-se em importantes fatores de promoção da qualidade, sustentabilidade e eficiência no planejamento e na construção de uma edificação. O ganho humano e em termos de conhecimento não pode ser precisado neste momento, mas as transformações nas práticas e nos modelos de negócios, bem como das edificações de uma forma geral irão com certeza trazer profundas transformações na sociedade e na forma como a arquitetura é pensada, projetada e experimentada. A incidência de transformações nas fases do processo de projeto acarreta repercussões bem maiores do que simplesmente sobre a forma como realizamos o projeto, mas também na estrutura das organizações e no modelo de negócios que juntos perfazem o ambiente em que se desenvolve a AEC.

4.1.4 Informações Geradas (BIM)

O processo de projeto teve início por meio de visita técnica ao Aeroporto Internacional de Brasília - SBBR para que fosse possível um bom entendimento do projeto e de suas nuances. Foram tiradas fotos no local e foi realizado um levantamento dos aspectos técnicos, estruturais e funcionais da edificação.

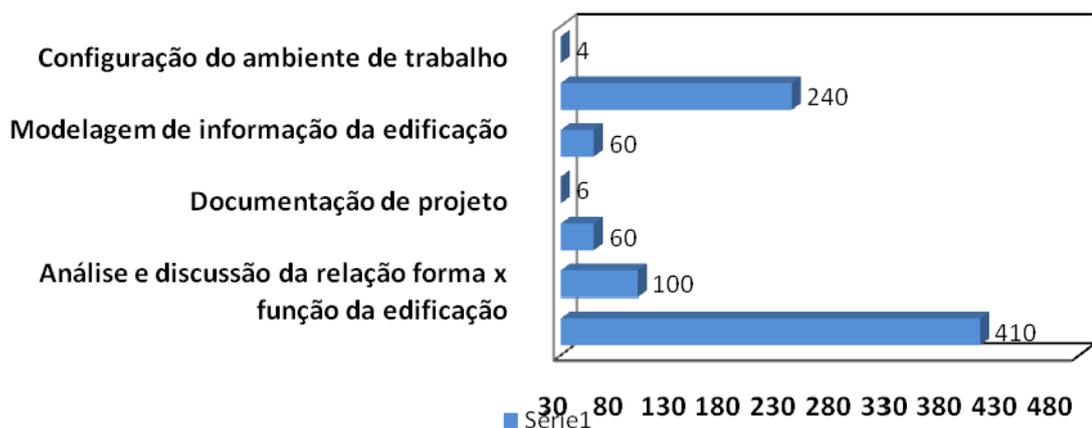
Em seguida, foram sistematizados os requisitos que nortearam a definição do projeto do terminal de Passageiros Satélite Sul do referido aeroporto e iniciou-se a montagem do organograma (esquema básico de distribuição dos espaços e fluxos internos) utilizando as funções bidimensionais do ArchiCAD12. Nesta etapa foram observadas as questões de funcionalidade dos espaços internos. Uma vez definida a planta, o estudo partiu para a análise do projeto em 3D, por meio da modelagem de todas as partes da edificação, distribuídas em vegetais (“layers”) de acordo com o piso (nível) em que se encontravam, além da separação por agrupamento funcional de objetos, por exemplo, o vegetal “Pilares_térreo”, ou “Vigas_primeiro_piso”.

Procedeu-se então a uma análise dos espaços por meio da distribuição de mobiliários urbano e da própria edificação, acessórios ao projeto. O projeto foi então considerado finalizado e deveria ser submetido à aprovação de um eventual cliente, sendo que uma vez aprovado, iniciar-se-ia o anteprojeto. O arquiteto deveria ser o responsável pelo projeto arquitetônico e os projetistas parceiros em elaborar os projetos complementares. Em seguida deveria ser elaborado o projeto executivo e depois o projeto legal. Em todas essas etapas o ArchiCAD fornece um ambiente inteligente de gestão de informação de projeto e de documentação automatizada, o que possibilita o acompanhamento e a gestão do fluxo de informação em todas as fases do processo de projeto arquitetônico.

Para a elaboração do projeto executivo, o arquiteto ou projetista utilizaria os objetos paramétricos para compor as paredes, portas, janelas e todos os outros componentes construtivos. Ao projetar desta maneira, tanto o modelo 3D, como as vistas e os cortes, são gerados automaticamente, facilitando o trabalho do projetista. A partir do modelo 3D são retiradas diversas informações do projeto, como quantitativo de materiais, tipo de componentes, dimensões, volumes de material, resumo de esquadrias contendo material, quantidade, tipo de abertura e dimensões. Para apresentação do projeto ao eventual cliente pode ser feita a renderização no software Atlantis, da Abvent que possibilita a geração de diversas imagens foto-realísticas. A informação gerada pelo sistema BIM permanece ativa e pode ser utilizada durante todo o ciclo de vida da edificação, sendo esta uma das grandes vantagens do sistema, que funciona uma estrutura central de informação da edificação, servindo como uma base de dados de consulta para serviços de manutenção predial e para eventuais readequações ou ampliações do espaço construído.

As informações geradas pelo BIM estão sempre à disposição, porque permanecem ativas no banco central de informação (modelo virtual), de forma que a qualquer momento podemos requisitar relatórios, planilhas, detalhes de desenho e de fabricação de peças estruturais, que estarão sempre atualizados em relação a eventuais modificações feitas no projeto. A documentação acompanha (de forma simultânea) os processos de concepção e análise de projeto, de forma que basicamente, o foco do arquiteto ou projetista volta-se para estas atividades de criação e de validação destas propostas. Talvez o maior diferencial, sem falarmos no ganho em termos de tempo e recursos, sejam os ganhos no processo de análise que tamanho volume de informação sistematizada de projeto de edificação pode trazer na capacidade não só na capacidade de visualização tridimensional, mas na simulação de diversas alternativas e soluções conceituais de projeto que permitam ao arquiteto ou projetista uma profunda capacidade de análise e síntese dos condicionantes e requisitos projetuais em uma proposta de concepção sólida e criativa em termos de soluções. Pôde-se notar na projeção do TPS com o BIM uma maior fluidez no processo de projeto e um maior domínio das variáveis e da informação de uma forma geral, de forma a propiciar uma maior clareza na formatação da idéia conceitual e no atendimento dos requisitos e condicionantes do projeto. Outro fator importante foi a facilidade com que as alterações de projeto incorporam-se na documentação, possibilitando maior liberdade de criação ao arquiteto.

Organograma de Processo (BIM) - Quantitativo (Passos/Tempo)



*** Tempo total equivalente a aproximadamente 17 dias (se o trabalho fosse realizado de forma ininterrupta)**

Figura 8: contagem de passos por tarefas – BIM

Observação: Nesta monografia considera-se um passo como a execução de um comando ou ferramenta. Quando o comando é acionado, considera-se a contagem de um passo.

A entrada de parâmetros no comando é considerada outro passo. A finalização do comando é considerada um terceiro passo.

Pode-se notar que a maior parte do tempo foi despendida na modelagem e configuração de parâmetros, porém, esta atividade perfaz o cerne do processo produtivo neste aplicativo e está associada à geração de documentação. O fluxo de trabalho funciona com o foco voltado para o objeto em um processo que congrega informação e que estimula a capacidade de análise do arquiteto ou projetista.

A análise de desempenho do BIM, obtida por meio da contagem dos passos por tarefas (em horas – projeto global), demonstra que:

- 1- Configuração do Ambiente de Trabalho:** ocorre de forma mais ou menos previsível, uma vez que o processo é semelhante ao de outros aplicativos CAD. Porém, no BIM este processo é mais complexo, uma vez que nesta etapa ocorre a configuração dos níveis de trabalho, onde posteriormente serão inseridos os pisos da edificação.
- 2- Modelagem de informação da edificação:** esta é a etapa mais complexa e trabalhosa do processo de projeto no BIM, uma vez que se constitui no cerne do processo de desenvolvimento do projeto. Não basta simplesmente desenhar ou modelar os objetos e elementos constituintes da edificação, mas é preciso configurar os parâmetros de cada objeto para que fiquem em consonância com as características que se deseja imprimir a eles e com os demais elementos e objetos que fazem parte do projeto.
- 3- Documentação de projeto:** a etapa de documentação de projeto ocorre de forma automática em termos da incorporação da informação contida nos parâmetros dos objetos que compõem a edificação. Porém, nesta etapa devem ser realizada a cotagem e a colocação dos textos e demais informações referentes ao projeto, o que acontece de forma manual, na maior parte do tempo.

- 4- **Análise e discussão da relação forma x função da edificação:** esta etapa caracteriza-se pela reflexão sobre a relação entre a forma da edificação e sua função (que deve estar em consonância com os parâmetros realizados no projeto), possibilitando ao arquiteto avaliar se os parâmetros que foram configurados até o momento atendem aos requisitos e condicionantes de projeto, e se esteticamente as soluções propostas atendem aos objetivos e ao partido arquitetônico.

- 5- **Readequação do projeto (parâmetros):** nesta etapa ocorre a readequação dos parâmetros e do modelo virtual como um todo, em função de alguma alteração oriunda do processo de análise. Esta tarefa faz com que todos os elementos de projeto estejam atualizados e em sintonia com o processo decisório de projeto, espelhando as alterações realizadas.

- 6- **Apresentação e comunicação de projeto:** o ArchiCAD mostrou-se bastante eficiente nas atividades de apresentação e de comunicação do projeto, onde foram geradas diversas imagens renderizadas e animações para possibilitar o perfeito entendimento do projeto.

4.1.5 Análise Qualitativa:

Análise das Vantagens e Desvantagens do Modelo BIM

As vantagens do uso da modelagem no BIM vão muito além da criação de maquetes eletrônicas e a implementação de maior agilidade no processo de produção de documentações de projeto. Assim como nas indústrias automobilística e aeroespacial, a visualização tridimensional do modelo permite verificar as inadequações e incompatibilidades instantaneamente, auxiliando nos processos de decisão de maneira intuitiva, em todas as etapas do projeto. Esta habilidade constitui-se em um importante diferencial no mundo corporativo da AEC atualmente. A capacidade de visualização e de simulação do BIM propicia uma maior profundidade nos processos de análise e de simulação de propostas e de soluções de projeto, amparando o processo decisório ao longo do projeto. Outro ponto importante é a consolidação das informações que constituem o projeto. Uma vez que se utiliza de uma base de dados unificada para todo o conteúdo de informação, as modificações em um determinado documento (por exemplo, uma planta baixa do projeto arquitetônico), propagam-se para os demais documentos envolvidos automaticamente, garantindo assim a agilidade nas atualizações, modificações e confiabilidade no acesso às informações.

A maior vantagem apresentada pelos sistemas BIM é oferecer possibilidades de mudança não só no processo de projeto de arquitetura, mas possuindo também implicações em todo um ambiente colaborativo de trabalho que geralmente encontra-se inserido em um modelo de negócios e de mercado, e em uma dada estrutura organizacional. Se grande parte do processo de projeto acontece, no BIM de forma automática e o volume e a disponibilidade de dados favorece aos processos de análise e de tomada de decisões, é de se esperar que estas capacidades amplifiquem a capacidade projetual do arquiteto, seu repertório criativo e as práticas empregadas no processo de projeto arquitetônico.

Tais caminhos de mudança constituem-se em uma grande oportunidade não só de revisão das atuais práticas de projeto e de obra, mas da própria estrutura das organizações, dos modelos de hierarquia e responsabilidade adotados, que possuem repercussões contratuais e jurídicas, e o mais importante, que todo esse contexto acontece em um ambiente de melhoria contínua de concepção e de construção de edificações de maior qualidade final (ambiental, estrutural, estética e funcional), em prazos menores e a custos mais baixos. Uma detalhada representação tridimensional é essencial a qualquer sistema CAD BIM (Lee *et al.*, 2006). Porém em projetos arquitetônicos, a visualização não é um fim em si mesma – ela faz parte de um processo conjunto de modificações e verificações sucessivas, que leva ao produto final (Bouchlaghem *et al.*, 2005).

Portanto, é essencial que o *software* de projeto ofereça recursos que favoreçam a representação e a visualização bem como permitam a modificação dos elementos de forma direta e intuitiva. As implicações do uso dos recursos tridimensionais em um CAD BIM vão muito além da confecção de perspectivas ou maquetes eletrônicas. A geração de elementos tridimensionais pretende auxiliar a antever o resultado espacial das escolhas de projeto, e eliminar as possíveis interferências entre os elementos construtivos e erros antes do início da construção. Esse processo de análise prévia, baseada em modelos ou protótipos virtuais, já é prática comum nas indústrias manufatureira, metal-mecânica e aeroespacial, sendo conhecido como modelagem do produto (Huang *et al.*, 2007).

Nos CAD's BIM, a modelagem do produto inclui o conceito de “modelo virtual”: um conjunto de objetos paramétricos representando a edificação em ambiente virtual. Desse conjunto de objetos são extraídas automaticamente as representações, documentações, relatórios quantitativos, especificações dos materiais, análises físicas, etc.

Isso é possível porque os CAD's BIM estruturam o modelo como bases de dados contendo as informações de cada objeto paramétrico, e a partir do acesso centralizado à elas realizam-se processamentos complexos e a geração de documentações estruturadas automaticamente. A centralização da informação permite que as atualizações sejam facilmente registradas, e modificações em uma parte do projeto (p. ex. em um corte) propagam automaticamente atualizações em outras (p. ex. nas elevações). O nível de informação apresentado pode ser controlado, de acordo com a etapa do processo de projeto: de mais dirigido à composição e configuração dos espaços no início do processo, a detalhamentos construtivos ou análises de desempenho ao final.

Os objetos paramétricos podem também ser referências diretas a produtos desenvolvidos por fabricantes, como janelas, peças pré-fabricadas e acessórios. Estes objetos e suas atualizações podem ser obtidos diretamente via internet e futuramente ajustarem automaticamente o seu comportamento aos aspectos do projeto. Por exemplo, objetos representando peças estruturais, que se configuram automaticamente de acordo com os vãos e tipos de apoios definidos (Ibrahim *et al.*, 2004).

A crescente demanda por processos mais racionais e de melhor desempenho na indústria da construção é amplamente observada pelos estudos científicos da área. Observa-se também a complexidade cada vez maior dos sistemas construtivos e das exigências de desempenho no seu funcionamento, visando a economia de recursos e a redução do impacto ambiental gerado por eles. O volume de informações necessário para a geração de produtos dentro deste contexto aumenta rapidamente, e são demandados novos sistemas ou novas abordagens para o processamento dessas informações (Häkkinen, 2007).

Sendo o CAD BIM, em essência, um sistema de gestão de informações, o seu uso pode se tornar em muito pouco tempo uma forma viável para projetistas se inserirem ou se manterem no mercado, frente a esses novos paradigmas. Embora ainda sejam poucos os estudos quantificando as vantagens obtidas pelo uso dos CADs BIM, as pesquisas na área de tecnologia de informação concordam em relação à sua influência positiva sobre o desempenho do processo de projeto e a respeito da irreversibilidade da transição do CAD geométrico para o BIM.

Entretanto, não somente a ferramenta utilizada na geração das documentações projetuais deve ser modificada: o próprio processo de projeto deve sofrer alterações, dado as novas possibilidades oferecidas pela tecnologia.

As desvantagens do BIM, por outro lado, não são poucas:

- 1- o BIM requer mudanças de ordem estrutural, não só nos processos empresariais e de projeto, mas que passam pelo modelo de negócios que envolve a divisão de responsabilidades e de patrimônio intelectual, tarefas, hierarquias organizacionais, ou seja, em praticamente todos os processos geradores e resultantes envolvidos no planejamento e na construção de uma edificação;
- 2- as mudanças necessárias para a implementação de um sistema BIM representam recursos tanto financeiros, humanos quanto materiais, acarretados pelas transformações na estrutura organizacional da empresas, na prática profissional, no modelo de negócios, enfim em todo o ambiente em que o projeto encontra-se inserido;
- 3- o BIM se caracteriza como um ambiente único e centralizado de informações de projeto e de obra. É fundamental que os profissionais envolvidos e participantes do projeto tenham um bom conhecimento não só da sua área profissional específica, mas de todo o setor da construção onde o projeto acontece, uma vez que qualquer alteração que se faça no modelo repercute no projeto de toda a equipe.
- 4- o BIM necessita considerável investimento em recursos humanos e treinamento de equipes de trabalho, indo, porém, além da simples capacitação em uma nova ferramenta ou sistema computacional, mas atingindo questões culturais que foram sedimentadas por meio da atual prática profissional;
- 5- devido à falta de conhecimento e à incipiência na utilização de novas ferramentas computacionais de projeto no Brasil, a utilização do BIM no país acontece de forma isolada e pontilhada pelo mercado, o que acarreta dificuldades por se trabalhar fora do padrão atual que ainda é o do CAD tradicional, e em de fato se estabelecer um ambiente BIM não só internamente na empresa, mas com todos os parceiros de projeto representados pelas áreas complementares de estruturas e instalações que deveriam também estar inseridos no ambiente BIM;
- 6- na utilização de qualquer sistema computacional para projeto, pode se considerar a própria ferramenta como indutora e passível de influenciar o processo criativo.

Apesar de estudos nesta área ainda não terem sido realizados, dada a maior participação do BIM no processo de projeção, imagina-se que o fator de indução da ferramenta no processo de concepção da idéia ou solução de projeto possa, também, ser maior, principalmente no que se refere às bibliotecas de elementos construtivos nativa, que representa uma limitação no repertório projetual à disposição do arquiteto ou projetista.

Conclusão da análise qualitativa do processo que utiliza o BIM

O BIM representa, sem sombra de dúvida, um grande avanço nas questões relacionadas à gestão de informação no processo de projeto e nas implicações em termos de desempenho, eficiência e de capacidade de análise envolvidas em sua utilização.

A grande questão é que as mudanças representadas pela implementação destas práticas em uma empresa ou organização requerem que os processos relacionados ao projeto de arquitetura, sua relação com os projetos de outras áreas complementares, as responsabilidades envolvidas e repartidas pelos profissionais envolvidos e até mesmo a própria estrutura destas empresas e organizações devem ser revistas e repensadas, sob pena de o BIM simplesmente não acontecer, e todos os seus benefícios serem perdidos.

A razão se deve ao fato de que o BIM constitui-se pela afinção de todas estas partes, como numa máquina ou num motor, em que cada parte ou peça desempenha um papel fundamental para o funcionamento do todo, ao mesmo tempo, a falta de algum componente representa a perda de funcionamento do conjunto.

Portanto, não é possível se proceder a uma implementação simplista dos conceitos e capacidades do BIM sem estabelecer em todos os níveis e processos envolvidos em determinado empreendimento a compatibilização harmônica entre estas partes e a criação de interfaces que possibilitem que funcionem de forma colaborativa, para que, ao somatório de todo este processo, o BIM possa finalmente acontecer.

O aplicativo demonstrou grande eficiência para realização do projeto do Aeroporto de Brasília. As etapas de modelagem e de documentação acontecem de forma integrada. O ArchiCAD possui diversas ferramentas nativas que permitem a modelagem de praticamente todos os elementos construtivos principais de uma edificação.

Todos os objetos ou elementos do aplicativo são paramétricos e, portanto, devem ser configurados para que assumam as características desejadas de projeto. A grande característica dos aplicativos BIM, é que permitem esta integração entre o modelo tridimensional e virtual com a informação ou dados, de forma a espelharem um ao outro.

Isto faz com que se possa contemplar e compreender o universo de projeto sob diversas faces e ângulos, seja o de visualização 3D, ou a quantificação e qualificação dos elementos constituintes do modelo, o fato é que o processo é totalmente integrado e não linear, oferecendo diversas maneiras de se realizar a concepção e análise de uma edificação, devido à flexibilidade com que a documentação pode ser atualizada nos processos de mudança, e à capacidade de realizar simulações de condições favoráveis e/ou desfavoráveis ao empreendimento, que expressem diferentes propostas e soluções que integrem um processo de contínua melhoria incorporada ao processo de projeto de arquitetura.

4.2 Processo de projeto atual que utiliza o AutoCAD

4.2.1 Contagem de Passos AutoCAD - (por tarefas)

Preparação e customização do ambiente de trabalho:

- Configuração do ambiente AutoCAD;
- Configuração da interface AutoCAD;
- Configuração do “workflow” de documentação;

Criação e pré-definição de “layers” de projeto:

Criação de diversas “layers” de trabalho, que devem corresponder ao processo de projeto adotado, suas fases de concepção e de implementação, etapas de construção e separação das entidades ou objetos construtivos em agrupamentos por tipo ou função.

Todas estas propriedades são determinadas pelos “layers”, que auxiliam o arquiteto ou projetista a organizar e racionalizar seu ambiente de trabalho e os diversos, para não dizer milhares de componentes que devem ser inseridos e/ou modelados num projeto complexo como o de um aeroporto.

Desenho dos elementos construtivos (requer agrupamento por blocos):

Consiste no desenho geométrico e agrupamento por blocos e por “layers” destes desenhos.

- Construção de terrenos
- Construção de pilares
- Construção de vigas
- Construção de paredes interiores
- Construção de coberturas
- Construção do modelo: cortes, fachadas
- Adicionar portas / janelas
- Adicionar objetos
- Colocar escadas
- Ajustar a escala

Colocação dos elementos construtivos nos “layers” correspondentes:

No AutoCAD, os elementos construtivos criados devem ser relocados para “layers” de trabalho específicos, sob pena de, com a inserção de mais elementos no desenho, tornar-se impraticável a visualização, edição e manipulação do projeto como um todo. A correta separação dos elementos de projeto por “layers” permite que se faça a gestão de informação, bem como que se “isole” determinados elementos ou categorias de elementos. Nesta etapa ocorre, portanto, a definição por “layer” de cada um dos elementos construtivos do projeto. Isto se torna de grande utilidade, quando da realização do desenho, podendo-se trabalhar o projeto por partes, ligando-se ou desligando-se os “layers” desejados. A ordenação do ambiente de projeto por “layers” racionaliza o processo de projeto e permite que o arquiteto possa trabalhar com um volume complexo de informações.

Criação de pranchas com escalas (“viewports”) no ambiente “Paper Space”:

Nesta etapa aconteceu a configuração do ambiente de apresentação e aprovação legal de projeto, com a criação de pranchas que podem vir de um “template” da empresa ou escritório, e que contêm o carimbo e legendas porventura neles adotados. Dentro destas pranchas são criadas “viewports” que representam as vistas que mostram o projeto que se encontra desenhado no ambiente “model space” do aplicativo, e podem ser visualizadas em diferentes escalas. Diferentes “viewports” são, portanto, criados, e mostram as plantas, cortes, fachadas e detalhamentos e perspectivas do projeto de arquitetura.

A “viewport” funciona como uma câmera, que assume determinado ponto de vista, e passa a mostrar o que foi desenhado no ambiente “model space”. Se o desenho do projeto for alterado no “model space”, automaticamente o desenho será modificado no “paper space”. Porém, as cotas e demais parâmetros de um projeto CAD não estão sujeitos a qualquer tipo de automatização e integração, o que gera dificuldade de consistência e qualidade na manipulação de dados.

Colocação de cotas e de texto referentes ao projeto:

Apesar da prática corrente em muitos dos escritórios e empresas de arquitetura no Brasil, todas as cotas e textos do projeto devem ser colocados no ambiente “paper space” do aplicativo. A estrutura do aplicativo foi desenvolvida para que se trabalhe dessa forma, cujo único inconveniente é a necessidade de ajuste manual na escala de cada “viewport” e a configuração de cotas correspondentes às diversas escalas empregadas no projeto.

Documentação de projeto, como, por exemplo, memorial descritivo, legendas e anexos (manual para cortes, vistas e fachadas):

- Layers – extração de informação;
- Listagens integradas, áreas, componentes. (manualmente);
- Dados Interativos (manualmente);
- Mapa de Vãos;
- Listagem de Paredes e Objetos;
- Documentação 2D;
- Cotagem da edificação;
- Detalhamento (manual);
- Representação do modelo: cortes, fachadas.

Análise da relação forma / função da edificação:

Nesta etapa procedeu-se a uma avaliação, frente aos requisitos e condicionantes de projeto, dos aspectos formais e funcionais da edificação, testando e simulando determinada situação específica, e inferindo sobre possíveis melhorias e/ou modificações que pudessem eventualmente ser incorporadas ao projeto. É importante ressaltar que o método de projeção atual, que se utiliza do CAD genérico (nesta pesquisa o AutoCAD 2008), precisa repetir esses passos tantas vezes quantos forem as pranchas de projeto. (São treze pranchas no projeto).

Esta rotina acontece então para a formação de uma planta baixa, repetindo-se para outra planta de algum outro pavimento, para os cortes, fachadas, ou seja, o processo de projeto de uma ferramenta como esta fica representado pelo somatório das repetições de uma rotina semelhante. O mais importante a ser observado neste ponto é que qualquer alteração que aconteça na documentação acarreta enorme quantidade de re-trabalho e de compatibilização da informação no projeto.

Tal limitação acarreta inconsistências nos processo de projeto e dificultam a coordenação e compatibilização de projetos, bem como a realização de eventuais alterações na documentação de projeto. Portanto, o processo de análise fica também comprometido, em decorrência da qualidade da informação disponível e da possibilidade de se existir informação errônea incorporada na informação e na documentação de projeto.

4.2.2 Contagem do Tempo (AutoCAD)

Em termos de tempo, a contagem pode ser dividida em blocos de tarefas, da seguinte forma:

- 1- Bloco A – representado pela preparação do ambiente de trabalho (inclusive “layers”) e modelagem (ou desenho) dos elementos construtivos;
- 2- Bloco B – Criação das pranchas de apresentação (“Paper Space”) e colocação de cotas e de texto;
- 3- Bloco C - Documentação (memorial descritivo, legendas e anexos) e análise entre a forma e a função da edificação.

Portanto, temos três blocos de tempo que generalizando podemos dizer que possuem o mesmo tamanho se considerada a quantidade de tarefas. Os dados referentes à execução das plantas do TPS – SBBR foram de aproximadamente 72 horas para cada prancha, o que corresponderia a aproximadamente um prazo de 24 horas para cada bloco de tempo e um prazo total de 936 horas de projeto ou 39 dias para execução, sendo todo o trabalho realizado por apenas uma pessoa.

Fases Definidas (AutoCAD)

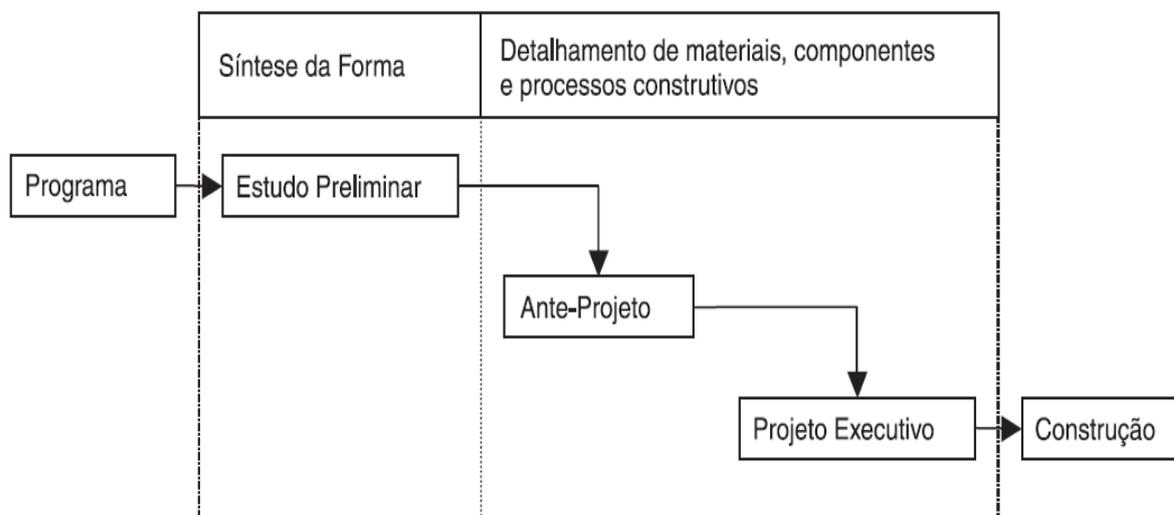


Figura 9: identificação das etapas onde as ferramentas CAD têm funções diferenciadas, no ciclo de projeto. Fonte: autoria própria.

A síntese da forma é a atividade onde o arquiteto ou projetista deve partir de um conjunto de requisitos do programa de necessidades e condicionantes e propor uma configuração espacial que não só atenda a esses requisitos, mas que também seja viável dos pontos de vista estrutural, econômico e ambiental. Aqui está o cerne da atividade profissional e criativa do arquiteto no processo de projeto. As características que se esperam de uma ferramenta CAD para esta etapa são a facilidade na manipulação de objetos, criação e visualização virtual. A etapa seguinte consiste basicamente em se agregar à configuração inicial toda a informação de projeto e detalhamento necessário para que este possa ser executado e/ou licitado. Nesta etapa, espera-se que as ferramentas CAD apoiem o desenvolvimento do projeto tanto no que se refere à incorporação de novas informações e geometria ao modelo, quanto na comunicação e compartilhamento do projeto, da informação e dos dados gerados para que profissionais de diversas áreas possam realizar os projetos complementares.

O aspecto mais importante a se ressaltar neste método de projeto é que uma vez que se ultrapasse a fase de síntese, não existe volta para que uma nova solução ou proposta sejam incorporadas ao projeto, uma vez que o desenvolvimento do projeto e o enorme volume de documentação gerado neste processo constituem-se em uma barreira devido à enorme tarefa de re-trabalho envolvida nesta situação. Resta ainda a análise de pequenas alterações de projeto, que passam pelo incômodo óbvio de terem que ser atualizadas individualmente em cada uma das pranchas ou arquivos do projeto, o que pode ser uma fonte de erros e de omissões.

4.2.3 Informações Geradas (AutoCAD 2008)

O processo de modelagem (desenho) do Aeroporto Internacional de Brasília – SBBR no AutoCAD tem início com o levantamento de dados junto à INFRAERO, mais especificamente em seu setor de engenharia para que se faça o levantamento de todas as informações referentes ao projeto do Terminal de Passageiros Satélite Sul do referido aeroporto, bem como do Manual de Critérios e Condicionantes (MAGES) adotado pela empresa e das práticas profissionais que devem ser observadas na atividade de projeto (SEAP). De posse destas informações foi feita uma análise do projeto, espelhada por uma visita técnica realizada em todas as dependências do SBBR, sistemas de pistas e pátios, terminais de passageiros e de cargas, e torre de controle, podendo ser observados requisitos técnicos e operacionais das áreas de segurança, engenharia, operacional e comercial.

Visitas semelhantes foram realizadas pelo autor aos aeroportos do Galeão, no Rio de Janeiro e de Guarulhos e Viracopos, em São Paulo. Tais visitas são elementos valiosos na formação de uma visão ampliada do setor aeronáutico brasileiro, principalmente naquilo o que se refere à infraestrutura aeroportuária. A correta compreensão do sistema como um todo e do inter-relacionamento entre suas diversas partes constituintes permite que se tenha noção da dimensão e da importância da atividade de planejamento e de provimento de instalações aeronáuticas. O próximo passo foi a re-projeção feita pela Themag Engenharia S/A para a Infraero.

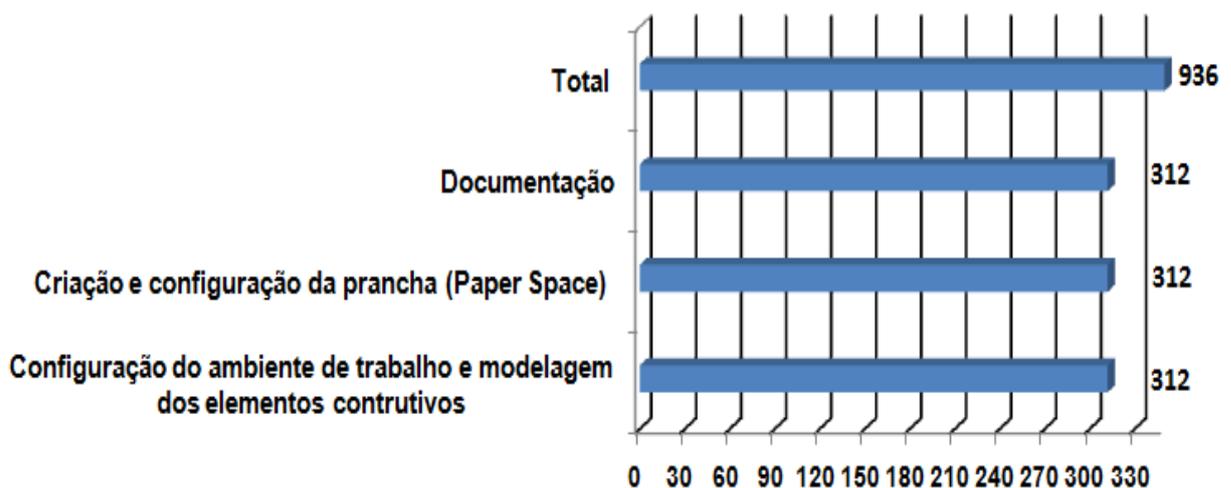
Como este processo foi feito sob análise, foi possível inferir algumas informações, como fases definidas e a contagem de passos (por tarefas) que permite uma análise do ponto de vista da produtividade deste método de projeto (CAD). Estas informações puderam ser comparadas com os dados obtidos de um estudo semelhante feito com o modelo de processo de projeto que se utiliza do BIM, de forma a possibilitar o estabelecimento de diferenças entre os dois modelos, além de apontar as vantagens e desvantagens de cada um isoladamente.

O modelo CAD tradicional parece ser um ambiente de transição (inclusive tecnologicamente) para o ambiente BIM, com certeza uma evolução do primeiro, mas com uma série de peculiaridades e diferenças que não tornam a análise de benefícios e potencialidades de cada um algo simplório de ser feito, mas que depende da observação de uma série de fatores e consequências da utilização de cada método específico.

As implicações e expectativas, análise de benefícios e entraves, aplicações e potencialidades representam um dos objetos de estudo nesta pesquisa. As informações que são geradas por um sistema CAD genérico, como o AutoCAD, são simplesmente aquelas referentes aos desenhos geométricos, que normalmente encontram-se separados em diversos arquivos digitais. Tais informações devem ser sistematizadas e coordenadas de forma manual para que não ocorra inconsistência de informação ou de dados ou duplicidade de informação. Um grande problema neste método é que a informação que não pode ser parametrizada no aplicativo fica à deriva, quando muito impressa em um memorial descritivo ou em anexos, sendo que o mais comum é esta informação permanecer na cabeça dos projetistas, perfazendo um capital intelectual que deveria estar incorporado na informação de projeto, e sobretudo, deveria estar contemplado no domínio intelectual da empresa ou organização para o qual o arquiteto trabalha. As informações geradas em um projeto CAD necessitam de atualização manual, no caso de ocorrer uma eventual alteração ou acréscimo ao projeto original. Nota-se aqui que o desenvolvimento da idéia conceitual e a habilidade de se promoverem mudanças que levem a processos de melhorias no projeto ficam, senão comprometidas, com certeza à reboque do desenvolvimento de documentação técnica que, inclusive, deveria servir de amparo à tomada de decisões no processo de projeto. A utilização do AutoCAD em projetos de funções complexas, como aeroportos, em razão do exposto acima, fica comprometida entre outros fatores, em decorrência das limitações em relação à gestão da informação, que não pode ser parametrizada, que não ocorre de forma automática e está propensa ao acúmulo de erros no andamento do processo de projeto de arquitetura.

Processo (AutoCAD)

Quantitativo (Passos/Tempo) em horas:



* - tempo total de aproximadamente de 39 dias

Figura 10: contagem de passos por tarefas – CAD

Observação: Nesta monografia considera-se um passo como a execução de um comando ou ferramenta. Quando o comando é acionado considera-se a contagem de um passo. A entrada de parâmetros no comando é considerada outro passo. A finalização do comando é considerada um terceiro passo. O fluxo de trabalho no AutoCAD acontece de forma linearmente trabalhosa, onde o processo de entrada de informação é lento e vai se acumulando como numa pilha. É comum que, se o arquiteto permanece afastado por um tempo consideravelmente longo do processo de projeto, tenha dificuldade em entender a informação contida neste processo e entender onde estão os dados que fazem conexão com o que já está sendo modelado ou desenhado. Pode-se observar que as três etapas possuem, aproximadamente, o mesmo tempo de execução, o que demonstra que o aplicativo funciona de forma linear, servindo, realmente, apenas para automatização do processo de desenho, ou em outras palavras, como uma simples prancheta eletrônica. Isto representa um papel secundário que a tecnologia desempenha no processo de projeto assistido por computador, e limita a utilização do aplicativo no mundo corporativo e de negócio cada vez mais exigente em relação às soluções projetuais e aos ganhos e economias em tempo e em recursos que o projeto pode proporcionar, e que as empresas atuais não estão dispostas a perder.

A análise de desempenho do AutoCAD, obtida por meio da contagem dos passos por tarefas (em horas – projeto global), demonstra que:

1- configuração do ambiente de trabalho e modelagem dos elementos construtivos:

nesta etapa ocorre a configuração inicial do ambiente de trabalho, como unidades métricas, limites (em coordenadas) da área de trabalho, etc. Em seguida ocorre o desenho dos elementos construtivos da edificação, separados por “layers” para que seja possível a organização destas informações. Cada agrupamento funcional (composto apenas por linhas e superfícies que representam o objeto) como por exemplo um pilar, uma parede, um mobiliário, ou veículo, devem ser transformados em blocos para que fique mais fácil manipulá-los. O fluxo de trabalho nesta etapa é algo cíclico, pois a tarefa é repetitiva a cada novo elemento desenhado ou modelado.

2- criação e configuração das pranchas (paper space): uma vez que a etapa de modelagem foi concluída, iniciou-se a etapa de criação e de configuração das pranchas de trabalho que devem conter a informação legal em sua folha de rosto

(carimbo) e todas as plantas, cortes, fachadas e demais detalhamentos de projeto exigidos quando de uma eventual aprovação dos projetos junto ao órgão competente. No AutoCAD esta tarefa foi bastante trabalhosa, uma vez que cada vista teve que ser configurada de forma individual, e depois ter sua escala ajustada para que o projeto pudesse mostrar a informação em diferentes escalas e diferentes vistas e seções. A

configuração do ambiente “paper space” perfaz o material que terá saída para impressão. Nele serão inseridas as cotas, os textos e demais informações de projeto na etapa seguinte, de documentação.

- 3- documentação:** nesta etapa são realizadas as tarefas de documentação técnica como inserção de cotas, informação de níveis, legendas de materiais e acabamentos, esquadrias e área dos ambientes. O processo é bastante moroso e sujeito a erros, uma vez que a coordenação deve ser feita com atenção pelo arquiteto, dos dados que estão sendo incorporados ao desenho, porque de outra forma há grande chance de existir inconsistência entre o desenho e a informação escrita (ou digitada), o que não acontece no método que se utiliza do BIM. Tais inconsistências, se levadas à frente na linha de tempo, irão representar dificuldades em todas as etapas posteriores, como orçamentação, compra de materiais e na própria execução da obra. A incapacidade do AutoCAD em propiciar alguma ferramenta de controle, parametrização e de automatização de informação condenam o aplicativo ao passado, se comparado com os novos CAD's inteligentes, como o ArchiCAD.

4.2.4 Análise Qualitativa:

Análise das Vantagens e Desvantagens do Processo Atual (que utiliza o AutoCAD)

Vantagens dos Sistemas CAD:

- 1- facilidade de criação e alteração de desenhos;
- 2- melhoria na qualidade gráfica;
- 3- facilidade no arquivamento, recuperação e transporte dos desenhos;
- 4- reaproveitamento das informações;
- 5- redução de tempo na execução de projeto e desenho;
- 6- redução de tempo em revisões e modificações do desenho;
- 7- alta precisão;
- 8- melhoria na qualidade do projeto e desenho;
- 9- melhoria no fluxo de informações;
- 10- utilização de bibliotecas-padrão, para repetição de elementos comuns a vários desenhos; e
- 11- padronização dos desenhos;

A evolução dos Sistemas CAD da modelagem 2D para 3D permitiu:

- 1- obtenção das projeções do modelo a partir do modelo 3D;
- 2- visualização do modelo de diversos pontos de vista;
- 3- variação na representação do desenho;
- 4- renderização: imagens foto-realísticas, animação (integração com outros programas: Blender3D, form-Z, entre outros); e
- 5- modelagem Virtual: integração dos Sistemas CAD/CAM/CAE (projeto / produção / funcionamento).

Níveis de Detalhamento do Projeto ↔ Fases do Projeto

Dependendo da necessidade e da fase do projeto, este pode apresentar diferentes níveis de detalhamento. Por exemplo: um poste pode ser modelado como sendo uma linha, uma casca cilíndrica (oca com determinada espessura) ou um cilindro maciço.

- 1- modelos de Representação: 2D ou 3D;
- 2- estruturas de Representação 3D;
- 3- modelos de aresta ou estrutura de arame (*wire frame*);
- 4- modelagem de Superfície (área);
- 5- modelagem Sólida (volume);
- 6- modelos de Apresentação;
- 7- linhas Escondidas (“*Hide*”);
- 8- sombreadimento (“*Shade*”); e
- 9- efeitos de luz, brilho, fotorealismo (“*Render*”).

Desvantagens dos Sistemas CAD

Os CAD's tradicionais (geométricos), também chamados de “pranchetas eletrônicas”, um termo que remete à modernização: a substituição dos desenhos a tinta nanquim por arquivos digitais e impressos em grandes formatos (plotters).

Entretanto, a analogia também revela o aspecto mais frágil da tecnologia CAD, que apesar de eliminar tarefas repetitivas e complicadas e facilitar a correção dos desenhos, o suporte que eles oferecem ao processo de projeto vai pouco além de uma prancheta melhorada.

Nascimento e Santos (2006), estudando a aplicação de tecnologias de informação nas empresas da indústria da construção, afirmam que o uso dos CAD's tradicionais (geométricos) pelos escritórios de projeto pode ser considerado como uma simples substituição de uma ferramenta por sua equivalente mais nova, sem que haja reformulação do processo de produção. De fato, o suporte da informação passa do papel para a tela do computador, mas o processo de geração desta informação praticamente não se altera.

Limitações do Projeto 2D

Os processos de desenvolvimento de produto que dependem de CAD 2D como principal ferramenta de projeto têm limitações críticas que prolongam desnecessariamente o ciclo de projeto, comprometem a qualidade do produto e aumentam os custos de engenharia e de fabricação. Estas limitações podem ser atribuídas à natureza das informações de desenho 2D e das ferramentas de CAD 2D.

Algumas das limitações verificadas:

- dificuldade de analisar problemas de ajuste e tolerância em 2D;
- o projeto em 2D complica o processo de verificação;
- desenhos 2D demandam protótipos físicos;
- criação ineficiente de desenhos com sistemas CAD 2D;
- lentidão nas modificações de desenhos 2D;
- dificuldade de utilizar informações de desenhos 2D diretamente nos processos subsequentes;
- perdas de tempo nas análises de engenharia;
- ciclos de manufatura prolongados; e
- retrabalho para publicações e documentação.

Grande parte da incapacidade dos CAD's tradicionais em proporcionar uma melhora considerável no desempenho do processo de projeto reside nos conceitos que orientaram o seu desenvolvimento.

A seguir enumeramos algumas desvantagens desse sistema:

- 1- tempo perdido devido a falhas em *hardwares* e *softwares*;
- 2- tempo de espera em fila (plotagens, equipamentos);

- 3- custo de aquisição de equipamentos e treinamento;
- 4- problemas de saúde (fadiga ótica, postura, etc);
- 5- incapacidade paramétrica, restringindo-se a gerar uma composição gráfica que apenas representa o edifício;
- 6- inexistência de integração entre os diversos arquivos gerados em termos de gestão de informação e de dados; o que acarreta dificuldades de troca de informações, além da possibilidade de eventuais omissões ou inconsistência na base de dados; e
- 7- inexistência de um mecanismo na ferramenta de gestão das informações que gerencie e faça automaticamente as alterações e atualizações destas informações em todas as plantas, cortes, fachadas ou quaisquer outros documentos oriundos deste processo.

Conclusão da análise qualitativa do processo atual que utiliza o AutoCAD:

A dificuldade em gerar documentações reside no fato de os elementos construtivos serem representados nos CAD's 3D como sólidos geométricos indistintos, ficando a cargo do usuário interpretá-los. Além disso, os *softwares* não fornecem meios ou dificultam muito a organização das informações na forma que o setor está familiarizado: assim como nos CAD's geométricos, é necessário que o usuário estabeleça grupos de elementos cuja visualização possa ser ativada ou desativada, de acordo com o tipo de documento que se deseja obter. Gerar uma representação que pareça familiar, como a da figura 2d em um CAD 3D é uma atividade que demanda muito tempo, e também pode gerar erros e dependências por convenções que são próprias do usuário, ou da empresa, dificultando o acesso dos demais agentes envolvidos no processo de projeto. Essas dificuldades inviabilizam ou restringem muito a utilização do CAD 3D no desenvolvimento de projetos arquitetônicos. A utilização passa a ocorrer com mais ênfase na geração de representações tridimensionais que comuniquem mais facilmente a idéia ao cliente, e não durante a fase de concepção, onde poderia auxiliar no processo de análise e decisão. Assim como na analogia da “prancheta eletrônica”, o termo “maquete eletrônica” faz parecer tratar-se de uma modernização do processo de projeto. Porém, o uso do CAD 3D apenas para possibilitar a troca da maquete convencional pela sua versão eletrônica praticamente não modifica o modo tradicional de produção dos projetos, resultando em pouca melhora da qualidade da informação gerada e do desempenho do processo como um todo.

4.3 Comparação dos resultados:

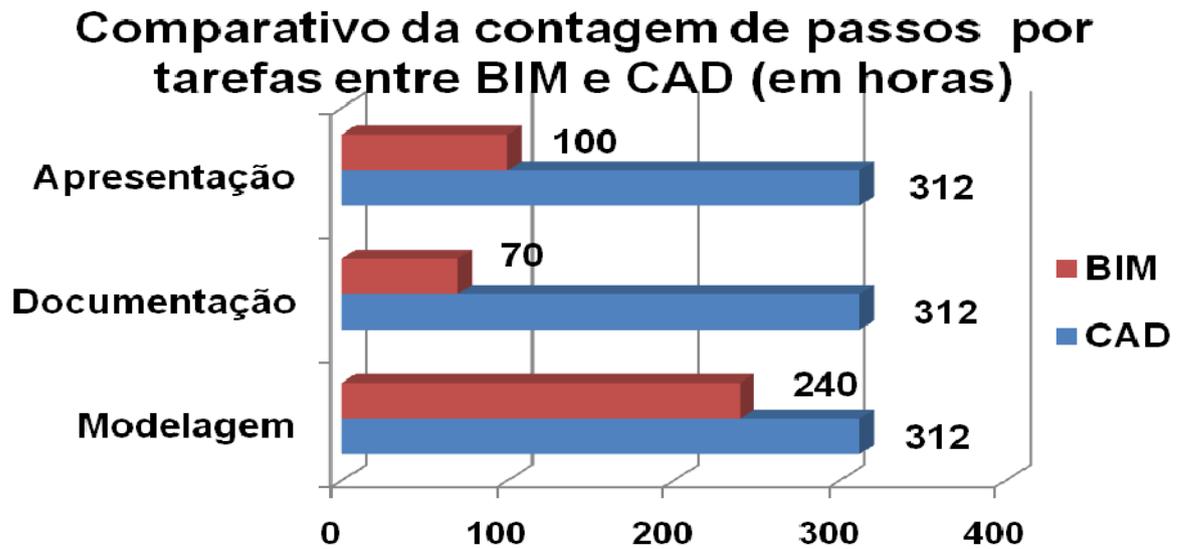


Figura 11: comparativo CAD x BIM

A análise de desempenho do BIM em relação ao AutoCAD, obtida por meio da contagem dos passos por tarefas (em horas – projeto global), demonstra que:

- 1- **modelagem:** a comparação entre os dois aplicativos demonstra que os tempos de modelagem (desenho) não são muito discrepantes, com uma pequena vantagem do ArchiCAD. Porém, esta vantagem multiplica-se exponencialmente, ao levarmos em conta que a modelagem do BIM incorpora todos os parâmetros necessários para a edificação (além de uma série de capacidades de automação dos processos de projeto, como a geração automática plantas, cortes e fachadas, detecção de conflitos, etc.), o que representa um enorme valor agregado, se compararmos a utilização de um tempo parecido, em horas.
- 2- **documentação:** na etapa de documentação, a desvantagem do AutoCAD é evidente, uma vez que neste aplicativo este processo ocorre de forma manual. Ainda que não levássemos em conta o fator tempo, este processo, se realizado pelo AutoCAD, fica comprometido em relação ao que se utiliza do BIM, uma vez que está sujeito a erros e à inconsistência de informação que prejudica o projeto como um todo. Esta dificuldade em gerir a informação representa um grande atraso do AutoCAD em relação ao ArchiCAD. O AutoCAD basicamente automatiza o processo de desenho feito tradicionalmente à mão-livre, de forma que os ganhos em termos de coordenação entre projetos complementares e em gestão de informação dos processos de projeto é insignificante face aos novos aplicativos disponíveis atualmente, como o ArchiCAD.

3- apresentação: a capacidade de apresentação do AutoCAD é realmente muito pequena, prestando-se apenas para realização da documentação legal (de aprovação de projeto), deixando muito a desejar no tocante à apresentação de projeto a um eventual cliente e à comunicação do projeto ao canteiro de obras. O aplicativo é capaz de realizar imagens renderizadas e animações, porém com qualidade gráfica limitada. O ArchiCAD realiza a tarefa de apresentação de forma exemplar, possibilitando a incorporação nas pranchas das imagens renderizadas, possuindo recursos como a possibilidade de se cotar diretamente nas perspectivas, ou de visualização apenas de estrutura parcial da edificação, de forma que este aplicativo representa uma ferramenta muito eficiente para a apresentação de projeto e comunicação do projeto ao canteiro de obras, afim de racionalizar as etapas de construção. Tais capacidades são ainda de grande valia na coordenação de projetos, uma vez que permitem realizar análises mais claras da edificação e de suas partes, favorecendo a busca por soluções e melhorias.

4.3.1 Análise Qualitativa

Produtividade

No sistema CAD tradicional (AutoCAD 2008) houve ganhos de produtividade em relação ao processo manual sobre prancheta, pois é possível, além da maior velocidade no processo de desenho do projeto, maior padronização e qualidade das informações gráficas. No entanto, com o sistema CAD-BIM (ArchiCAD 12), com recursos de modelagem tridimensional, é possível a visualização automática de plantas, cortes, elevações, além do modelo 3D, assim como a inserção de auto-textos em carimbos.

Visualização da informação

O sistema CAD tradicional costuma ser utilizado tanto para desenhos bidimensionais quanto tridimensionais. No entanto, esses desenhos têm pouca ou nenhuma correspondência automática, exigindo do projetista maior tempo para alterações e atualizações do projeto. De fato, na utilização de “viewports” no AutoCAD por parte do projetista, os desenhos são completamente independentes entre si, apesar de se referirem à mesma informação (corte, planta e perspectiva). No sistema CAD-BIM utilizado no segundo modelo de processo de projeto, na geração da planta são utilizados elementos que posteriormente são visualizados tridimensionalmente. A cada visualização que o projetista necessita, a informação é apenas reorganizada e apresentada de uma nova maneira, ao invés de ser recriada.

Gerenciamento da informação do projeto

No sistema CAD geométrico, o projetista representa as informações por meio de desenhos técnicos com pouca ou nenhuma conexão entre si. Desta maneira, para uma leitura da totalidade da informação do projeto, é necessário um gerenciamento manual desses diversos desenhos, que podem estar em arquivos separados ou em locais diferentes da mesma prancha de desenho. Isso requer constantes transposições das informações de um local para outro, o que demanda tempo, pode comprometer a qualidade da informação e dificultar o controle de atualizações e versões. No sistema CAD-BIM é possível criar um modelo que centraliza as informações, que é gravado em um arquivo único. A centralização também permite que um mesmo elemento dê origem a diversas vistas.

Interoperabilidade de sistemas

O uso do sistema CAD tradicional no primeiro processo de projeto estudado garante que as informações geradas sejam facilmente transferidas entre o projetista e os parceiros de projeto. Uma vez que grande parte das empresas do setor utiliza o mesmo sistema CAD. Por esse motivo, atualmente esse tipo de sistema (CAD) representa o padrão da indústria no Brasil. No segundo modelo de processo de projeto (BIM) apesar do formato padrão dos arquivos não ser o utilizado pela maioria dos escritórios (DWG/DXF), não existem problemas de integridade das informações nos processos de importação e exportação entre o formato nativo do sistema CAD-BIM (nesse caso, PLN) e o formato utilizado pelas empresas parceiras.

4.3.2 Conclusão de análise comparativa

O confronto entre os relatos dos processos de projeto nos dois casos aponta para as vantagens da utilização do sistema CAD-BIM em relação ao sistema CAD tradicional. Certas peculiaridades no uso do sistema CAD tradicional não podem ser consideradas desvantagens. Por exemplo, a velocidade com a qual o projetista efetua as várias transposições de informações, necessárias para a geração da documentação, representa um indicativo de alta produtividade. Se por um lado a produtividade cai com o uso de um sistema CAD-BIM, pois se perde muito tempo configurando parâmetros dos objetos, por outro este é um trabalho de repercussão de longo prazo que já se constitui na informação que será utilizada para toda a documentação de projeto (modelo único tridimensional), de forma que no final das contas, o modelo de processo de projeto que se utiliza do BIM permite uma produtividade, análise e precisão muito superiores.

A persistência no uso do sistema CAD tradicional pela maior parte das empresas atuais, no Brasil, pode ser resultado da falta de informação não a respeito da potencialidade dos sistemas CAD-BIM, mas sim de que a sua implantação, em geral, demanda modificações no próprio processo de projeto. Apesar das distinções entre os dois sistemas CAD analisados percebeu-se que em ambos os casos o correto gerenciamento da informação contribui de forma significativa para a qualidade tanto da documentação projetual quanto da qualidade final da edificação. A diferença está na forma e na facilidade como esta coordenação pode ser realizada em cada um dos processos de projeto analisados.

Enquanto num CAD tradicional a informação pode ser compartimentada em arquivos diferentes, a representação tridimensional de um edifício só faz sentido se todos os elementos que a constituem estiverem presentes no mesmo arquivo, ocupando as posições relativas às que ocuparão no edifício construído. Apesar de ser uma vantagem em relação ao CAD tradicional, a presença de todos os elementos geométricos em um mesmo local não garante a estruturação e a possibilidade de extração de informações, principalmente na forma de documentação projetual. A crescente demanda por processos mais racionais e de melhor desempenho na indústria da construção é amplamente observada pelos estudos científicos da área. Observa-se também a complexidade cada vez maior dos sistemas construtivos e das exigências de desempenho no seu funcionamento, visando a economia de recursos e a redução do impacto ambiental gerado por eles. O volume de informações necessário para a geração de produtos dentro deste contexto aumenta rapidamente, e são demandados novos sistemas ou novas abordagens para o processamento dessas informações (Häkkinen, 2007).

4.3.3 Análise dos resultados dos critérios.

A análise da definição dos critérios relevantes desta pesquisa demonstraram a grande vantagem em termos de habilidades e de ferramentas disponíveis do aplicativo ArchiCAD. Seu grande diferencial em relação ao AutoCAD é sua capacidade de manipular e gerir informação de projeto, unindo a modelagem icônica da edificação com seus parâmetros construtivos. Isto permite o acompanhamento durante todo o ciclo de vida da edificação, das informações geradas pelos diversos projetos (arquitetura, engenharia, instalações etc.), atividade que se inicia no planejamento e concepção (projeto), passa pela etapa executiva (obra) e perdura por toda a vida útil da edificação, em atividades de manutenção ou de readequação de infraestrutura. Para efeito de análise, dividimos os critérios de pesquisa entre as características dos elementos construtivos e as fases pré-construção, projeto, construção e fabricação de peças e/ou de elementos construtivos e pós-construção.

Esta divisão permite inferir não só sobre os componentes do modelo virtual, mas ainda sobre os aspectos referentes ao próprio processo de projeto de arquitetura dos aplicativos. Obviamente, tal comparação norteia-se pelas habilidades que os sistemas BIM possuem além das capacidades nativas e um sistema CAD, como o AutoCAD. A correta gestão da informação de um aplicativo BIM permite a realização de arquitetura simultânea, onde a análise pela busca de soluções acontece de forma simultânea à concepção e ampara o processo decisório, como forma de “input” de informação e de dados provenientes do processo de análise.

Esta gestão carece de um ambiente organizacional que permita a partilha da informação e que o trabalho aconteça de forma colaborativa. O BIM representa o somatório do conhecimento e a participação ativa dos membros da equipe de projeto para que se proceda aos processos de análise e de proposição de soluções que devem ser incorporadas ao projeto. As atividades e ações do grupo de pessoas que participam da equipe de projeto fazem possível que aconteça o que chamamos de BIM, exatamente o processo de gestão, e manipulação da informação para a virtualização da edificação.

4.4 Análise dos dados

As fases definidas do processo de projeto que utiliza BIM constituem-se pelas atividades de modelagem, amparadas por um processo de análise e de geração de documentação que, exatamente por ser automatizado, permite que se modifique o modelo único tridimensional para que este possa refletir o resultado das análises e tomadas de decisão no desenvolvimento do projeto. Esta situação praticamente elimina qualquer separação entre os processos de concepção e de documentação, constituindo-se numa novidade para o processo de projeto atual. Esta simultaneidade permite um novo patamar de análise e de incorporação da mesma à idéia da concepção do projeto.

A grande diferença em termos de fases definidas de processo de projeto arquitetônico acontece em relação aos fluxos de informação que não são mais lineares, nos quais o processo de concepção não precisa estar atrelado a uma linha do tempo, mas pode ocorrer paralelamente em todas as fases do processo. Da mesma forma o processo decisório pode ser antecipado e implementado por meio da simulação de novas propostas e soluções de projeto. Os processos de trabalho tornam-se diluídos na massa de composição que não só precisa como sofre transformações para adequação aos requisitos e condicionantes de projeto.

Portanto a ocorrência do processo de análise e o enriquecimento do processo decisório constituem-se em importantes fatores de promoção da qualidade, sustentabilidade e eficiência no planejamento e na construção de uma edificação. O ganho em termos de conhecimento não é preciso neste momento, mas as transformações nas práticas e nos modelos de negócios, bem como das edificações de uma forma geral irão com certeza trazer profundas transformações para a sociedade e na forma como pensamos, projetamos e experimentamos arquitetura.

A incidência de transformações durante o processo de projeto acarreta repercussões bem maiores do que simplesmente sobre a forma como realizamos o projeto, mas também na estrutura das organizações e no modelo de negócios que juntos perfazem o ambiente em que se desenvolve a AEC.

4.4.1 Construção do modelo.

A elaboração de um projeto assistido por computador reflete determinado processo de projeto encontra-se oculto nas práticas e nas diferentes maneiras de se realizar tarefas concernentes à modelagem ou elaboração das características físicas do edifício e seus parâmetros, presentes nos mais diversos elementos construtivos, bem como na forma de utilização de ferramentas computacionais (diferentes aplicativos) para gestão dos processos de projeção.

O desenvolvimento desta pesquisa, por meio da elaboração do projeto do TPS Brasília, divide-se em dois momentos distintos:

- 1- Projeção do TPS Brasília em sua íntegra (todo o terminal).
- 2- Simulação de re-trabalho da Sala de Embarque Remoto do “Satélite Norte”.

O projeto do TPS Brasília foi amparado por visitas técnicas realizadas às dependências do Aeroporto de Brasília, possibilitando ao autor suficiente compreensão da relação entre os fluxos presentes entre os sistemas de pistas e pátios e o terminal de passageiros, e dentro deste, onde ocorrem os processos de embarque e desembarque de passageiros. Por meio da projeção do terminal em sua íntegra foi possível estabelecer as relações entre os edifícios satélites e o corpo central do TPS. Num segundo momento elaboramos uma simulação de re-trabalho para possibilitar uma comparação mais precisa dos processos de projeto que utilizam o BIM e o AutoCAD.

Esta comparação é a principal fonte de análise desta monografia. A definição de diferentes fases em cada processo de projeto e a participação do arquiteto na gestão da informação ao longo destes processos são fatores essenciais para a pesquisa de novos caminhos que incorporem tecnologia no processo de projeto de arquitetura e desvendem novas formas de projetar e de lidar com a informação presente neste processo. O BIM possibilita que diversos profissionais de áreas complementares trabalhem de forma cooperativa em um modelo tridimensional único, que abriga toda a informação referente ao projeto detalhadamente, para cada elemento construtivo.

Esta possibilidade nova traz uma nova fronteira ao processo de projeto de arquitetura, uma vez que as atividades de análise podem ocorrer de forma antecipada (em relação ao processo de projeto atual), tornando possível um melhor embasamento na tomada de decisão, que segue amparada por informação precisa e de qualidade superior à informação disponível para que o arquiteto proceda ao processo conceutivo no processo de projeto atual (AutoCAD).

Esta vantagem perfaz um grande diferencial se levarmos em conta que estes esforços iniciais de análise representam uma maior segurança do empreendedor no atingimento de metas em relação ao custo final da edificação, às suas qualidades em termos de eficiência energética e ambiental (edifício sustentável) e no atendimento aos requisitos e condicionantes de projeto. Portanto, acreditamos que um novo processo de projeto está por emergir do processo colaborativo de trabalho entre os profissionais envolvidos na concepção e construção de uma edificação envolvendo a utilização de um sistema do tipo BIM como ambiente de trabalho.

Modelagem do TPS Brasília em sua íntegra.

Projeto BIM por meio da construção de um modelo tridimensional virtual. Configuração dos parâmetros dos elementos construtivos presentes no modelo. Projeto AutoCAD por meio da construção das plantas, cortes e fachadas em diferentes arquivos bidimensionais.

Comparação entre os dois processos de projeto.

.Processo de projeto BIM por meio da construção de um modelo tridimensional virtual.
Configuração dos parâmetros dos elementos construtivos presentes no modelo:

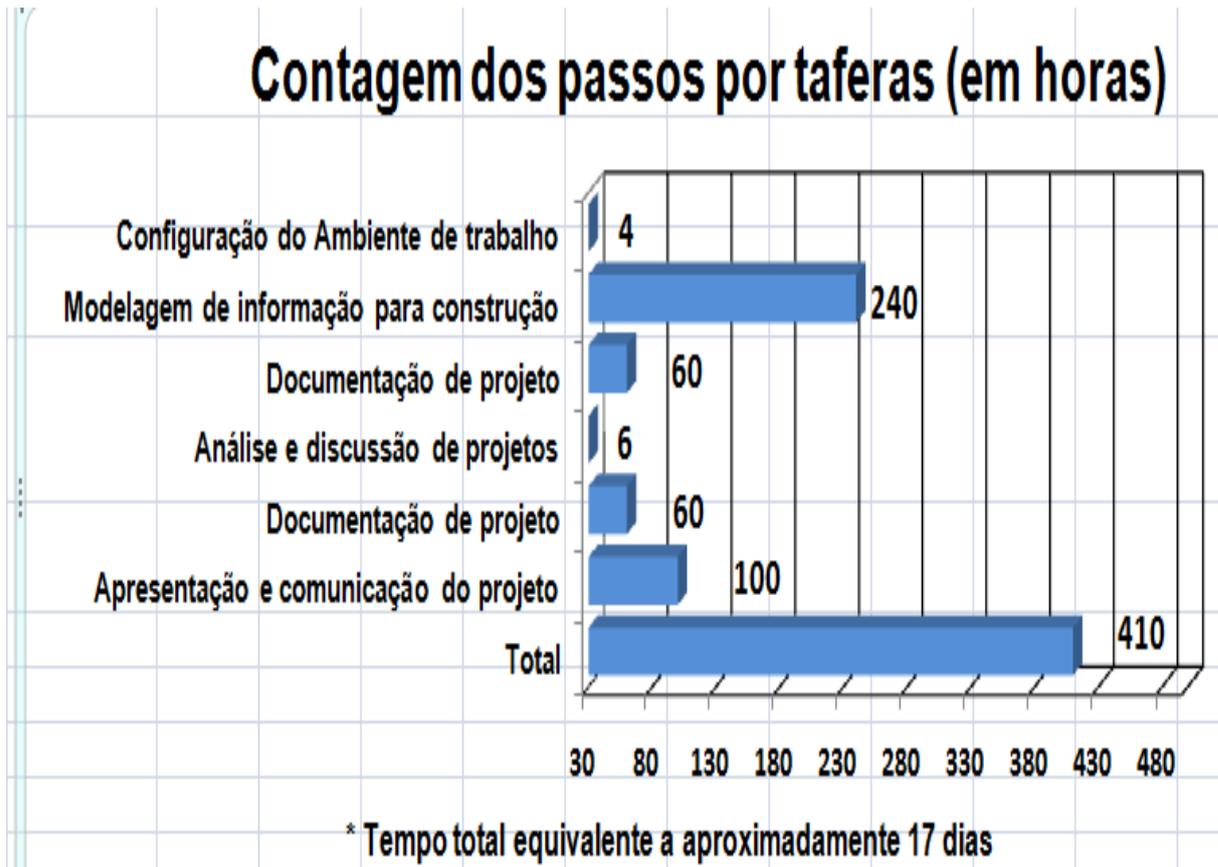


Figura 12: Contagem de tempo BIM

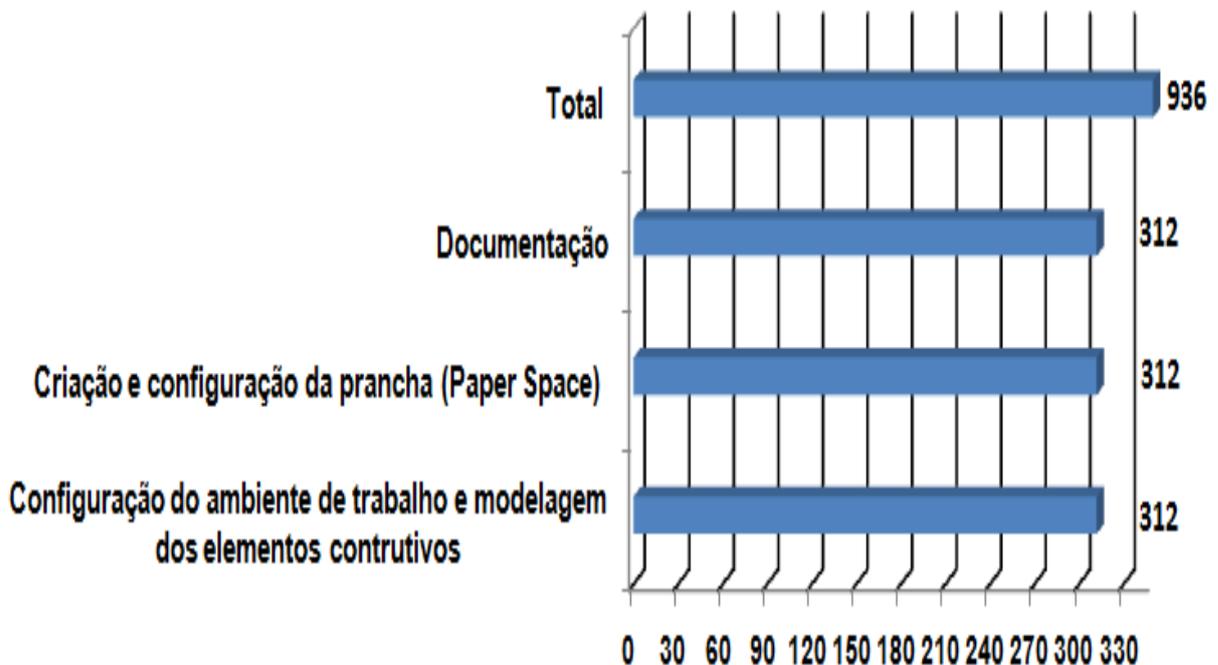
A realização das tarefas no aplicativo denota grande eficiência, uma vez que o processo acontece de forma integrada entre as atividades de modelagem, parametrização de informação e de documentação. O tempo (410 hs.) é bastante reduzido se comparado com o tempo apresentado pelo processo de projeto atual, e compatível com o número de tarefas realizadas e a complexidade das mesmas.

O ArchiCAD mostrou-se uma excelente ferramenta e um ambiente de trabalho promissor para a realização de projetos de arquitetura de funções complexas, como o de terminais de passageiros aeroportuários. O modelo único de informação, compartilhado por todos os participantes de uma equipe de projeto, possibilita que o acréscimo de informação não aconteça de forma linear, o que gera um novo fluxo de trabalho e a possibilidade de um novo processo de projeto de arquitetura. A relatividade da informação de projeto, uma vez que esta informação é passível de mudanças a qualquer momento, torna o projeto uma entidade em mudança, no caminho da melhoria contínua, se o processo for bem administrado. A grande novidade para os profissionais da área está nas novas formas de participação no trabalho em equipe, o que gera necessidade de revisão das estruturas organizacionais e do próprio modelo de negócios.

No limiar destas questões está a quebra de vários paradigmas que vão desde o modelo de negócios até a natureza e qualidade das edificações, em contínua transformação, espelhando as próprias rotinas da sociedade em que estão inseridas. Este panorama que se apresenta traz consigo inúmeras oportunidades em pesquisa na aplicação de tecnologia ao processo de projeto de arquitetura.

Ao arquiteto cabe um papel de liderança neste processo, uma vez que as atividades de concepção e formatação da idéia e da proposta de projeto prescindem da contribuição e da participação de diversos atores e diversas áreas de conhecimento, que devem ser coordenadas pelo arquiteto, no desenvolvimento e na gestão do modelo de informações do edifício. O ArchiCAD representa um novo patamar em projetos de arquitetura e traz consigo amplas possibilidades de desenvolvimento de processos de projeto que, a nosso ver, trarão significativas contribuições ao processo de criação (conceptivo) e ao processo decisório (tomada de decisões).

Processo de projeto AutoCAD por meio da construção das plantas, cortes e fachadas em diferentes arquivos bidimensionais:



* - tempo total de aproximadamente de 39 dias

Figura 13: Contagem de tempo AutoCAD.

A avaliação do AutoCAD enquanto ambiente de trabalho viável para o projeto de infraestrutura aeroportuária é a de que o programa representa uma era ultrapassada na evolução do processo de projeto assistido por computador, na transição do desenho feito à mão livre, para o CAD, ou prancheta eletrônica. O AutoCAD não é o melhor aplicativo, e nem mesmo adequado para o projeto de edificações de funções complexas, como os terminais de passageiros aeroportuários. As principais razões são a falta de capacidade paramétrica, (apenas representa edifício por meio de linhas, planos e pontos), a falta de um ambiente integrado de gestão de informação de projeto, o que impossibilita a engenharia e a arquitetura simultâneas e o trabalho colaborativo entre diversos profissionais.

O emprego do AutoCAD, pelo exposto acima, constitui-se em uma limitação aos processos de projeto de arquitetura, uma vez que as restrições impostas pela incapacidade do aplicativo em absorver informação referente aos aspectos e elementos construtivos da edificação causam impactos diretos nas atividades de coordenação e gestão de informação de projeto. Seu ambiente de trabalho é propenso a duplicidade de informação, inconsistência de dados e geração de erros de digitação ou de anotação.

4.4.2 Comparação entre os dois processos de projeto:

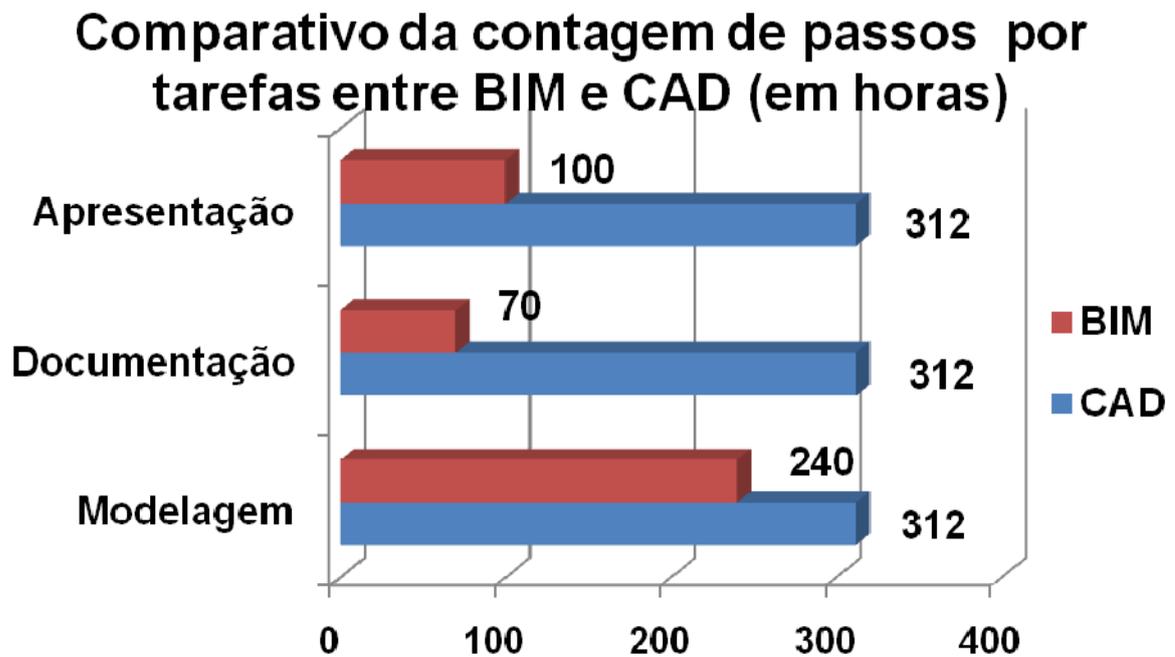


Figura 14: Comparação de contagem de tempo (BIM e CAD).

A análise de desempenho do BIM em relação ao AutoCAD, obtida por meio da contagem dos passos por tarefas (em horas – projeto global), demonstra que os tempos de modelagem (desenho) não são muito discrepantes, com uma pequena vantagem do ArchiCAD. Porém, esta vantagem multiplica-se exponencialmente, ao levarmos em conta que a modelagem do BIM incorpora todos os parâmetros necessários para a edificação (além de uma série de capacidades de automação dos processos de projeto, como a geração automática plantas, cortes e fachadas, detecção de conflitos, etc.), o que representa um enorme valor agregado, se compararmos a utilização de um tempo parecido, em horas.

Na etapa de documentação, a desvantagem do AutoCAD é evidente, uma vez que neste aplicativo este processo ocorre de forma manual. Ainda que não levássemos em conta o fator tempo, este processo, se realizado pelo AutoCAD, fica comprometido em relação ao que se utiliza do BIM, uma vez que está sujeito a erros e à inconsistência de informação que prejudica o projeto como um todo.

Esta dificuldade em gerir a informação representa um grande atraso do AutoCAD em relação ao ArchiCAD. O AutoCAD basicamente automatiza o processo de desenho feito tradicionalmente à mão-livre, de forma que os ganhos em termos de coordenação entre projetos complementares e em gestão de informação dos processos de projeto é insignificante face aos novos aplicativos disponíveis atualmente, como o ArchiCAD.

A capacidade de apresentação do AutoCAD é realmente muito pequena, prestando-se apenas para realização da documentação legal (de aprovação de projeto), deixando muito a desejar no tocante à apresentação de projeto a um eventual cliente e à comunicação do projeto ao canteiro de obras.

O aplicativo é capaz de realizar imagens renderizadas e animações, porém com qualidade gráfica limitada. O ArchiCAD realiza a tarefa de apresentação de forma exemplar, possibilitando a incorporação nas pranchas das imagens renderizadas, possuindo recursos como a possibilidade de se cotar diretamente nas perspectivas, ou de visualização apenas de estrutura parcial da edificação, de forma que este aplicativo representa uma ferramenta muito eficiente para a apresentação de projeto e comunicação do projeto ao canteiro de obras, afim de racionalizar as etapas de construção.

Tais capacidades são ainda de grande valia na coordenação de projetos, uma vez que permitem realizar análises mais claras da edificação e de suas partes, favorecendo a busca por soluções e melhorias. No sistema CAD tradicional (AutoCAD 2008) houve ganhos de produtividade em relação ao processo manual sobre prancheta, pois é possível, além da maior velocidade no processo de desenho do projeto, maior padronização e qualidade das informações gráficas.

No entanto, com o sistema CAD-BIM (ArchiCAD 12), com recursos de modelagem tridimensional, é possível a visualização automática de plantas, cortes, elevações, além do modelo 3D, assim como a inserção de auto-textos em carimbos. O sistema CAD tradicional costuma ser utilizado tanto para desenhos bidimensionais quanto tridimensionais. No entanto, esses desenhos têm pouca ou nenhuma correspondência automática, exigindo do projetista maior tempo para alterações e atualizações do projeto. De fato, na utilização de “viewports” no AutoCAD por parte do projetista, os desenhos são completamente independentes entre si, apesar de se referirem à mesma informação (corte, planta e perspectiva).

No sistema CAD-BIM utilizado no segundo modelo de processo de projeto, na geração da planta são utilizados elementos que posteriormente são visualizados tridimensionalmente. A cada visualização que o projetista necessita, a informação é apenas reorganizada e apresentada de uma nova maneira, ao invés de ser recriada. Além disso, modificações realizadas em uma determinada vista geram atualizações automáticas nas outras. No sistema CAD geométrico, o projetista representa as informações por meio de desenhos técnicos com pouca ou nenhuma conexão entre si. Desta maneira, para uma leitura da totalidade da informação do projeto, é necessário um gerenciamento manual desses diversos desenhos, que podem estar em arquivos separados ou em locais diferentes da mesma prancha de desenho.

Isso requer constantes transposições das informações de um local para outro, o que demanda tempo, pode comprometer a qualidade da informação e dificultar o controle de atualizações e versões. No sistema CAD-BIM é possível criar um modelo que centraliza as informações, que é gravado em um arquivo único. A centralização também permite que um mesmo elemento dê origem a diversas vistas. Por exemplo: um segmento de parede pode ser apresentado em planta, corte e perspectiva, de maneira automática. Isso garante que, independente da visualização, a integridade e modificações da informação passe a ser gerenciada pelo software e não pelo usuário.

4.4.3 Conclusão de análise comparativa (Modelagem integral do TPS Brasília):

O confronto entre os relatos dos processos de projeto nos dois casos aponta para as vantagens da utilização do sistema CAD-BIM em relação ao sistema CAD tradicional. Determinadas peculiaridades no uso do sistema CAD tradicional não podem ser consideradas desvantagens.

Por exemplo, a velocidade com a qual o projetista efetua as várias transposições de informações necessárias para a geração da documentação, representa um indicativo de alta produtividade. Se por um lado a produtividade cai com o uso de um sistema CAD-BIM, pois se perde muito tempo configurando parâmetros dos objetos, por outro este é um trabalho de repercussão de longo prazo que já se constitui na informação que será utilizada para toda a documentação de projeto (modelo único 3D), de forma que no final das contas, o modelo de processo de projeto que se utiliza do BIM permite uma produtividade, análise e precisão muito superiores. A persistência no uso do sistema CAD tradicional pela maior parte das empresas atuais, no Brasil, pode ser resultado da falta de informação não a respeito da potencialidade dos sistemas CAD-BIM, mas sim de que a sua implantação, em geral, demanda modificações no próprio processo de projeto.

Apesar das diferenças entre os dois sistemas CAD analisados percebeu-se que em ambos os casos a importância do gerenciamento da informação para a qualidade tanto da documentação projetual quanto da qualidade da edificação concluída. Enquanto num CAD tradicional a informação pode ser compartimentada em arquivos diferentes, a representação tridimensional de um edifício só faz sentido se todos os elementos que a constituem estiverem presentes no mesmo arquivo, ocupando as posições relativas às que ocuparão no edifício construído. Apesar de ser uma vantagem em relação ao CAD tradicional, a presença de todos os elementos geométricos em um mesmo local não garante a estruturação e a possibilidade de extração de informações, principalmente na forma de documentação projetual.

Embora ainda sejam poucos os estudos quantificando as vantagens obtidas pelo uso dos CAD's BIM, as pesquisas na área de tecnologia de informação concordam em relação à sua influência positiva sobre o desempenho do processo de projeto e a respeito da irreversibilidade da transição do CAD geométrico para o BIM. Entretanto, não somente a ferramenta utilizada na geração das documentações projetuais deve ser modificada, mas o próprio processo de projeto deve sofrer alterações, dadas as novas possibilidades oferecidas pela tecnologia.

4.4.4 Simulação de retrabalho (sala de embarque remoto do “Satélite Norte”):

Simulação de retrabalho da sala de embarque remoto do “Satélite Norte” do TPS Brasília.

Projeto BIM por meio da construção de um modelo tridimensional virtual. Configuração dos parâmetros dos elementos construtivos presentes no modelo.

Projeto AutoCAD por meio da construção das plantas, cortes e fachadas em diferentes arquivos bidimensionais.

4.4.5 Comparação entre os dois processos de projeto.

Projeto BIM por meio da construção de um modelo tridimensional virtual. Configuração dos parâmetros dos elementos construtivos presentes no modelo:

A contagem de tempo e número de passos para readequação da sala de embarque remoto no BIM mostra que o aplicativo atinge significativo desempenho na eficiência de elaboração das tarefas de projeto. O tempo demandado foi de aproximadamente 85 minutos, de forma que a grande característica deste processo reside na integração das atividades de concepção e de documentação automatizada do modelo tridimensional virtual.

A parametrização das informações referentes aos elementos construtivos da edificação possibilita que o arquiteto tenha pleno domínio das variáveis envolvidas por meio da geração automática de listas de matérias e de características dos elementos construtivos. Os passos necessários para realização das tarefas de projeção (850) são condizentes com a complexidade das tarefas envolvidas, sendo que em sua grande maioria são gastos com atividades de criação e parametrização dos elementos construtivos.

Projeto AutoCAD por meio da construção das plantas, cortes e fachadas em diferentes arquivos bidimensionais.

O processo de projeto que envolve o AutoCAD reflete a automatização das tarefas de projeção sem, porém, possibilitar a incorporação da informação de projeto à base de dados do aplicativo. Com isto, torna-se necessária a coordenação entre vários arquivos que compõem a documentação de projetos de arquitetura e complementares. A existência destes inúmeros arquivos dificulta a compatibilização dos mesmos, bem como a gestão do processo de projeto como um todo.

O tempo (850 minutos) demandado no processo de projeto que utiliza o AutoCAD foi significativamente superior ao do tempo apresentado pelo processo BIM, sendo que grande parte deste tempo foi utilizado no desenho dos elementos construtivos, que segue os métodos tradicionais de desenho à mão-livre, porém assistido por aplicativo computacional. A contagem do número de passo (2043) revelou um gasto excessivo de comandos por parte do arquiteto se o compararmos com o que utiliza o BIM

Comparação entre os dois processos de projeto (em minutos e passos):

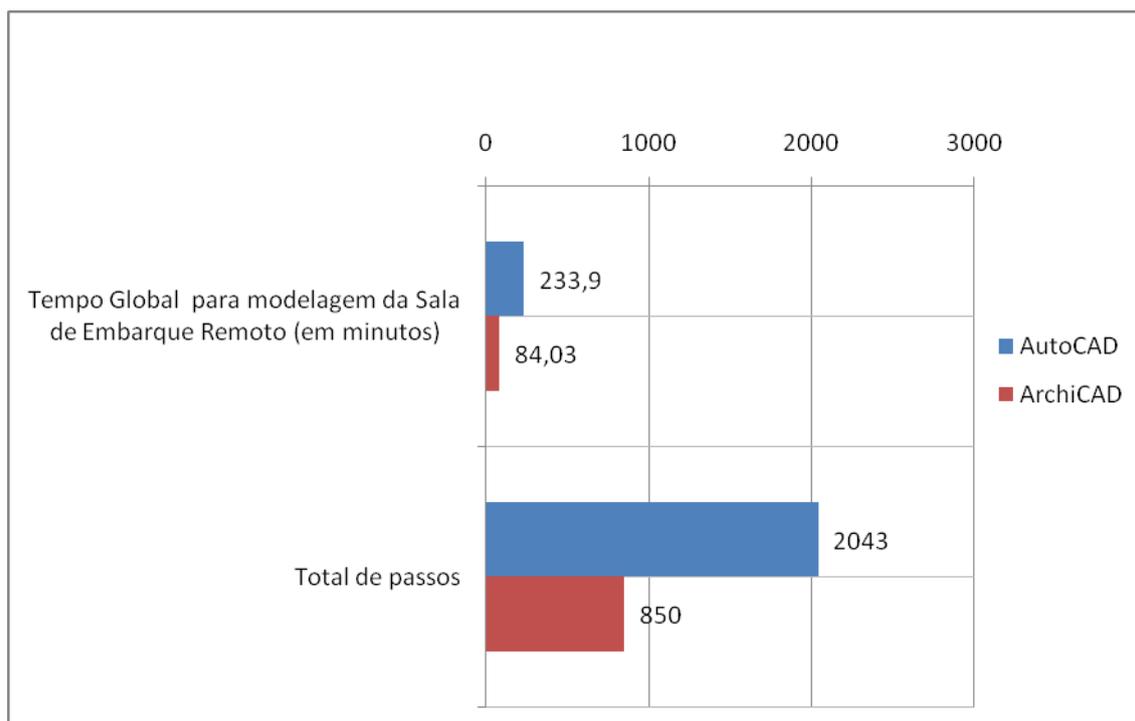


Figura 15: Comparação equitativa sala embarque remoto de passos e tempo (BIM e CAD).

As ferramentas de CAD convencionais apenas imitam a forma tradicional de desenho. São utilizadas linhas (e seus subtipos), hachuras e blocos estáticos - que na verdade representam um conjunto de linhas agrupadas. Cada elemento é independente não possuindo qualquer conexão inteligente entre si.

Desenha-se (e se pensa o projeto) de forma bidimensional, da mesma forma que se faz a séculos. As ferramentas BIM, por sua vez, trazem um paradigma completamente distinto. Nelas o usuário pensa tridimensionalmente, afinal arquitetura é tridimensional. Os elementos de trabalho são entidades complexas que sabem suas finalidades e interagem entre si.

O BIM permite um processo analítico, que está associado à facilidade dos softwares que utilizam a tecnologia BIM em dialogarem com o usuário, de forma rápida, e facilitando a materialização do pensamento abstrato em formas arquitetônicas. E, com a possibilidade de percorrer o edifício e testar seus vários sistemas. Essa mudança passa pela forma como os objetos estão representados no computador, seja de maneira bidimensional, tridimensional ou simultaneamente bi e tridimensional. Verificamos também que a tecnologia BIM – “Building Information Modeling”, indo muito além da possibilidade de representação dos objetos, permite o desenvolvimento de modelos que simulam com riqueza de detalhes os elementos que compõem uma edificação, permitindo que deles se extraiam, inclusive, informações relativas ao seu desempenho.

A introdução de alterações no projeto original foi possível graças à agilidade do uso da ferramenta gráfica, permitindo não só representar o modelo proposto, conforme as precisões tradicionais de desenho (plantas, cortes e fachadas), mas, também, conceber alterações e ampliações no projeto, de forma mais rápida e simultânea.

Vinculou-se assim, o processo de projeto ao desenho assistido por computador. Por meio desta tecnologia, observam-se duas vantagens primordiais: A primeira é a elaboração dos projetos em tridimensional, incrementando sutileza espacial à visualização geométrica dos edifícios. A grande novidade, porém, reside na atribuição de informações aos elementos do desenho. Mais: essas informações, muito além do que simples legendas, seguem referenciadas àquele elemento durante todas as fases do projeto - até o material chegar na fase de execução (construção). Com o uso do BIM qualquer ajuste feito nessa informação, nesse atributo do elemento, é imediatamente processado, repercutindo de maneira instantânea ao longo de todo o projeto.

No método de projeção tradicional, basicamente o que se observa é que a informação segue um caminho linear e hierarquizado, mais ou menos como uma pilha de dados que vão se somando até que por fim o processo (ou projeto) esteja encerrado. Obviamente torna-se fácil imaginar a dificuldade em se revolver a pilha em busca de informação ou de novas soluções.

Fazendo um paradigma, quando a alguns anos atrás, ouvíamos uma fita cassete no toca fitas, não podíamos escolher aleatoriamente qualquer uma das músicas que desejássemos ouvir, fato que só se tornou possível com os aparelhos de CD e DVD, justamente por armazenarem a informação de forma radial, oferecendo acesso a qualquer bloco de informação, independentemente dos demais.

Isso é mais ou menos o que acontece com o BIM, que ao permitir a manipulação de dados de forma automática, e ao possibilitar a parametrização e o estabelecimento de regras entre os diversos objetos ou elementos construtivos do projeto, permite que se possa estabelecer um caminho que em primeiro lugar conta com o domínio intelectual de todos os participantes, que dividem e compartilham as informações na busca de soluções de projeto e no desenvolvimento do mesmo. Em segundo lugar, tal atitude permite que se estabeleça um fluxo de informação radial que nos leva a um processo de contínuas melhorias ao longo do tempo.

O software ou ferramenta computacional, seja ele o ArchiCAD, o Revit ou qualquer outro, por si só não, não representa o que podemos chamar como BIM. Somente a partir de um ambiente colaborativo, onde todas as estruturas e mecanismos do processo contemplem e viabilizem esse ambiente colaborativo o BIM poderá se expressar em sua força maior, de forma a levar o modelo ou formato de uma organização a um patamar de inteligência organizacional que permita a rotação do conhecimento orientada pelas metas de cada projeto, em grupos de trabalho compartilhados.

É preciso sair de um modelo rígido de hierarquia que se encontra moldado para um modelo único de trabalho, dividido em blocos de responsabilidades e informações para um ambiente em que os benefícios da união do conhecimento e do trabalho individual de cada membro da equipe aconteçam em um modelo único e holístico que permite que toda informação ali depositada possa ser avaliada e comparada com as demais soluções de projeto dos outros participantes de forma a possibilitar uma ampla análise dos benefícios e impactos de cada proposta. Isto nos leva a um caminho espiral de gestão do conhecimento, aonde o modelo vai sendo testado e discutido em relação aos parâmetros e requisitos a que deve atender, sofrendo o que poderíamos chamar de processos de mutação de forma e função até sua configuração final.

Esta é uma nova abordagem que une as diversas áreas complementares da AEC em torno não só desse arquivo ou modelo único de informação, mas numa nova forma de trabalhar que deve ser pensada dentro de cada organização para que se descubram estruturas hierárquicas, modelos contratuais, divisão de responsabilidade, organização das equipes e núcleos de trabalho e, sobretudo, no ato contínuo de se buscar integração e melhoria dos processos e do inter-relacionamento humano.

A natureza do projeto de infra-estrutura aeroportuária, mais especificamente a arquitetura de terminais de passageiros, dada sua complexidade e velocidade de mudança, tanto dos requisitos quanto da própria tecnologia em aviação que evolui continuamente. Isto gera uma profunda necessidade de que se estabeleça um processo de domínio da informação de projeto e de melhorias contínuas que possam ser incorporadas para que a infra-estrutura aeroportuária acompanhe o ritmo de evolução e de mudanças cada vez maior.

Parece óbvia e imperiosa a necessidade de mudanças no setor da AEC, que se constitui como uma cadeia fragmentada de processos, insumos, serviços e atividades, que, portanto, fragmenta também a informação.

A aplicação de um sistema inteligente no planejamento e na construção de passageiros parece, não só adequada, como necessária para que possamos unir as diversas especialidades e áreas complementares de projeto numa cadeia lógica de informação que permita análise e manipulação de dados inteligentes (paramétricos e que admitam regras) e associados entre si na melhor configuração possível proposta pelo grupo.

O BIM, se bem implantado e gerenciado, nada mais é do que o espelhamento e antecipação de uma realidade futura de forma virtual, que parte do princípio de que todos os membros participam e compartilham do processo de inclusão, análise e modificação de dados (informação) simultaneamente. Tal atitude não acontece sem uma profunda revisão cultural e comportamental dentro das organizações, que possuem uma cultura de hierarquia e de responsabilidade estabelecido numa estrutura que engessa e comprime a informação em um caminho na maior parte das vezes, linear.

A grande questão a ser analisada aqui é que num caminho linear, devemos seguir o fluxo sempre em frente, tornando-se difícil contemplar aquilo o que ficou para trás. Se fizermos uma leitura dessa situação pensando nas fases de um projeto de arquitetura, vamos de encontro à condição imperativa de que a formatação da idéia (concepção do projeto) e a tomada de decisão ficam comprometidas com o fluxo de informação que acontece de forma linear, caracterizando-se por importantes decisões que devem ser tomadas (no método tradicional CAD) nos estágios iniciais quando ainda não existe informação de qualidade e desenvolvimento de projeto amadurecido das diversas áreas complementares que permitam embasar esse processo decisório.

Nos estágios finais de projeto, quando finalmente o desenvolvimento de cada projeto complementar e o “input” de conhecimento de cada uma dessas áreas estiver disponível na base de dados de projeto, normalmente é tarde demais para incorporar uma eventual solução que possa se originar da análise e compreensão das informações geradas pelo projeto. Esta é a grande limitação do método de projeto tradicional na concepção da idéia e no processo decisório que passa pela busca de soluções e pelo conhecimento e domínio intelectual da equipe. Os softwares do tipo BIM atuais são excelentes ferramentas que se utilizam de tecnologias de ponta e começam a promover grandes mudanças na AEC.

Porém, a maior contribuição que eles trazem é realmente a possibilidade de mudança nos processos de projeto e na forma como as pessoas se relacionam e trabalham. Na forma como dividem responsabilidades, tarefas e informações.

Na forma como as pessoas podem se organizar no enfrentamento de problemas e na busca de soluções criativas, eficazes e sustentáveis, que aproveitem da melhor forma possível os recursos, de uma forma esteticamente bela e que agrida o mínimo possível a natureza. Esse é e sempre será o desafio da arquitetura e do ser humano. A conclusão desta pesquisa é a de que o BIM é uma ferramenta valiosa nestes desafios enfrentados que ajuda a promover um processo de mudança na indústria da AEC.

O BIM contribui em diversos pontos-chave do processo de projeto e talvez uma de suas melhores qualidades seja a de possibilitar uma análise antecipada das grandes questões decisórias de projeto, levando em consideração a participação ativa de cada uma das áreas e dos membros de uma equipe de projeto ou organização.

A contribuição mais importante a meu ver reside na mudança cultural e de partilha de tarefas e informação que o ambiente BIM exige, de forma a estabelecer uma nova forma de trabalho e de fluxos de informação no projeto de um empreendimento qualquer. Sendo o projeto um processo multidisciplinar, a centralização da informação e a existência de interfaces (interoperáveis) permitem que o trabalho cooperativo possa acontecer com a participação ativa de cada um dos agentes intervenientes.

O somatório das informações não só permite uma melhor tomada de decisão ao longo do processo de projeto, como constituem o capital intelectual da empresa ou organização.

Portanto no momento atual reside uma oportunidade muito importante, que levou milhares de anos para acontecer, que é exatamente o início de um processo de mudança nos processos de projeção atuais, que subsistiram à introdução do CAD enquanto prancheta eletrônica, mas que com a introdução das novas ferramentas inteligentes de gestão de informação para projeto e obra parece balançar, a ponto de estar a um passo de desmoronar, dando lugar não só a um novo modelo de processo de projeto, mas a um novo paradigma do mercado como um todo, desde o modelo de negócio, da qualidade e natureza das edificações, dos modelos contratuais e da realidade que nos cerca que sofre uma atividade de contínua transformação. Ao arquiteto cabe o papel de liderança nesse processo, sendo o profissional que estará à frente da formatação das idéias e da busca de soluções e de inovações tecnológicas e de processos de trabalho mais racionais, eficientes e colaborativos, em busca de um mundo cada vez melhor.

5- Simulação de re-trabalho (Sala de Embarque Remoto Satélite Norte):

Devido às grandes dimensões do Terminal de Passageiros do Aeroporto de Brasília, escolhemos como recorte de estudo a Sala de Embarque Remoto do Satélite Norte. Tal escolha deveu-se à necessidade de um objeto menor para fins de análise, e para tanto foram colhidos dados junto à Infraero de possíveis ampliações e/ou readequações previstas para o atual terminal, sendo escolhido o estudo de ampliação do remoto, pois representa uma solução (ainda que paliativa) para um dos grandes gargalos atuais do aeroporto de Brasília, que é a demanda de passageiros insuflada pela condição estrategicamente geográfica da cidade, convertendo-se em “hub” da aviação civil nacional. A seguir descreveremos com mais detalhes a atual situação do SBBR, e os fatores que levaram à ampliação do remoto, como por exemplo a média histórica do movimento de passageiros e alguns aspectos operacionais: tentando melhorar o conforto e aumentar a capacidade do atual terminal foi elaborado pela Diretoria de Engenharia uma proposta que priorizava as relocações de atividades, como por exemplo a parte de alimentação da atual sala de embarque remoto ser transferida para outro local, além de readequação da área de raio-x e bagagem de mão, por meio de ampliações, e de concessões à órgãos públicos visando aumentar a capacidade de processamento de passageiros (salas de embarque (ver figura abaixo), desembarque, posições de “check-in” e meio-fio de embarque e desembarque) evitando ao máximo ampliações.



Figura 16: Passageiros na Sala de Embarque Remoto Satélite Norte Fonte: INFRAERO.

Essa proposta tem como objetivo melhorar as condições de atendimento aos passageiros e proporcionar um ganho de capacidade:

- Ampliar a atual sala de embarque remoto em 306m²;
- Remanejamento de alguns órgãos públicos (alojamento da PF);
- Eliminação de concessões comerciais locadas no 2º pavimento possibilitando os remanejamentos necessários para a reforma;
- Utilização das áreas das salas VIP (como saguão para espera de passageiros);
- Permitir desafogar o aeroporto nos horários de maior movimentação;
- Ampliação da área de raio-x na chegada ao Satélite Norte.

A seguir destacamos a área da Sala de Embarque Remoto do Satélite Norte – SBBR:

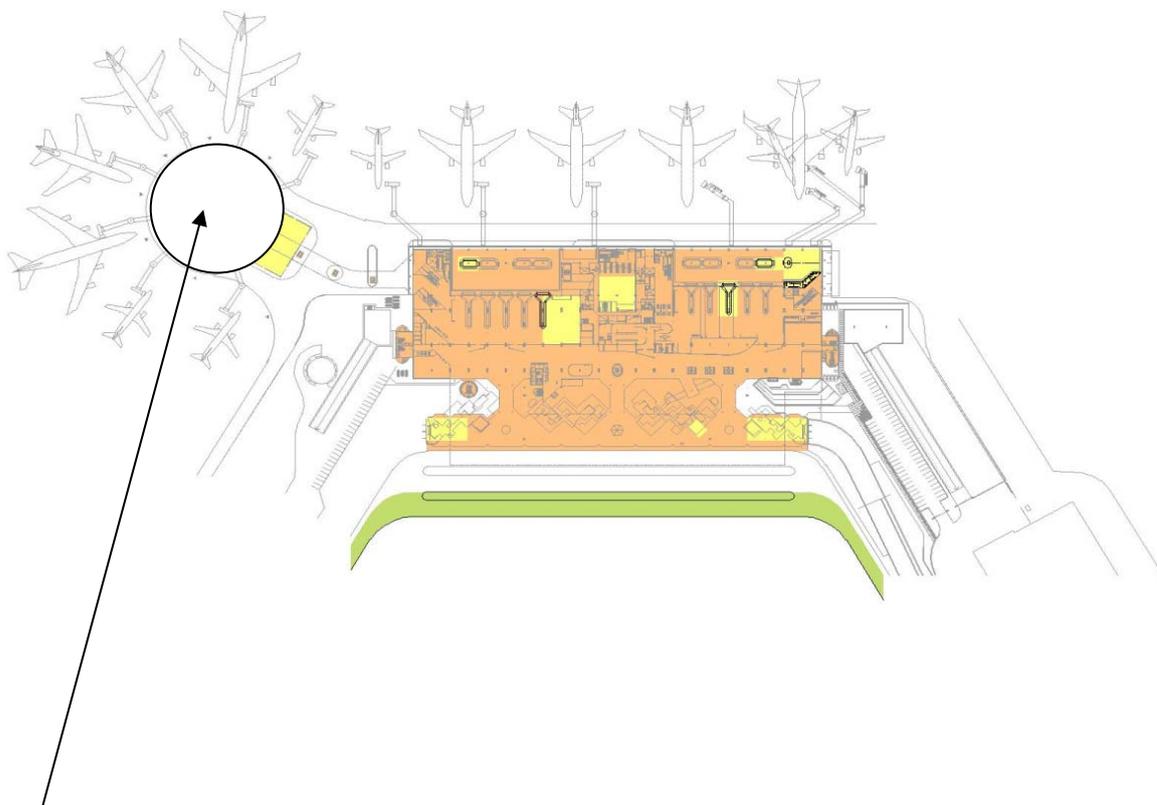


Figura 17: Detalhe da localização da Sala de Embarque Remoto do Satélite Norte – SBBR.

O estudo de viabilidade foi executado analisando-se as capacidades dos diversos processadores de embarque e de desembarque.

Os componentes com menor capacidade são os do embarque, sendo que esta característica é coerente com o perfil de um aeroporto de conexões (aeroporto - hub), aonde parte dos passageiros do desembarque é desviada para novo processamento de embarque, não ocupando áreas de restituição de bagagem etc. O projeto da intervenção desenvolvido pelo escritório do arquiteto Sérgio Parada foi realizado por meio de um processo de dispensa de licitação: O contrato foi firmado em 15/10/2002, no valor de R\$ 29.500 (valor do projeto). O escopo de readequação da sala de embarque remoto do Satélite Norte, consistia em ampliação de área, retirando algumas áreas operacionais, e instalando elevadores para atender aos critérios de acessibilidade.

Tal projeto encontra-se concluído, porém a reforma encontra-se em fase de espera, em função de recentes mudanças internas na Infraero.

Atualmente o Satélite Norte encontra-se sobrecarregado em relação ao movimento de passageiros, uma vez que sua configuração atual representa apenas a primeira etapa de sua implementação, que prevê a construção de um segundo pavimento para fins comerciais (alimentação e lojas). Devido ao incremento da movimentação de passageiros nos últimos anos, surgiu ainda a necessidade de ampliação da Sala de Embarque Remoto.

O embarque remoto se dá quando já não existem posições (“slots”) disponíveis para que uma aeronave se posicione junto a uma ponte de embarque, junto à edificação do terminal, mas existem posições remotas no pátio de aeronaves que permitem que a operação seja feita por meio de ônibus que levam os passageiros da sala de embarque remoto até as aeronaves.

Esta situação se torna cada vez mais comum e presente nos aeroportos brasileiros, o que denota uma defasagem da infra-estrutura aeroportuária em relação às operações de transporte aéreo civil no país, além de representar maiores riscos de segurança para os passageiros, uma vez que são expostos não só à poluição sonora e ambiental, fatores climáticos como chuva, ventos e sol, (no pátio de aeronaves), mas a condições em que sofrem ameaças em relação à sua integridade física, pois caminham dos ônibus às aeronaves em meio às operações que se desenvolvem no pátio de aeronaves, que incluem atividades de reabastecimento de aeronaves, acionamento de motores e “push-back”, movimentação em ré da aeronave pelo pátio.

Tais fatores justificam os investimentos em novas instalações de terminais de passageiros no aeroporto de Brasília, pois a solução de embarque remoto funciona mais como um paliativo do que como uma solução definitiva que contemple os aspectos de segurança e operacionais, se levarmos em consideração as garantias e direitos dos usuários (passageiros).

A seguir, mostraremos a atual configuração do Satélite Norte do Aeroporto de Brasília:



Figura 18: vista externa do Satélite Norte do SBBR. Fonte: Infraero.



Figura 19: vista externa do Satélite Norte do SBBR. Fonte: Infraero.

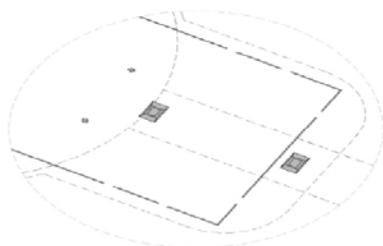


Figura 20: vista externa da passarela de ligação entre o TPS e o Satélite Norte do SBBR. Fonte: Infraero.

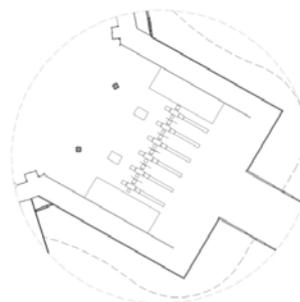


**Figura 21: vista interna da área de raio-x de bagagem de mão do Satélite Norte do SBBR.
Fonte: Infraero.**

As figuras abaixo mostram como ficarão os pavimentos; térreo e primeiro andar, de acordo com a proposta de readequação:



Pavimento Térreo



Primeiro Pavimento

Figura 22: detalhes da Sala de Embarque Remoto.

As figuras acima mostram detalhes da ampliação da Sala de Embarque Remoto, sendo que a primeira mostra o pavimento térreo e a segunda o primeiro piso da edificação. O escopo é uma intervenção na sala de embarque remoto do satélite norte, com ampliação de área, retirando algumas áreas operacionais, e com instalação de elevador para atender aos critérios de acessibilidade. Tal ampliação se deu porque atualmente o Terminal de Passageiros do Aeroporto de Brasília apresenta áreas operacionais com índices de ocupação diferenciados, por exemplo, existe espaço disponível nos sistemas pátio e pista, mas não existem posições físicas disponíveis na área do terminal de passageiros para as aeronaves estacionarem junto à edificação gerando um desequilíbrio na operação.

Para equacionar esse problema será necessária a ampliação dos componentes operacionais (principalmente acessos viários ao aeroporto e sistema terminal de passageiros, tanto em termos de posições físicas, como novas áreas para pontes de embarque, como remotas) de maneira sistêmica. A ampliação da área de embarque remoto do Satélite Norte representa uma melhoria para o aeroporto de Brasília, uma vez que possibilitará a equalização das operações ligadas ao transporte de passageiros, de forma a suportar a demanda prevista por mais algum tempo sem a necessidade de investimentos de maior vulto financeiro. Abaixo, encontra-se representada a capacidade instalada / demanda prevista para o SBBR, no ano de 2013:

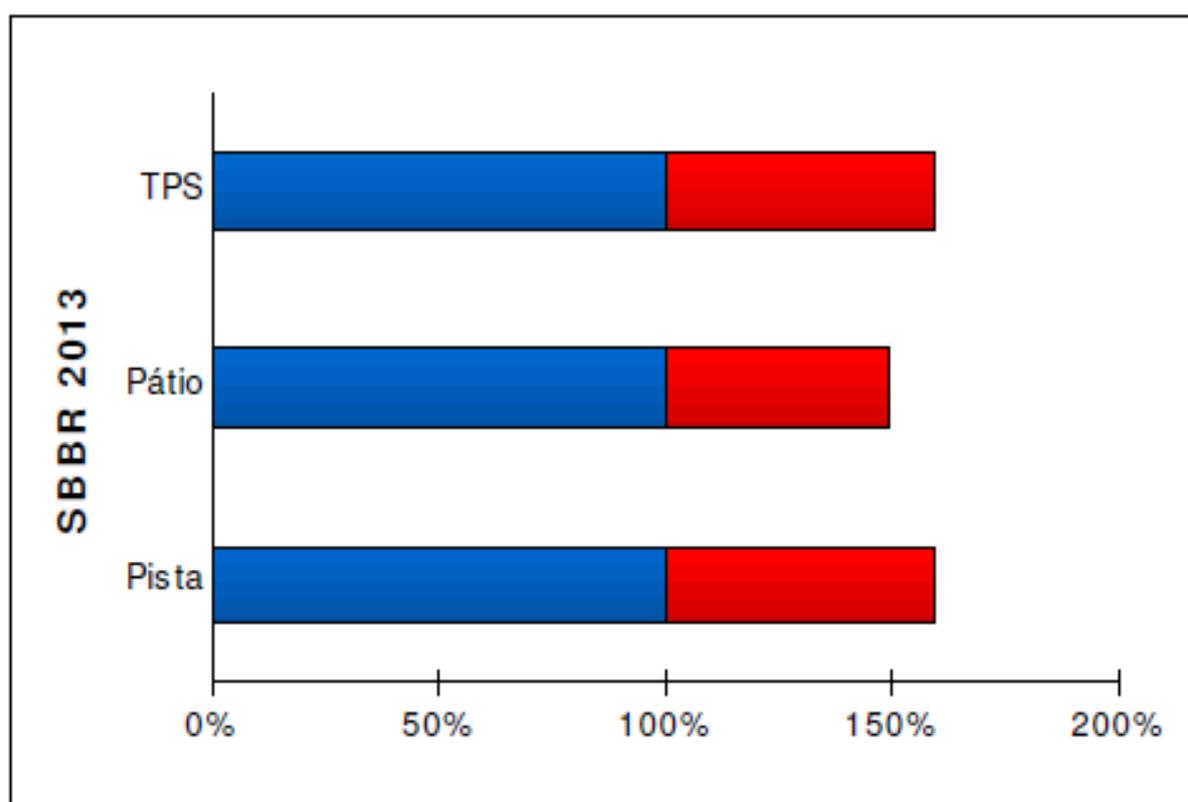


Figura 23: capacidade instalada por demanda do SBBR. Fonte: INFRAERO.

A grande razão para que novas readequações estejam sendo propostas para o aeroporto de Brasília se deve principalmente à localização estratégica da cidade, que tem atraído cada vez mais as companhias aéreas a optarem por fazer deste aeroporto um hub de suas operações, como mostra o exemplo recente da Varig, que inaugura nova malha de vôos, utilizando o SBBR como centro de distribuição de passageiros, realizando transbordos das regiões sul e sudeste para as regiões norte e nordeste. Tal situação tende a se repetir em relação às malhas aéreas de outras companhias aéreas, como a Azul, por exemplo, como já vem ocorrendo em relação à GOL e à TAM.

O movimento histórico do Aeroporto Internacional de Brasília demonstra o crescimento ocorrido entre 1996 e 2002, ano em que ocorreu grave crise no setor de aviação civil, fato que perdurou até o final de 2003, quando o crescimento foi retomado. Após esse ano, apresenta-se contínuo crescimento de aproximadamente 7% ao ano. Abaixo apresentamos o movimento histórico da rede do SBBR, na década compreendida entre 1996 e 2006:

Movimento histórico da rede – SBBR:

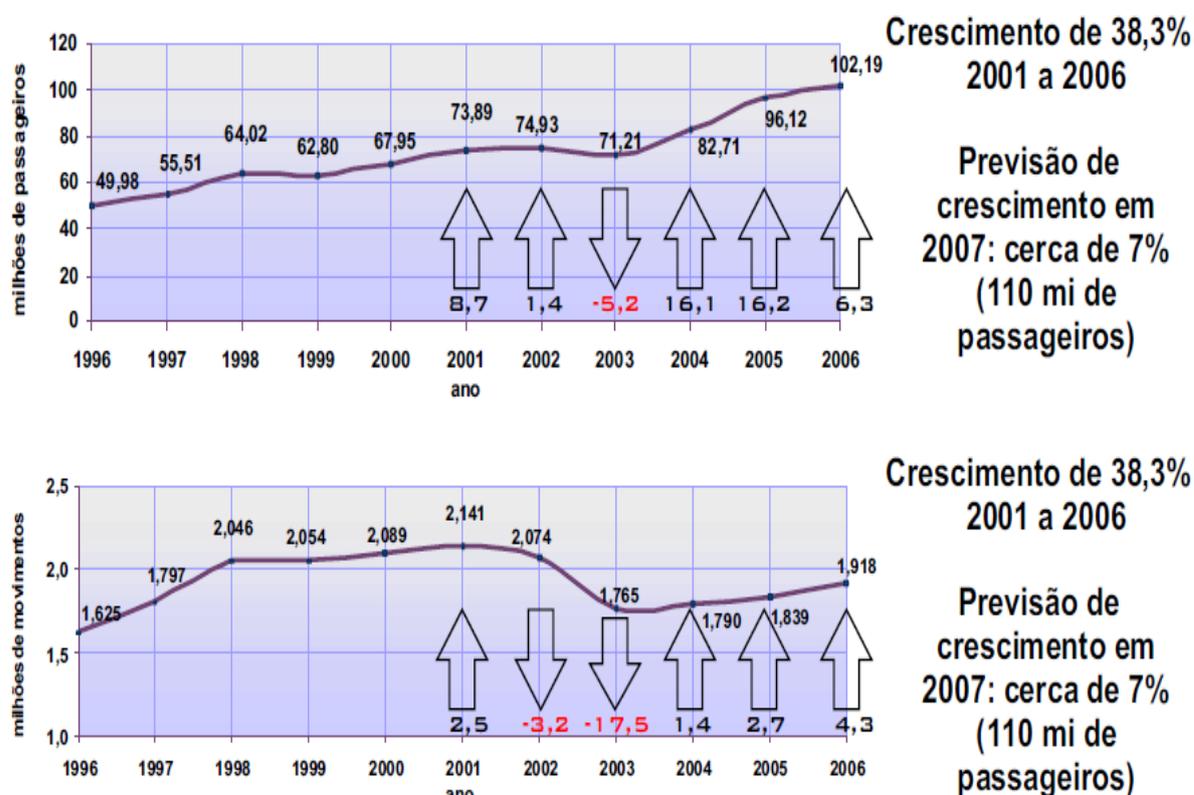


Figura 24: movimento histórico da rede – SBBR; Fonte: INFRAERO.

Atualmente o Satélite Norte apresenta apenas dois pisos, o térreo e o primeiro pavimento, sendo que neste estão concentradas atividades operacionais (como circulação e embarque) e comerciais (lanchonetes). A proposta de readequação prevê a ampliação da área de raio-x de bagagem, logo à chegada ao satélite, na transição entre este e a passarela de ligação com o prédio central do TPS, além da área de espera para o embarque remoto, a relocação das áreas comerciais para um futuro segundo pavimento, além do reposicionamento de algumas atividades governamentais, como as da Polícia Federal.

Este rearranjo trará uma divisão de funções mais clara à edificação, além de incrementar o número de passageiros que o satélite poderá abrigar, de forma não só a aumentar a vida útil desta edificação, como a resolver à curto prazo os problemas relacionados com uma demanda em franco crescimento, como apresenta atualmente, e em sua média histórica a partir de 2003, o Aeroporto Internacional de Brasília. Abaixo apresentamos a configuração final proposta para o Satélite Norte do SBBR, em relação às atividades e respectivas áreas previstas para cada pavimento:



Figura 25: áreas previstas para o Terminal Satélite Norte – SBBR; Fonte: INFRAERO.

A figura acima deixa claro qual a participação de cada função desenvolvida no Satélite Norte em relação à área por ela ocupada. Podemos perceber que as áreas de circulação e de embarque apresentam áreas de dimensões significativas, em relação à área total da edificação. Podemos ainda notar que foram deslocadas para o segundo piso as atividades não diretamente relacionadas com a operação de embarque de passageiros, o que trará uma maior organização e setorização das atividades do satélite, além de desafogar o movimento nos horários de maior movimentação, em relação às áreas de circulação e embarque.

A escolha da sala de embarque remoto como objeto de re-trabalho nesta monografia deveu-se ao fato deste estudo ter sido aventado e realizado o seu projeto de viabilidade por parte da Infraero, o que traz maior realidade e ligação com o ambiente corporativo existente no Brasil. Em última análise, não é relevante para a presente pesquisa exatamente qual deverá ser a configuração exata das ampliações a serem realizadas no terminal de passageiros do aeroporto de Brasília, mas sim as diferenças entre o processo de projeto atual e o novo processo, que se utiliza do BIM.

O foco desta pesquisa e o interesse de análise do autor direcionam para a aplicação das novas potencialidades oferecidas para o projeto e a construção de terminais de passageiros no Brasil, de forma não só a acompanhar as constantes mudanças que tais edificações apresentam, mas trazer maior valor agregado à qualidade e eficiência das edificações, em termos sustentáveis e ambientais, bem como maior poder e maior profundidade de análise, o que seguramente contribui para o processo de concepção do edifício. Por último, os aspectos de coordenação e compatibilização (gestão) de projeto e obra.

4.4.1 ArchiCAD (avaliação dos resultados):

- 1- **Interface:** a interface do ArchiCAD divide-se por funções lógicas esperadas em um processo de projeto. O mapa de projeto contém as diversas vistas de projeto, que além das perspectivas personalizadas, contém as vistas das plantas, cortes, fachadas e demais detalhamentos do projeto. O Livro de Layouts funciona como uma coleção de desenhos onde são criadas as pranchas de apresentação. A navegação entre as diversas vistas do projeto se dá por meio de janelas, que podem ser abertas de forma simultânea e possuem consistência de informação entre elas. O conceito vigente no ArchiCAD é de que não existem diversos tipos de trabalho, mas um só trabalho integrado de forma holística num modelo tridimensional que segue sendo alterado e editado, num processo de análise que acontece amparado pela visualização e pela informação oriunda da percepção espacial da proposta e frente aos requisitos e condicionantes de projeto a que ela deve atender.
- 2- **Funcionamento (workflow):** o funcionamento do ArchiCAD permite que o arquiteto concentre-se na concepção e formatação da idéia, ao mesmo tempo que incorpora informações ao modelo de forma a que se estabeleça um processo de análise, que serve de embasamento ao processo de tomada de decisão. Ainda nos estágios iniciais de concepção de um projeto, pode-se inserir toda a informação disponível e proceder a um complexo processo de análise que traz maturidade e embasamento para responder de forma mais clara e precisa aos condicionantes e requisitos de projeto. Aqui está talvez o maior “gancho” em termos de projeto, uma vez que o arquiteto pode unir os requisitos técnicos ao processo criativo, gerando conteúdo projetual que se certifica dentro dos padrões esperados para o empreendimento. Eventuais mudanças ao modelo são imediatamente percebidas por todos os participantes da equipe de projeto, e podem receber “feedback” dos

impactos de sua implementação e de conflitos ocasionais. O aplicativo também permite a detecção automática de conflitos impede que se tenha inconsistência de dados e duplicidade de informação no ciclo de projeto. A habilidade do ArchiCAD em automatizar o processo de geração de documentação perfaz um grande diferencial que acelera o desenvolvimento do projeto e facilita alterações, uma vez que todos os novos parâmetros são imediatamente incorporados em toda a documentação de projeto. O “workflow” do aplicativo produz novas possibilidades no estabelecimento de práticas de projeto mais eficientes e que, de fato, traga a tecnologia a participar ativamente do processo de criação e decisório.

- 3- Gerenciamento da Informação:** o gerenciamento da informação no ArchiCAD é o que a gente pode chamar de a alma do negócio. Uma vez que o aplicativo se encarrega de gerar e atualizar a documentação, e possui porte e capacidade suficiente para armazenar os parâmetros que o usuário deseja configurar, o arquiteto, enquanto usuário do ArchiCAD, realiza a ponte entre o imaginário e o enorme repertório de projeto e de casos precedentes, tanto formais, como funcionais, frente aos requisitos e condicionantes que constituem-se em desafios a serem solucionados. Tais caminhos levam a processos inovadores, e uma das razões principais está no fato de se apoiar no conhecimento previamente estabelecido, e em segundo lugar, no fato de que toda e qualquer proposta do arquiteto passou por um processo iconográfico e de simulação de condições e de respostas que só seriam possíveis de serem observadas no futuro. A análise e a consciência advindas da percepção dos fatores que implicam cada mudança, não só dos custos, mas esteticamente relacionais, e o inter-relacionamento entre as partes do projeto, que estão interconectadas e recebem e causam impacto umas às outras. O BIM (ArchiCAD) traz respostas significativas para estas questões, se, e somente se, conseguirmos transformar o ambiente de trabalho, organizacional, onde ele acontece, de forma a que a equipe de projeto esteja pronta a proceder a entrada de informação e ao processo de análise em constantes transformações e entradas de novas informações, resultando na modificação e no aprimoramento do modelo original.
- 4- Produto final:** o ArchiCAD realiza a produção e comunicação de projeto de forma eficiente e consistente, uma vez que a informação permanece centralizada e possui a capacidade automática de atualização. Um dos aspectos mais interessantes para o processo de projeto reside no fato de que mesmo nos estágios finais, eventuais

alterações, mesmo de cunho mais profundo, são possíveis devido ao fato de que não existem perdas na documentação. Esta propriedade realmente transforma a capacidade de se agregar informação, e, portanto, valor ao processo, uma vez que o processo de análise e tomada de decisão prossegue sendo amparado pela documentação, ao invés de estar a reboque, como no processo de projeto atual. Outro diferencial importante é a capacidade do aplicativo em oferecer diversas soluções que facilitam o entendimento do projeto por parte do cliente, bem como a comunicação da informação de projeto para fabricação de peças e elementos construtivos e ao canteiro de obras. À bem da verdade, a documentação encontra-se sempre próxima à atualização plena, não necessitando ser gerada em determinadas etapas, mas de acordo com a necessidade e com o volume do fluxo de informações do projeto.

- 5- **Tempo:** a utilização do ArchiCAD representou um grande diferencial em relação ao AutoCAD, para a realização da mesma tarefa. Isto se deve em grande parte à capacidade do ArchiCAD em gerar e atualizar a documentação de projeto. Perde-se um tempo maior na configuração dos parâmetros (por serem mais complexos), mas por outro lado, cada parâmetro que vai sendo configurado incorpora-se automaticamente na documentação. Isto se traduz, no andamento do projeto, em um enorme ganho de tempo, contando-se a inexistência de re-trabalho no processo. O processo acontece de forma mais fluida e dinâmica, e de imersão do arquiteto na idéia conceptiva acontece de forma bastante acentuada, aumentando a margem de manobra e a capacidade de manipulação por parte deste, do gabarito projetual e do referencial teórico, aliados à criatividade, para a definição formal que traduz as suas idéias em uma proposta concreta.

4.4.2 Conclusão (avaliação dos resultados - ArchiCAD).

O ArchiCAD mostrou-se uma excelente ferramenta e um ambiente de trabalho promissor para a realização de projetos de arquitetura de funções complexas, como o de terminais de passageiros aeroportuários. O modelo único de informação, compartilhado por todos os participantes de uma equipe de projeto, possibilita que o acréscimo de informação não aconteça de forma linear, o que gera um novo fluxo de trabalho e a possibilidade de um novo processo de projeto de arquitetura.

A relatividade da informação de projeto, uma vez que esta informação é passível de mudanças a qualquer momento, torna o projeto uma entidade em mutação, no caminho da melhoria contínua, se o processo for bem administrado. A grande novidade para os profissionais da área esta nas novas formas de participação no trabalho em equipe, o que gera necessidade de revisão das estruturas organizacionais e do próprio modelo de negócios. No limiar destas questões está a quebra de vários paradigmas que vão desde o modelo de negócios até a natureza e qualidade das edificações, em contínua transformação, espelhando as próprias rotinas da sociedade em que estão inseridas.

Este panorama que se apresenta traz consigo inúmeras oportunidades em pesquisa na aplicação de tecnologia ao processo de projeto de arquitetura.

Ao arquiteto cabe um papel de liderança neste processo, uma vez que a as atividades de concepção e formatação da idéia e da proposta de projeto prescindem da contribuição e da participação de diversos atores e diversas áreas de conhecimento, que devem ser coordenadas pelo arquiteto, no desenvolvimento e na gestão do modelo de informações do edifício.

O ArchiCAD representa um novo patamar em projetos de arquitetura e traz consigo amplas possibilidades de desenvolvimento de processos de projeto que, a meu ver, trarão significativas contribuições ao processo de criação (conceptivo) e ao processo decisório (tomada de decisões).

4.4.3 Conclusão geral sobre o comparativo entre os dois processos de projeto.

A comparação geral entre os dois processos de projeto indica que, essencialmente, existem grandes diferenças na forma como as tarefas de projeto são realizadas em cada um deles. Outra grande diferença é a capacidade limitada do processo que utiliza o AutoCAD em gerenciar informações e atributos dos elementos construtivos de forma a possibilitar uma correta coordenação de projeto e de obra.

Os objetivos que nortearam o desenvolvimento de cada um dos aplicativos também são substancialmente diferentes, apesar de os dois aplicativos servirem para atividades projetuais. Enquanto o AutoCAD limita-se a oferecer ferramentas de desenho e de edição, basicamente de representação geométrica não-paramétrica, o ArchiCAD é dirigido para incorporação da informação de projeto e de obra em um modelo único tridimensional que gera e atualiza automaticamente a documentação referente ao modelo.

Estas diferenças nos mostram que cada um dos aplicativos tem o seu nicho de atuação: em projetos voltados para a infra-estrutura aeroportuária, o processo que utiliza o BIM assume a dianteira preferencial de utilização, por oferecer um ambiente seguro para o desenvolvimento de projeto e para a sua coordenação em relação às etapas executivas e à gestão de toda a informação de forma geral.

Proposta do autor para a expansão da Sala de Embarque Remoto do Satélite Norte do SBBR, elaborada utilizando-se das potencialidades e ferramentas do AchiCAD:



Figura 26: vista externa de proposta do autor para a Sala de Embarque Remoto do Satélite Norte do SBBR Fonte: imagem do autor.

Na figura acima podemos observar, no andar térreo, a sala de embarque remoto do Satélite Norte. A utilização do ArchiCAD facilita a visualização de projeto e a análise da proposta em relação aos requerimentos e condicionantes do empreendimento. O aplicativo permite que mudanças sejam incorporadas ao projeto de forma rápida, uma vez que a documentação associada a o modelo virtual atualiza-se de forma automática, trazendo uma maior liberdade ao arquiteto ou projetista.

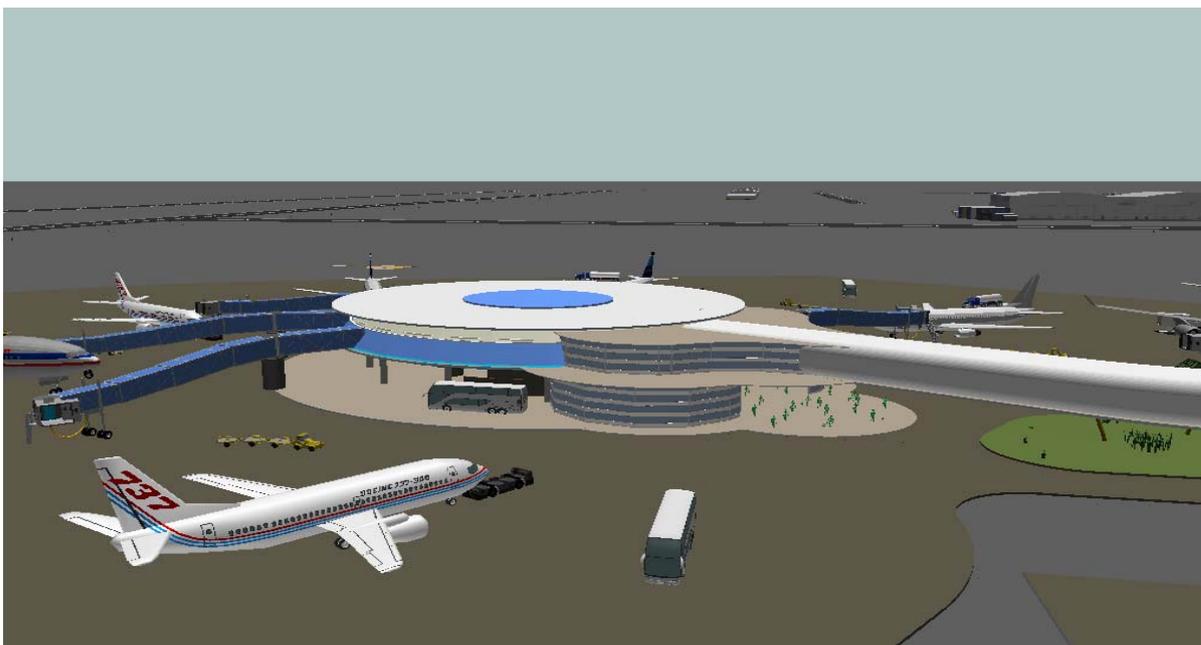


Figura 27: vista externa de proposta do autor para a Sala de Embarque Remoto do Satélite Norte do SBBR Fonte: imagem do autor.

O ArchiCAD permite um contato maior do arquiteto com as informações de projeto e amplia suas possibilidades de manipulação destas informações em propostas tridimensionais que podem ser espelhadas pela documentação automática em função dos impactos, benefícios e entraves oriundos de uma nova proposta de solução e/ou modificação do projeto de arquitetura.

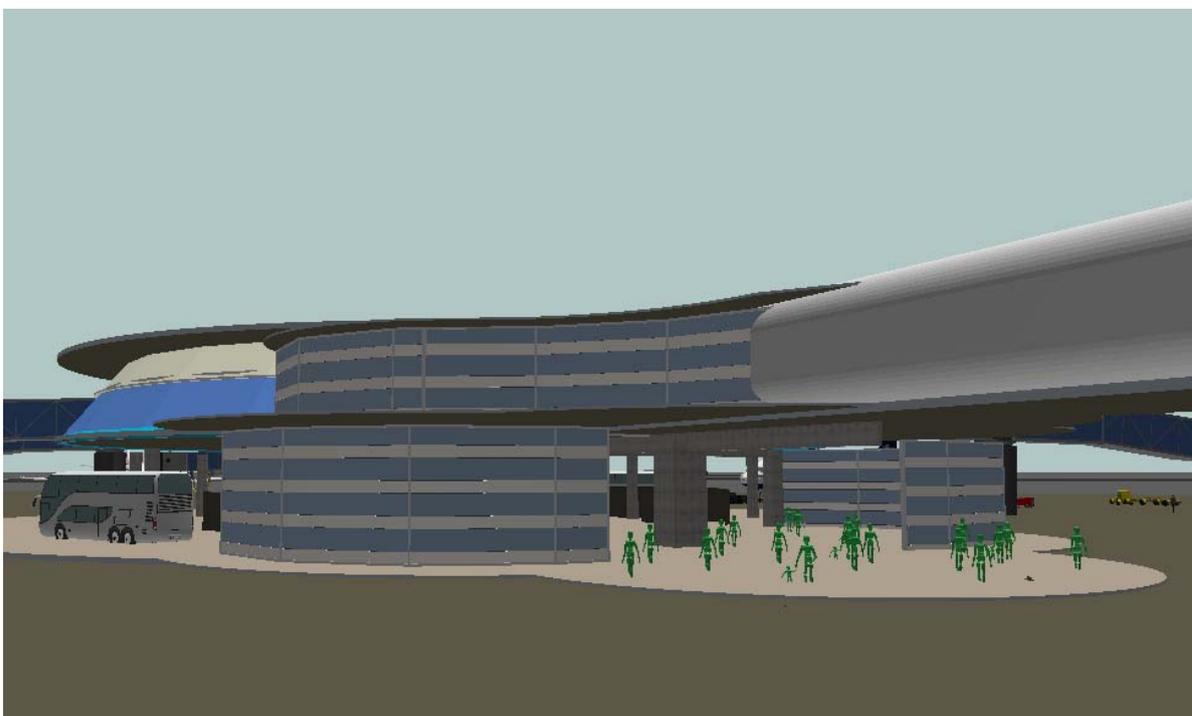


Figura 28: vista externa de proposta do autor para a Sala de Embarque Remoto do Satélite Norte do SBBR Fonte: imagem do autor.

A união das informações presentes na base de dados do aplicativo com a manipulação e parametrização de objetos e de elementos construtivos perfaz um processo de concepção que, amparado pelas ferramentas de análise, consegue certificar-se do atendimento aos requisitos e condicionantes que devem ser atendidos, bem como no tocante às tomadas de decisão no processo de projeto.

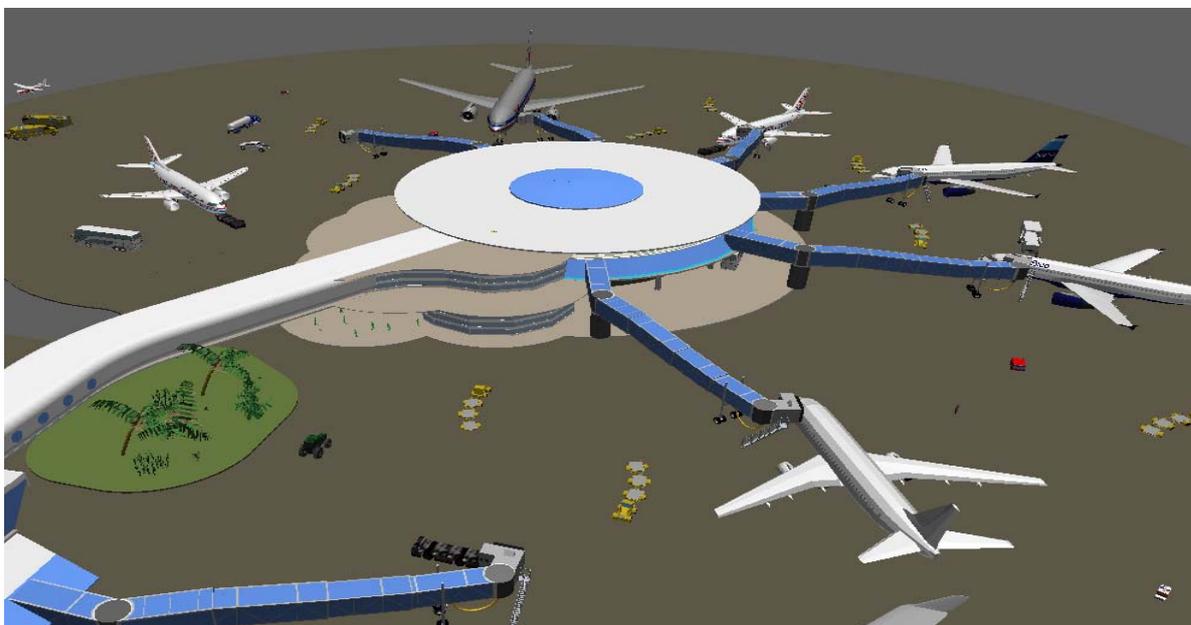


Figura 29: vista externa de proposta do autor para a Sala de Embarque Remoto do Satélite Norte do SBBR Fonte: imagem do autor.

O resultado final se traduz em uma maior capacidade do arquiteto ou projetista de manipular o ambiente tridimensional que incorpora as informações (parâmetros) relativas à edificação e ao empreendimento como um todo.

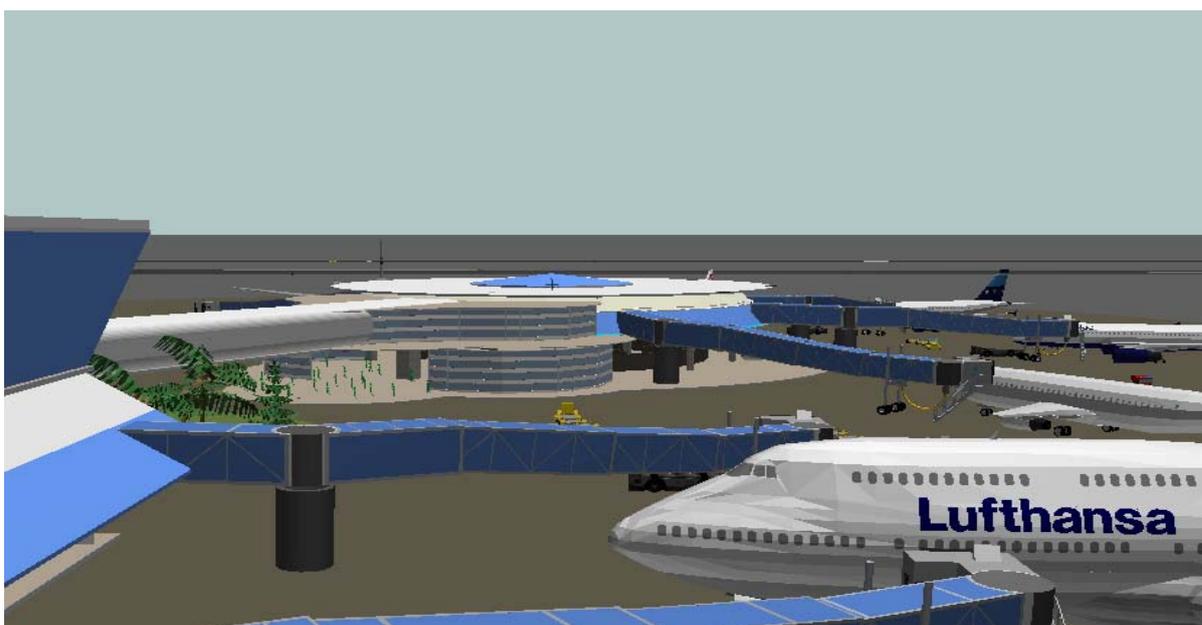


Figura 30: vista externa de proposta do autor para a Sala de Embarque Remoto do Satélite Norte do SBBR Fonte: imagem do autor.

4.5 Construção do Modelo – Imagens do autor

Modelagem do Satélite Sul do Aeroporto Internacional de Brasília – SBBR

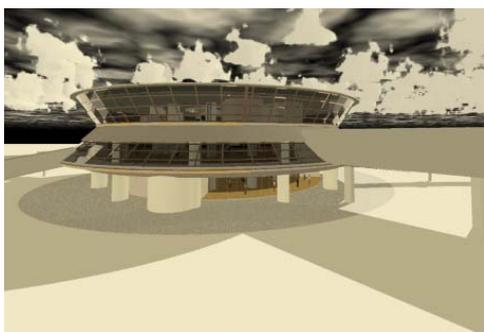


Figura 31: satélite Sul

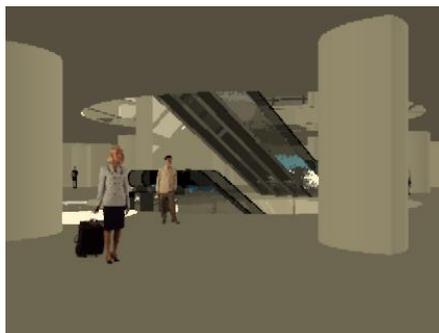


Figura 32: entrada Interna



Figura 33: pavimento A



Figura 34: “Atrium” Cobertura



Figura 35: taxi no pátio SBBR



Figura 36: satélite Norte

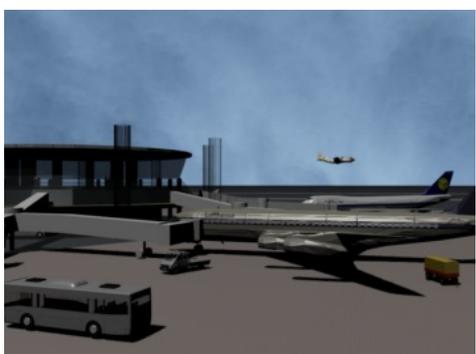


Figura 37: satélite em Operação

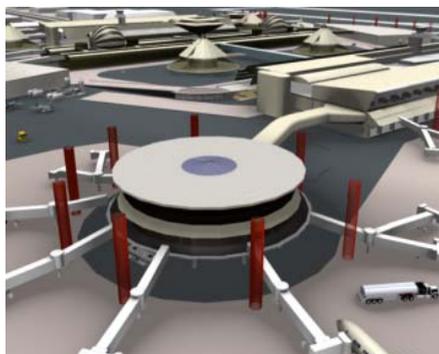


Figura 38: satélite Sul

6 CONCLUSÕES, CONSIDERAÇÕES FINAIS E DISCUSSÕES

A relação entre a arquitetura e o ser humano ocorre de uma forma muito mais profunda do que apenas a realização (concepção e construção) de um espaço destinado a abrigar atividades humanas. Por meio de uma visão de mundo diferenciada, cada um de nós pensa, faz e vive a arquitetura de diferentes formas, sendo que a própria arquitetura expressa-se em diferentes estilos e vertentes, correspondentes a cada época vivida pela humanidade.

Da mesma forma, os processos de produção do ambiente construído expressam o desenvolvimento tecnológico de cada época, desde o desenho e o processo de projeto tradicional, realizado à mão-livre, até os dias atuais onde é possível observar transformações nos processos de produção (projeto) por meio de sistemas computacionais inteligentes que são capazes de não apenas auxiliar e acelerar o processo produtivo, mas até mesmo influir nos aspectos conceituais, de análise e de tomada de decisões ao longo do processo. De certa forma, uma vez que o próprio processo torna-se tão criativo ou inovador a ponto de influenciar a forma como pensamos o próprio ato de fazer arquitetura, ou ainda mais, os próprios conceitos envolvidos na relação entre o homem e o ambiente físico que o cerca, associado aos signos e arquétipos culturais presentes à sua época, mudanças acontecem.

Com isto, podemos afirmar que os atuais paradigmas em arquitetura são postos à prova, uma vez que surgem duas vertentes principais: a forma de produção, que almeja eficiência, economia de recursos e insumos e racionalidade, tornando possível a produção de edifícios melhores, mais baratos, ambientalmente sustentáveis e realizados em um prazo menor; e a idéia conceitual, que assim como em outras épocas, sofre influências culturais da sociedade em que encontra-se inserida determinada produção arquitetônica, de tal forma que atualmente a tecnologia exerce grande influência em como nós pensamos e até mesmo vivemos o mundo que nos cerca. O tempo parece ter se acelerado, as coisas e as pessoas movem-se rapidamente, as idéias voam. O ambiente tecnológico leva o homem a ampliar suas potencialidades, além de criar novas oportunidades nunca antes imaginadas. Atualmente o processo de projeto de arquitetura passa por profundas transformações advindas da utilização de sistemas inteligentes, como o BIM – “Building Information Modeling”, que possibilita a criação de um ambiente único de trabalho, em que diversos profissionais ou agentes intervenientes neste processo, possam trabalhar de forma cooperativa em um modelo único (modelo tridimensional virtual), conhecido como modelo de informações do edifício.

As maiores vantagens ocorrem quanto mais uma equipe souber trabalhar de forma coordenada e proativa na busca de soluções que vão sendo incorporadas ao modelo tridimensional. Merece destaque a capacidade de trazer aos estágios iniciais de projeto simulações e análises de desempenho que possibilitam, como por exemplo, a avaliação de conforto térmico, acústico, ou mesmo de solução ou partido estrutural, permitindo que antes que a idéia conceptiva final, proposta pelo arquiteto seja aprovada pelo dono ou gestor do empreendimento, tais melhorias de desempenho sejam de fato incorporadas, uma vez que o projeto passa por contínuas atividades para testar e validar o futuro edifício em termos técnicos, ambientais, funcionais e formais.

Até os dias de hoje o computador foi empregado, como por meio da utilização de um CAD genérico, para a produção e documentação (geralmente bidimensionais) de projeto, automatizando tarefas antes realizadas de forma manual. Ocorre que estas habilidades apenas aceleram o projeto, mas não trazem contribuições substanciais ao processo em si, levando-se em consideração a qualidade daquilo o que é produzido. Por outro lado, o emprego da tecnologia em simulações de condições futuras, desejáveis ou não, associado ao próprio processo de projeto como acontece na utilização do BIM possibilita que possamos assegurar a qualidade e a racionalidade do processo de produção. Porém, traz questões que nos faz pensar que, por meio da ampliação das próprias capacidades humanas, estendidas a um computador programado para realizar tarefas e fornecer informações que, sozinhos, não seríamos capazes de processar em nossos cérebros, exista a possibilidade de que a própria convivência com a tecnologia e a sobreposição entre a sua utilização e as técnicas e processos de projeto que até então vinham sendo realizados possam fazer nascer um novo processo de produção do ambiente construído. Apenas o passar do tempo e a profunda reflexão sobre o tema poderão desvendar os segredos ocultos na tecnologia que virá...

6.1 Considerações finais:

O emprego da tecnologia no processo de projeto resulta em diversas questões que, no devido momento, deverão ser respondidas seja pela investigação científica, ou pela experiência prática, que indiquem caminhos não só na utilização da tecnologia na gestão da informação do edifício, mas no próprio processo de projeto que não pode, e não deve ser algo imutável, que não se modifica.

A tecnologia encontra-se incorporada de forma tão significativa nos processos e atividades humanas que, há muito ultrapassou a fronteira de ser apenas uma ferramenta auxiliar nestes processos, mas constitui-se atualmente fator determinante na revisão e proposição de novos processos dentro da sociedade. A área da AEC, assim como muitos outros setores produtivos, encontra-se defasada perante esse panorama que se apresenta, e carece de pesquisa e de busca de soluções eficientes e compatíveis com a realidade brasileira. A transformação dos processos de projeto de arquitetura, incorporando a tecnologia enquanto parte constituinte do processo criativo e de tomada de decisão justifica a realização de novas pesquisas na área, uma vez que isto representa a mudança da própria sociedade. É natural que a evolução da sociedade como um todo, gere modificações nas relações sociais, nos edifícios e nas funções que desenvolvemos neles, de forma que quando a tecnologia, que representa o emprego da máquina nas tarefas de projeção, representa esta mudança, torna-se necessária a reflexão, porque deveriam ser sempre a criatividade e capacidade de raciocínio, humanas, a estarem à frente dos processos e atividades envolvidos na relação do homem com a natureza que o cerca e nas atividades de transformação desse ambiente que ele desenvolve de forma contínua há milhares de anos.

Portanto, torna-se necessária a pesquisa, não só nos melhores empregos da tecnologia nos atuais processos que, ora, desenvolvamos, mas também na observação de que, sob os novos fenômenos que podem ser observados no emprego de determinada tecnologia, seja também possível inferir novas práticas e formas de organização dos processos produtivos, no caso desta pesquisa, nos processos de projeto de arquitetura, com ênfase ao projeto de terminais de passageiros aeroportuários. Os desenvolvimentos futuros, na visão do autor, apontam para caminhos de pesquisa que possam indicar quais seriam as melhores formas de colaboração no processo de projeto, bem como quais seriam os caminhos possíveis de mudanças que levem o atual processo de projeto a uma transformação em suas práticas e modelos de forma a se possibilitar que novas formas colaborativas de projeto venham participar neste processo.

A correta definição de quais seriam os requisitos mínimos para a implementação de um sistema BIM e de quais deveriam ser as mudanças mínimas exigidas nos processos de projeção de forma a que o trabalho colaborativo venha residir em um novo processo de projeto que contemple de forma mais consistente os requisitos de análise, tomada de decisão e de informação associada ao projeto (documentação). Os aplicativos BIM por si só não representam o processo de projeto inovador que é possível de se realizar por meio de um trabalho colaborativo entre diversos profissionais de áreas complementares em torno de um modelo único virtual da edificação.

Pesquisas futuras poderão indicar os caminhos para uma melhor definição da correta participação das tecnologias computacionais no processo de projeto, bem como quais seriam as boas práticas neste trabalho cooperativo para que possamos extrair as maiores potencialidades no ambiente de trabalho BIM. Os atuais esforços residem na transição do processo de projeto atual para um novo processo que integra o trabalho e a informação de forma contínua, ao longo do desenvolvimento do projeto. As possibilidades de análise antecipada e de informação “just-in-time” representam uma amplificação destas tarefas em relação ao processo atual. Se corretamente realizados, estes processos de análise seguramente trarão benefícios e melhorias à qualidade final da edificação, além de propiciar a realização do empreendimento a um custo menor e num prazo menor. Por detrás dos benefícios estão ocultos inúmeros pequenos processos para realização das tarefas de projeto, que deveriam ser objeto de pesquisa para melhor definição deste novo processo de projeto que o BIM representa. Estes pequenos processos podem ser delimitados como a prática profissional do arquiteto e a tecnologia, por ser um componente cada vez maior deste processo, passam a influir diretamente na definição do próprio processo de projeção.

Acreditamos que o fato da informação de projeto estar associada de forma automática ao processo de projeto, e do trabalho ocorrer em torno de um modelo único, faz do BIM um ambiente favorável para a realização de projetos de funções complexas, como os aeroportuários, uma vez que o BIM facilita e amplifica as atividades de análise, o que contribui para a tomada de decisões e a busca por soluções e melhorias ao longo do processo. As atividades que os aplicativos BIM realizam e que os aplicativos envolvidos no atual processo de projeto não o fazem representam muitos dos principais focos de erros e de inconsistência de informação associada ao processo de projeção atualmente, por este ser realizado de forma manual.

Esta pesquisa demonstrou avanços significativos na utilização do BIM como ambiente de trabalho para realização de um processo de projeto aeroportuário, mas carece de verificação prática, no funcionamento real de uma organização, para que a prática profissional possa ser investigada à luz dos conceitos formadores do BIM. A realização do projeto do TPS Brasília permitiu a investigação das diferenças e vocações primordiais entre os processos de projeto atual e o que utiliza o BIM. Ressaltamos que todo o trabalho foi realizado por apenas um único profissional, apesar da complexidade e das dimensões da edificação, o que nos leva a imaginar a potencialidade dos sistemas BIM num trabalho cooperativo entre diversos profissionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARNES, R. M. (1982). *Estudo de movimentos e de tempos*. São Paulo, SP: Edgard Blücher, 6ª ed.,.
- BHATT, J. (2008). *AutoDesk press release*. San Diego, CA: Drexel University.
- CALDAS, C. H., & SOIBELMAN, L. (2006). *A Combined Text Mining Method to Improve Document Management in Construction, Proceedings of the Joint International Conference on Computing and Decision Making in Civil and Building Engineering*. Montreal: Canadá.
- CAMPOS, V. F. (1992). *TQC – Controle da qualidade total: no estilo japonês*. Belo Horizonte, MG: Mnas Gerais, 5º ed.
- CARDOSO, F. F., & BARROS, M. M. (1997). *SEMINÁRIO INTERNACIONAL GESTÃO E TECNOLOGIA NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE CONSTRUÇÃO CIVIL*. São Paulo, SP: ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO .
- Ceccato, C. (2001). *EVOLUTIONARY DESIGN TOOLS FOR MASS-CUSTOMISATION*. Hong Kong: The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong, China.
- Cervantes, A. F., & SCHEER, S. (2004). *DIFERENTES ABORDAGENS DO USO DO CAD NO PROCESSO DE*. Curitiba: PPGCC/UFPR.
- COELHO, S. S., & Novaes, C. C. (2008). Modelagem de Informações para Construção (BIM) e ambientes colaborativos para gestão de projetos na construção civil. p. 3.
- CORRÊA, C. V. (2006). *A APLICAÇÃO DA ENGENHARIA SIMULTÂNEA NA DINÂMICA DE ELABORAÇÃO E IMPLANTAÇÃO DE PROJETOS PARA PRODUÇÃO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL*. Belo Horizonte, MG: Escola de Engenharia – Departamento de Engenharia de Produção – Universidade Federal de Minas Gerais.
- COSTA, M. A. (1999). *Metodologia para implantação da gestão baseada em atividades (ABM): uma aplicação em*. Florianópolis: Monografia de Curso de especialização pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de.
- Crespo, C. C., & Ruschel, R. C. (2007). *Ferramentas BIM: um desafio para a melhoria no ciclo de vida do projeto*. Campinas: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - FEC – UNICAMP,.

- DAVENPORT, T. H. (1994). *Reengenharia de processos*. Rio de Janeiro, RJ: Campus.
- DAVID, F. (2004). *Subjective Priors for Maintenance Models*, *Journal of Quality in Maintenance Engineering*.
- DILLON, M. (11 de Janeiro de 2005). Breaking Down the Walls: An online resource for users of Autodesk Building Solutions products. San Antonio, Texas, Estados Unidos da América.
- EASTMAN, C., TEICHOLZ, P., SACKS, R., & LISTON, K. (2008). BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling, for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. Hoboken, New Jersey, Estados Unidos.
- FERREIRA, S. L. (2007). *Da engenharia simultânea ao modelo de informações de construção (BIM): contribuição das ferramentas ao processo de projeto e vice versa*. Curitiba, PR: Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, 2007, Curitiba. Anais... 2007. CD ROM.
- Florio, W. (JULHO de 2007). CONTRIBUIÇÕES DO BUILDING INFORMATION MODELING NO PROCESSO DE PROJETO EM ARQUITETURA. *TIC - INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS EM ARQUITETURA, ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO*, p. 1.
- FORMOSO, C. T., CESARE, C. M., LANTELME, E. M., & SOIBELMAN, L. (1996). *AS PERDAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: CONCEITOS, CLASSIFICAÇÕES E SEU PAPEL NA MELHORIA DO SETOR*. Porto Alegre, RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).
- GONÇALVES, J. E. (2000). *Processo, que processo?* São Paulo, SP: RAE – Revista de Administração de Empresas, São Paulo, v.40, n.4,.
- HAMMARLUND, Y., & JOSEPHSON, P. E. (1992). *Qualidade: cada erro tem seu preço*. Montreal: Trad. de Vera M. C. Fernandes Hachich. *Téchne*, n. 1, p.32-4, nov/dez 1992.
- HARRINGTON, J. (1993). *Aperfeiçoando processos empresariais*. São Paulo, SP: Makron .
- HUNT, J. G., & THOMPSON, R. C. (1996). *Inside the black box of alpha, beta, and gamma change: Using the cognitive-processing model to assess attitude structure*. Boston: *Academy of Management Review*, 21, 3, 655-690.
- JACOSKI, C. A. (2003). *A INTEROPERABILIDADE EM PROJETOS DIGITAIS COMO CONDICIONANTE À INTEGRAÇÃO E VIRTUALIZAÇÃO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO*. Chapecó: Centro Tecnológico da UNOCHAPECÓ,.

- KOO, B., & FISCHER, M. (2000). *Feasibility study of 4D-CAD in commercial construction*, *Journal of Construction Engineering and Management*. New York: ASCE.
- LYRIO FILHO, A. d., & AMORIM, S. L. (2008). *INCEPÇÃO: DE TEORIA NÃO ESTRUTURADA A PRÁTICA*. Rio de Janeiro: UFF-Universidade Federal Fluminense.
- MADRID, L. (2008). *The Economic Impact of Interoperability*. San Diego: Microsoft.
- MEIRA, G. R. (1998). A normalização técnica na construção civil, sub-setor de edificações na Paraíba. João Pessoa, Paraíba, Brasil.
- MELHADO, S. B. (1994). *Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção*. São Paulo, SP: Tese de doutorado em engenharia.
- MELHADO, S. (2009). *Gestão de Projetos de Edificações e Escopo de Serviços para Coordenação de Projetos*. São Paulo, SP: FEICON - BATIMAT.
- OSTRENGA, M. R., OZAN, T. R., & MCHATTAN, R. D. (1993). *Guia da Ernst & Young*. Rio de Janeiro, RJ: Record.
- PINHO, A. F., LEAL, F., MONTEVECHI, J. A., & ALMEIDA, D. A. (2007). *COMBINAÇÃO ENTRE AS TÉCNICAS DE FLUXOGRAMA E MAPA DE PROCESSO NO MAPEAMENTO DE UM PROCESSO PRODUTIVO*. Foz do Iguaçu, PR: XXVII Encontro Nacional de Engenharia da Produção.
- PINTO, L. E. (2002). *COMBINAÇÃO ENTRE AS TÉCNICAS DE FLUXOGRAMA E MAPA DE PROCESSO NO MAPEAMENTO DE UM PROCESSO PRODUTIVO*. Itajubá, MG: Universidade Federal de Itajubá, IEPG.
- POSSAS, M. L. (1987). *A dinâmica da economia capitalista: uma abordagem teórica*. São Paulo: Brasiliense.
- ROSENMAN, M., & WANG, F. (2002). *A component agent based open CAD system for collaborative design*. *Automation in Construction*, n. 10, p. 383–397, 2001. Disponível em: <<http://www.elsevier.com/locate/autcon>>. Acesso em: 12 de maio de 2009, às 21:47 hs.
- RUMMLER, G. A., & BRACHE, A. P. (1992). *Melhores Desempenhos das Empresas*. São Paulo: Makron.
- SILVA, A. H. (2005). *Modelo de Gestão da Manutenção para uma Empresa Aeroportuária*. Recife, PE: Monografia - Universidade Federal de Pernambuco, CTG, Engenharia da Produção.

- SILVA, A. H., & COSTA, A. P. (2006). *Modelo de gestão da manutenção para uma empresa aeroportuária*. Fortaleza: XXVI ENEGEP.
- SLACK, N., CHAMBERS, S., HARLAND, C., HARRISON, A., & JOINSTON, R. (1997). *Administração da Produção*. São Paulo: Tradução BRANDÃO, A. B. , ATLAS S/A.
- SOLIMAN, F. (1999). *Optimum level of process mapping and least cost business process re-engineering*. New York: Journal of Operations Production Management,.
- Steele, J. (2001). *Arquitectura y revolución digital*. México: Gustavo Gili, SA.
- TOBIN, J. (2008). *Proto Building: To BIM is to build*. Disponível em: <<http://www.aecbytes.com/buildingthefuture/2008/ProtoBuilding.html>>. Acesso em: 12/05/2009, ÀS 22:26HS.
- TSE, T. K., & WONG, K. A. (2005). *The utilisation of building information models in nd modelling: a study of data interfacing and adoption barriers*. Hong Kong: ITCOM, v. 10, p. 85-102, abr. 2005.
- VALE, M. S. (07 de Março de 2006). DIRETRIZES PARA RACIONALIZAÇÃO E ATUALIZAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES. *Segundo o conceito da qualidade e sobre a ótica do Retrofit* . Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Universidade Federal do.
- WIRASINGHE, S. C. (2006). *THE ELEVENTH INTERNATIONAL CONFERENCE OF HONG KONG SOCIETY FOR TRANSPORTATION STUDIES*. Calgary, Canada: Conference Workshop I: Integrated Multimodal Transportation.