

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO EM ARQUITETURA E URBANISMO
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: TECNOLOGIA

**A CONTRIBUIÇÃO DOS SISTEMAS BIM PARA O PLANEJAMENTO
ORÇAMENTÁRIO DAS OBRAS PÚBLICAS: ESTUDO DE CASO DO AUDITÓRIO
E DA BIBLIOTECA DE PLANALTINA**

LUDMILA SANTOS DE ANDRADE

**BRASÍLIA- DF
FEVEREIRO 2012**

**PPG-FAU UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
MESTRADO EM ARQUITETURA E URBANISMO
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: TECNOLOGIA**

**A CONTRIBUIÇÃO DOS SISTEMAS BIM PARA O PLANEJAMENTO
ORÇAMENTÁRIO DAS OBRAS PÚBLICAS: ESTUDO DE CASO DO AUDITÓRIO
E DA BIBLIOTECA DE PLANALTINA**

**LUDMILA SANTOS DE ANDRADE
ORIENTADOR:
PROF. DR. NEANDER FURTADO SILVA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

**BRASÍLIA- DF
FEVEREIRO DE 2012**

FOLHA DE APROVAÇÃO

Candidato: Ludmila Santos de Andrade

Dissertação defendida e aprovada

Prof. Dr. Neander Furtado Silva

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Daniel Richard Santa'Ana

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Universidade de Brasília

Prof. Dr. David Rodney Lionel Pennington

Faculdade de Comunicação – Universidade de Brasília

Brasília – DF

Fevereiro de 2012

Agradecimentos

Agradeço a minha família principalmente a minha mãe e a meu pai. Ainda ganhei um irmão e ainda recebi uma cópia de mãe, a Nilcinha. Tenho três pessoas perfeitas em minha vida. Minha vida sem elas seria sem vida. E como sou a pessoa mais sortuda do mundo ainda ganhei um Nilcinho, um Manu, uma Boneca e uma INHA que não faz nada ainda . E dois agregados.

Agradeço as minhas noites de pipoca doce com a minha vó, com elas os dias se tornaram mais doces. Aos meus tios e tias, primos e primas pelos almoços e pelas tardes.

Agradeço o incentivo e apoio do meu orientador Neander Furtado e Ecilamar Lima pelos dois anos de orientação, inspiração e dedicação acadêmica que resultaram nesse trabalho.

Aos meus amigos que atravessaram comigo esta jornada que muitas vezes pareceu interminável.

Sintam que este trabalho também pertence a vocês.

Obrigada !

Resumo

A justificativa da existência desse trabalho, a quantidade alarmante de obras públicas inacabadas no país. O estudo apresentado nesta dissertação está delimitado ao campo orçamentário das obras públicas, uma vez que este influencia diretamente no sucesso da construção e conclusão das mesmas.

Ao colocar a problemática das obras públicas inacabadas em perspectiva dois grandes aspectos se destacam: os erros de quantitativos na planilha-orçamentária e as fases estanques de planejamento e construção das obras públicas.

A hipótese apresentada nesta dissertação é a contribuição dos sistemas BIM no planejamento das obras públicas. Para preencher esta lacuna, desenvolvemos um estudos de caso do Auditório e da Biblioteca de Planaltina, a mesma obra real foi usada para comparar os quantitativos calculados manualmente na planilha-orçamentária licitada, com os quantitativos extraídos automaticamente do modelo digital a partir do sistema BIM.

Desse modo, foi possível demonstrar a contribuição que os sistemas BIM podem oferecer ao planejamento das obras públicas com relação a exatidão dos quantitativos. Verificamos também a comparação entre os quantitativos extraídos manualmente pelos sistemas bidimensionais CAD e automaticamente pelos sistemas tridimensionais BIM, demonstrando que há sérias inconsistências de valores. Este trabalho também tenta difundir a inclusão de novos sistemas computacionais no cenário da administração pública que permitirá a mudança do cenário das obras públicas.

Palavras Chaves: BIM; Obras Públicas Inacabadas; Quantitativos; Estudo de Caso Auditório e Biblioteca de Planaltina.

Abstract

The justification of the existence of this work, alarming amount of unfinished public works into the country. However, our study it is delimited to the budgetary field of the public works, because this field influence directly in the success of the construction and conclusion of the same ones..

When placing problematic of the unfinished public works in perspective the two great aspects if detach: errors of quantitative in spread sheet-budgetary and the blocked phases of planning and construction of the public works.

The hypothesis of this study considers the contribution of systems BIM in the planning of public works. To validate the hypothesis it has the necessity of the study of case of the Auditorium and the Library of Planaltina, the same real workmanship was used to compare the quantitative ones calculated manually in the spread sheet-budgetary one bided, with the quantitative ones extracted automatically of the digital model from system BIM.

In this manner, it was possible to demonstrate the contribution that systems BIM can offer to the planning of the public works with regard to exactness of the quantitative ones. We also verify the comparison manually enters quantitative the extracted ones for bi-dimensional systems CAD and automatically for three-dimensional systems BIM, demonstrating that it has serious inconsistencies of values. This work also tries to spread out the inclusion of new computational systems in the scene of the public administration who will allow the change of the scene of the public works.

Keywords: BIM; unfinished public works; quantitative; study of case of the Auditorium and Library of Planaltina.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. PROBLEMA	3
1.1.1. A Dimensão do Problema.....	3
1.1.2. A Inconsistência da Planilha-orçamentária.....	5
1.1.3. O Planejamento Estanque das Obras Públicas	6
1.2. HIPÓTESE	17
1.2.1. O Estudo de Caso para Validar a Hipótese.....	19
1.3. OBJETIVO GERAL.....	22
1.3.1. Objetivo Específico.....	22
1.4. A ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	22
2. A PRÁTICA DA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	24
2.1. O MODELO ATUAL NA ARQUITETURA, ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO (AEC) NACIONAL	24
2.1.1. Modelo Projetar, Licitar e Construir (DBB).....	25
2.2. NOVOS MODELOS DISPONÍVEIS A PARTIR DO USO DO BIM.....	29
2.2.1. Modelo Projetar e Construir (DB).	29
2.3. CARACTERÍSTICAS DO PROJETO NAS OBRAS PÚBLICAS.....	33
2.4. A PLANILHA ORÇAMENTÁRIA	38
2.5. VANTAGENS DO USO DOS NOVOS SISTEMAS TECNOLÓGICOS NAS OBRAS PÚBLICAS.....	39
2.5.1. O Estudo de Viabilidade Econômica se Torna Facilmente Verificável	40
2.5.2. Eficiência	41
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	44
3.1. A DIGITALIZAÇÃO DA ARQUITETURA.....	44

3.1.1.	A Primeira Geração CAD por Ivan Sutherland.....	47
3.1.2.	A Modelagem Tridimensional.....	50
3.2.	NOVAS FERRAMENTAS E NOVOS PROCESSOS	56
3.2.1.	Projeto Paramétrico.....	58
3.2.2.	Projeto BIM	66
3.2.3.	Conceito da Tecnologia BIM por Moterson.....	71
3.3.	BIM COMO BANCO DE DADOS.....	72
3.4.	BIM COMO FERRAMENTA DE GESTÃO DOS QUANTITATIVOS	73
3.5.	SOFTWARES COM A TECNOLOGIA BIM	75
3.6.	PRECEDENTES DE CONSTRUÇÃO COM O USO DO BIM.....	77
4.	MÉTODO DE INVESTIGAÇÃO DO ESTUDO DE CASO.....	81
4.1.	PROCEDIMENTOS.....	81
4.2.	SOFTWARES E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS.....	89
5.	O ESTUDO DE CASO E OS RESULTADOS	90
5.1.	A INFORMAÇÃO GERADA.....	93
5.2.	A COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS.....	97
5.2.1.	Análise dos Resultados Obtidos	102
6.	CONCLUSÃO E DESDOBRAMENTOS FUTUROS	103
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	106
	ANEXOS	106

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: PRÉDIO DA JUSTIÇA EM JUIZ DE FORA, MINAS GERAIS.	4
FIGURA 2 ETAPAS DAS ATIVIDADES TÉCNICAS DO PROJETO DE EDIFICAÇÃO E DE SEUS ELEMENTOS, INSTALAÇÕES E COMPONENTES	9
FIGURA 3 LOCALIZAÇÃO DA OBRA EM PLANALTINA	20
FIGURA 4 VISTA EXTERNA DA EDIFICAÇÃO OBJETO DE ESTUDO.	20
FIGURA 5 VISTA INTERNA DO AUDITÓRIO INACABADO.	20
FIGURA 6 O FUTURO DA ARQUITETURA SEGUNDO NORMAN FOSTER	45
FIGURA 7 SISTEMA SKETCHPAD DE IVAN SUTHERLAND	48
FIGURA 8 ICOSAEDRO REGULAR	59
FIGURA 9 ICOSAEDRO TRUNCADO	59
FIGURA 10 VARIAÇÃO PARAMÉTRICA DE COLUNAS NA ARQUITETURA RENASCENTISTA	60
FIGURA 11 POSSIBILIDADES DA PARAMETRIZAÇÃO	64
FIGURA 12 OS DIFERENTES ASPECTOS ATRAVÉS DE CADA VISTA DO MODELO	69
FIGURA 13 OS NÍVEIS DE INFORMAÇÃO DO PROJETO	70
FIGURA 14 AMPLIAÇÃO DA FÁBRICA DA GM EM FLINT, MICHIGAN.	78
FIGURA 15 OS MODELOS PARA CONSTRUÇÃO DA AMPLIAÇÃO DE FLINT	80
FIGURA 16 PLANTA-BAIXA ORIGINAL DO AUDITÓRIO E BIBLIOTECA DE PLANALTINA REALIZADA NO SOFTWARE AUTOCAD	83
FIGURA 17 CORTE DA PRANCHA ORIGINAL DO PROJETO REALIZADO NO SOFTWARE AUTOCAD	84
FIGURA 18 ELEVAÇÃO DA PRANCHA ORIGINAL DO PROJETO REALIZADO NO SOFTWARE AUTOCAD	84
FIGURA 19 MODELAGEM DO AUDITÓRIO E BIBLIOTECA REALIZADA NO SOFTWARE REVIT	85
FIGURA 20 MODELAGEM DA PAREDE REALIZADA NO SOFTWARE REVIT	86
FIGURA 21 INSERÇÃO DE COMPONENTES ESTRUTURAIS REALIZADA NO SOFTWARE REVIT	87
FIGURA 22 INSERÇÃO DE ELEMENTOS DE ESQUADRIAS REALIZADA NO SOFTWARE REVIT	88
FIGURA 23 EXTRAÇÃO AUTOMÁTICA DE QUANTITATIVOS REALIZADA NO SOFTWARE REVIT	89
FIGURA 24 O MODELO JÁ INCLUI OBJETOS E FAMÍLIAS DOS COMPONENTES	90
FIGURA 25 O MODELO JÁ INCLUI OBJETOS E FAMÍLIAS DOS COMPONENTES	90
FIGURA 26 VISTA INTERNA DO PÁTIO DESCOBERTO.....	91
FIGURA 27 VISTA INTERNA DA BIBLIOTECA PARA O AUDITÓRIO	91
FIGURA 28 AS CAMADAS DE INFORMAÇÃO DO MODELO	92
FIGURA 29 CORRELAÇÃO ENTRE O MODELO E A TABELA DE QUANTITATIVO DO BALDRAME PELO SOFTWARE REVIT	93
FIGURA 30 CORRELAÇÃO ENTRE O MODELO E A TABELA DOS QUANTITATIVOS DOS REVESTIMENTOS DE PISO PELO SOFTWARE REVIT	94
FIGURA 31 CORRELAÇÃO ENTRE O MODELO E A TABELA DOS QUANTITATIVOS DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS.....	95

FIGURA 32 CORRELAÇÃO ENTRE O MODELO E A TABELA DOS QUANTITATIVOS DE ALVENARIA PELO SOFTWARE
REVIT 96

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 TRECHO DA PLANILHA-ORÇAMENTÁRIA	39
TABELA 2 CONJUNTO DE PROCEDIMENTOS PARA COMPROVAR A HIPÓTESE.....	85
TABELA 3 PLANILHA DE COMPARAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO	97
TABELA 4 ANÁLISE DOS ELEMENTOS DE ARQUITETURA	98
TABELA 5 ANÁLISE COMPARATIVA DA COBERTURA E REVESTIMENTOS DA OBRA.....	99

1. INTRODUÇÃO

A representação gráfica dos projetos de arquitetura ainda é feita por meio de desenhos bidimensionais pela maioria dos arquitetos brasileiros. Essa representação vem sendo usada, em geral, apenas para automatizar a representação de projetos. O que acontece é a simples transposição da forma manual de projetar para a digital.

Apesar dos desenvolvimentos computacionais significativos desde o início da década de 1980, não houve mudanças correspondentes na prática de representação, documentação e informação dos desenhos. Contudo, as novas ferramentas digitais permitem ir além dessas representações. Permitem modelar o projeto tridimensionalmente em escala real, fazer percursos interativos, cálculos de iluminação global, simular zonas de conforto ambiental, emitir quantitativos de materiais e etc.

Os avanços na área da computação gráfica e de novos métodos de construção culminaram com o desenvolvimento dos sistemas de modelagem da informação da construção, BIM (Building Information Modeling). Utilizando esses sistemas o arquiteto constrói um modelo virtual da edificação que conterà as informações sobre os atributos, comportamentos e inter-relações dos seus elementos arquitetônicos. Dessa forma os sistemas BIM inovam ao oferecer ao arquiteto todas as informações do projeto em um modelo único antes da execução.

A problemática do cenário de obras públicas inacabadas no Brasil é o que nos propomos estudar. Entendemos que, sob o prisma da arquitetura pública, dois aspectos contribuem para este problema: as inconsistências da planilha-orçamentária e o planejamento por fases estanques do ciclo da construção pública.

A hipótese que elaboramos no sentido de preencher esta lacuna seria o uso dos sistemas BIM na fase de planejamento dos quantitativos. Desta forma, investigarmos nesta dissertação, principalmente, com base no estudo de caso como uso dos sistemas BIM contribuiu para reduzir as inconsistências dos quantitativos.

O objetivo geral de nossa dissertação foi verificar a contribuições em relação aos ganhos de eficiência e exatidão da planilha orçamentária.

Os objetivos específicos são quantificar e comparar os quantitativos da mesma obra inacabada que foram baseados no sistema bidimensional com a extração dos quantitativos extraídos do sistema tridimensional paramétrico BIM para identificar inconsistências de quantitativos orçamentários. No sentido de alcançar estes objetivos utilizamos um caso real, ou seja, uma obra inacabada contendo um bloco horizontal com dois usos, uma Biblioteca e um Auditório, em Planaltina.

No método de investigação que elaboramos destacamos alguns aspectos: primeiro a Escolha de um projeto real de obra pública inacabada, para servir de estudo de caso, depois; modelar a obra escolhida, no sistema BIM no sistema BIM Revit para verificar nossa hipótese de trabalho e por fim, utilizar o sistema BIM escolhido para obter o quantitativo de materiais.

Os resultados obtidos da comparação entre os dois processos de extração dos quantitativos foram tabelados e apresentados no capítulo 5. Pode-se perceber que a diferença entre os quantitativos em porcentagem acumulada reflete as inconsistências da planilha e os prejuízos causados aos cofres públicos. Decorrentes das inconsistências constantes das planilhas-orçamentárias. Além disso, demonstrar que por meio do uso dos sistemas BIM é possível aperfeiçoar os custos.

Concluí que a contribuição dos sistemas BIM na fase de planejamento orçamentário, no controle e coordenação dos quantitativos, é extremamente vantajosa para Administração Pública. Outro ponto, o sistema BIM ao criar as listas de tabelas exatas, permite ao arquiteto uma maior liberdade de criação sem preocupação com inconsistências futuras, porque as listas são dinamicamente atualizadas com as alterações que ocorrem no modelo.

1.1. PROBLEMA

Por quase dois anos trabalhei como arquiteta e funcionária pública do IFB, um órgão novo e com muitas obras para a expansão da rede federal de ensino tecnológico. Lá me deparei com obras públicas inacabadas, várias. A partir dessa situação senti a necessidade de estudar sobre este tema e propor para a administração pública novos sistemas para inverter este cenário

1.1.1. A DIMENSÃO DO PROBLEMA

A área da construção civil sempre se destacou no cenário nacional como investimento de grande vulto no âmbito da administração pública. Há que se considerar não apenas a sua materialidade, mas também a sua inclusão social ao se concluir uma dada obra para uma comunidade ou uma sociedade em geral.

Portanto, considerando a importância das obras públicas inacabadas, foi criada em 1995, uma Comissão Temporária do Senado Federal, destinada a inventariar as obras inacabadas. Essa comissão verificou a existência de 2.214 obras inconclusas patrocinadas com recursos públicos que atingiam, naquela época, o montante aproximado de R\$ 15 bilhões de Reais.

“ Encontramos obras inacabadas de todas as idades e em diversos estágios de abandono. A ferrovia Transnordestina, por exemplo, deve ser considerada a obra inacabada mais antiga do país, pois sua construção teve início ainda no Império e continua inconclusa, a desafiar administrações e gerações. [...]

O prédio da Justiça Estadual do Amazonas, em Manaus, está há tanto tempo abandonado- quase 20 anos- que sua eventual retomada deverá ser precedida de um avaliação técnica, para que sejam determinadas as possibilidades de aproveitamento de sua estrutura, e a readequação do projeto às atuais necessidades da Justiça e suas varas. ” (BRASIL, 1995, p. 07).

Uma obra paralisada ou inconclusa representa um claro descumprimento ao princípio da moralidade pública, em razão do desperdício de recursos escassos. Deve-se ressaltar ainda que uma obra inacabada transmite ao povo a mensagem que o Governo ainda não sabe planejar. (Veja

Figura 1). Desta forma, uma obra paralisada significa dupla penalização à população: pela ausência da edificação e pelo desperdício e desdém com coisa pública pelo Governo¹.



Figura 1: Prédio da Justiça em Juiz de Fora, Minas Gerais.

Fonte: <http://www.flickr.com/photos/33407593@N04/3113999322/in/photostream>

A ineficiência das obras públicas e os constantes problemas decorrentes de valores superestimados nas planilhas orçamentárias, noticiados frequentemente nos meios de comunicação, são resultados das dificuldades em identificar o custo real das obras nas licitações públicas.

Como consequência, existe a prática frequente de se fazer alterações projetuais baseada na aceitação de que os desperdícios decorrentes são “inerentes” às obras públicas. Essa percepção negativa gera a crença de que não há mais nada que possa ser feito para solucionar este problema importante, por

¹ Brasil. Senado Federal. Comissão Temporária das Obras Inacabadas. Relatório Final: o retrato do desperdício no Brasil.

estar vinculado ao sistema de licitação de menor preço e conseqüentemente de menor qualidade.

Esta percepção aceita como verdadeira por uma grande parcela da sociedade está em desacordo com as reais necessidades da mesma, que deve buscar a eficiência e o menor custo da construção civil.

A partir da vivência e algumas constatações a partir das referências bibliográficas pode-se claramente delimitar dois grandes aspectos que contribuem para este cenário: a inconsistência² da planilha-orçamentária e o planejamento por fases estanques do ciclo da construção pública.

O tema central da dissertação foca na gestão orçamentária das obras públicas isto é, o planejamento dos quantitativos. O aspecto do planejamento em fases estanques por tratar de aspectos complexos ao envolver leis, requer a necessidade de conhecimento de outros campos da ciência, por isso decidimos então apenas questionar esta prática e difundir outras que reduzem tempo e custos.

1.1.2. A INCONSISTÊNCIA DA PLANILHA ORÇAMENTÁRIA

Como veremos a seguir é fácil entender porque as planilhas orçamentárias na construção pública são inconsistentes. A pesquisa à jurisprudência do Tribunal de Contas da União demonstra elevado percentual de irregularidades exatamente neste quesito³. As obras públicas seguem uma cadência de fases e que cada uma corresponde a um resultado. Para agravar a situação a fase de viabilização financeira é antecessora da fase do planejamento executivo da obra. Isso gera ineficiência do processo de planejamento e controle dos custos das obras públicas.

² Inconsistência falta total de união e relação adequada de todas as partes que formam um todo. (FERREIRA, 1971)

³ BRASIL. Tribunal de Contas da União. Acórdão nº1.772/06, item 9.1.2. Órgão julgador: Plenário. Relator Ministro Benjamin Zymler. Brasília 27 set. 2006

Como se sabe este conceito de planejamento dos quantitativos será tratado em capítulos posteriores com uma maior abrangência.

1.1.3. O PLANEJAMENTO ESTANQUE DAS OBRAS PÚBLICAS

Somos um país de pouca cultura de planejamento. Há alguns anos temos evoluído em termos de legislação, no sentido de regulamentação de procedimentos e obrigatoriedade de ações de planejamento. Ressaltamos que no âmbito das obras públicas a Lei 8.666/93 e a Lei Complementar 101/00 que estabelece normas de finanças públicas voltadas para a responsabilidade na gestão fiscal no âmbito da Administração Pública Federal trazem importantes avanços legais. Deve ser considerada também a responsabilidade do Administrador que não planeje as suas ações dentro dos limites financeiros, e vale lembrar a obrigatoriedade dos gestores em usar a ciência para corrigir desvios de seus subordinados. No entanto com este avanço jurídico ainda estamos longe de ser um país exemplo de planejamento.

“Art 1º §1 - § 1º A responsabilidade na gestão fiscal pressupõe a ação planejada e transparente, em que se previnem riscos e corrigem desvios capazes de afetar o equilíbrio das contas públicas, mediante o cumprimento de metas de resultados entre receitas e despesas e a obediência a limites e condições no que tange a renúncia de receita [...]”. (LEI COMPLEMENTAR Nº 101, DE 4 DE MAIO DE 2000., p. 1)

Os Administradores, a partir da Lei Complementar Nº 101 de 2000, devem sempre buscar a eficiência e evitar o desperdício com a coisa pública. Uma ferramenta é o planejamento que possibilita reduzir os custos decorrentes de falhas.

No entanto, as práticas de construção pública ainda se baseiam no método atual de projeção baseado em fases estanque que se utiliza de diferentes formas de representação bidimensionais isoladas em cada fase, com diferentes níveis de detalhamento e constituindo produtos diferentes, permitem a existência de

imprecisão e inconsistências os quais são descobertos apenas tardiamente. Esse método gera atraso na obtenção de informações essenciais para a tomada de decisão, especialmente em relação aos custos. A maneira tradicional de projetar com a qual os arquitetos trabalham atualmente deve, portanto, ser questionada.

Este método de projeto e construção civil brasileira é constituído de oito fases, de acordo com a NBR 13531 de 1995:

1. levantamento;
2. programa de necessidades;
3. estudo de viabilidade;
4. estudo preliminar;
5. ante-projeto;
6. projeto legal;
7. projeto básico;
8. projeto para a execução.

Estas fases acima apresentadas são o resultado de convenções estabelecidas pelas entidades de controle do exercício profissional. Não constituem em fatos inevitáveis. Na verdade o que se chamam de fases diz respeito aos diferentes produtos obtidos ao longo do processo de projeção.

Como demonstra Brian Logan tais aspectos do processo de projeção também era difundido na Inglaterra. No livro RIBA⁴ *Handbook of Architectural Practice and Management* publicado em 1980 na sua quarta edição o processo de projeto foi dividido em quatro etapas: (LOGAN, 1987, p. 23)

⁴ RIBA = *The Royal Institute of British Architects*. O RIBA fornecemos os padrões, o treinamento, a sustentação e o reconhecimento para todos os arquitetos no Reino Unido e no ultramar. Colabora com o governo, para melhorar a qualidade do projeto de edifícios públicos, de novas casas e de novas comunidades. Fonte: <http://www.architecture.com/TheRIBA/AboutUs/AbouttheRIBA.aspx>

*“Assimilação: a acumulação e requisição da informação geral e da informação específica relacionaram-se ao problema à disposição;
Estudo geral: a investigação da natureza do problema e a investigação dos meios possíveis da solução;
Desenvolvimento: o desenvolvimento e o refinamento de umas ou várias das soluções provisórias isoladas na fase 2;
Comunicação: a comunicação de uma ou várias soluções para equipe interina ou a externa dos projetos” (LOGAN, 1987, p. 23)*

O modelo da atividade de projeto descrito acima revela, as etapas são sequencial, cada fase requer outra informação, com isso cada estágio do processo de projeção é linear, as informações não intercambiáveis, não há um avanço de um estado anterior para um estado avançado, permitindo falhas de projeto.

Logan ainda cita havia outro modelo muito mais detalhado proposto pelo RIBA de plano de trabalho para os arquitetos. Consistia em doze fases de projeto que era uma rota lógica do processo de projeto. Porém que poderiam ser resumidas em 4 fases: (instrução; plantas de esboço; desenho de trabalho, e operações no local) (LOGAN, 1987, p. 24).

Contudo esta ideia esta presente no Livro Obras Públicas de Cláudio Aultonian e definimos que no decorrer da dissertação usaremos as 4 fases usadas por este autor (conceitual estratégica; viabilização financeira; planejamento executivo, e materialização), por motivos únicos de conceitos já cristalizados para os arquitetos brasileiros e que será amplamente discutida em capítulo posterior. (ALTOUNIAN, 2009, p. 59)

De acordo com a Lei 8.666/93 e com a NBR 13531/1995 as fases de elaboração das atividades são estanques e são vedadas de ocorrerem simultaneamente durante o planejamento da obra (Vide Figura 2.)

“A execução de cada etapa será obrigatoriamente precedida da conclusão e aprovação, pela autoridade competente, dos trabalhos relativos às etapas anteriores, e exceção do Projeto Executivo, o qual poderá ser desenvolvido concomitantemente com a execução das obras e serviços, desde que também autorizado pela Administração”. (MENDES e DE BIASI, 2010, p. 19)

Projeto de edificação - Arquitetura

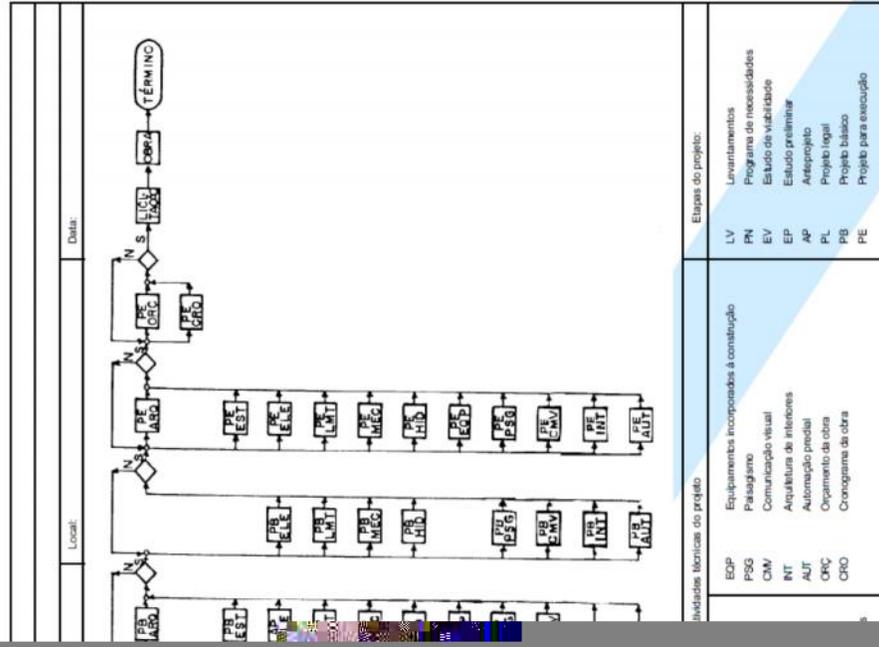


Figura 2 Etapas das Atividades técnicas do projeto de edificação e de seus elementos, instalações e componentes
 Fonte: NBR 13531/1995

A partir da figura acima fica claro o entendimento das fases do processo global das obras públicas. Estas são partes sucessivas em que pode ser dividido formalmente o desenvolvimento das atividades técnicas do projeto de edificação e seus componentes.

A fase conceitual estratégica, consistiria da apresentação da necessidade de uma nova obra, confrontada com as prioridades de governo e a sua inserção como meta de gestão no Plano Plurianual. Consiste no processo de decisão de fazê-la. Nesta fase há o primeiro contato com os arquitetos que coordenarão a elaboração dos projetos técnicos, visando uma estimativa aproximada dos custos e dos prazos, além da definição das opções tecnológicas disponíveis. Define-se aqui a concepção ampla da obra. (ALTOUNIAN, 2009, p. 46)

Essa concepção estratégica deve considerar um consenso social mínimo que garanta a sua continuidade quando as execuções das obras os períodos de governos.

A fase de viabilização financeira consiste no planejamento financeiro no momento da efetiva realização da obra. Trata-se de uma espécie de planejamento teórico de execução da meta, iniciando com **uma estimativa mais acurada dos custos e dos prazos de execução da obra**, dentro das possibilidades de recursos disponíveis – ou nos instrumentos legais de planejamento: Plano Plurianual, Lei de Diretrizes e Bases Orçamentárias e a Lei do Orçamento Anual. (ALTOUNIAN, 2009, p. 47).

A fase de planejamento executivo consiste na conclusão efetiva dos projetos técnicos e da viabilização de sua execução através do processo de licitação. A atuação passa a ter um caráter **de operacionalidade sistemática da dinamização** da obra através do corpo técnico do órgão. Cabe frisar que o processo licitatório somente deverá ser iniciado após a conclusão destas três fases, de forma a permitir a concepção projetual definitiva da obra, projetos completos e precisos. (ALTOUNIAN, 2009, p. 59)

Nesta fase, a elaboração dos projetos deve ser executada de forma planejada, em função dos dados consistentes que constituirão a base para a

execução da obra. O resultado esperado seria uma ordenação e uma celeridade na execução das mesmas.

Nesta fase, de planejamento, não é incomum ocorrer, nas repartições públicas, à elaboração de projetos de forma acelerada, em função das deficiências de planejamento nos diferentes níveis hierárquicos. O resultado é a grande inconsistências das obras e os transtornos significativos no processo de execução das mesmas.

A Lei 8.666/93 exige em seus artigos e incisos, Art. 6º Inc. IX e Art. 6º Inc. X, especificações claras, precisas e objetivas.

“Art. 6º Inc. IX – Projeto Básico- conjunto de elementos necessários e suficientes, com nível de precisão adequado, para caracterizar a obra ou serviço, ou complexo de obras ou serviços objeto da licitação, elaborado com base nas indicações dos estudos técnicos preliminares, que assegurem a viabilidade técnica [...], e que possibilite a avaliação do custo da obra e a definição dos métodos e do prazo de execução [...]” (MENDES e DE BIASI , 2010, p. 17)

Art. 6º Inc. X – Projeto executivo – o conjunto dos elementos necessários e suficientes a execução completa da obra, de acordo, com as normas pertinentes da Associação Brasileira de Normas Técnicas- ABNT:” (MENDES e DE BIASI , 2010, p. 18)

De acordo com a Lei 8.666 de 1993 o importante é especificar a precisão dos componentes que constituirão a obra e seus respectivos insumos para possibilitar planilhas-orçamentárias detalhadas que é a premissa de uma obra eficiente.

No entanto, atualmente os projetos na fase de planejamento executivo estão em muitos casos equivocados ou faltam especificações mais detalhada que podem definir com maior precisão o objeto. Isto se deve em grande parte aos sistemas bidimensionais que ainda estão em uso.

A autoridade competente para aprovar o projeto para a Licitação ou os profissionais que participam das diferentes etapas das obras públicas, que é a figura do responsável técnico, tal como define o cargo, deve ser: responsável,

porque deve cobrir todos os pontos e quesitos necessários ao bom projeto (representação, especificações e parte escrita) e técnico. Por isso, estes agentes devem usar todas as técnicas disponíveis (as melhores técnicas) para embasar as decisões que atendam a esses requisitos da responsabilidade na gestão fiscal, desde a concepção, passando por todas as etapas de projeto.

Sabe-se que os órgãos públicos de controle apenas atuam com foco sobre os processos licitatórios ou sobre a análise *a posteriori*, ou seja, sobre a execução das obras. Esta fase é de suma importância devido aos fatores de acompanhamento e fiscalização que serão garantias de execução da obra dentro de parâmetros previamente estabelecidos

Desse modo, a primeira garantia de que as obras públicas se materializarão, ocorrerá na fase de execução dos contratos, que inclui substancialmente o acompanhamento e a fiscalização da realização material destas obras. Aqui acompanhamento, tem o sentido de supervisão das atividades, monitorando o processo como um todo, e a fiscalização tem a característica do uso da “superveniência” que o Poder Público traz como prerrogativa sua, no que tange os contratos firmados com terceiros.

Também pouco se questiona, via de regra, a qualidade dos projetos na etapa de Estudo Preliminar. Justifica-se essa atitude, em determinados casos, por ser uma etapa discricionária⁵ sem perceber que esta é a etapa que define a qualidade e exatidão das obras a empreender, considerando-se que existem regras bem definidas e de cumprimento vinculado.

A Lei 8.666/93, por sua vez, determina que os projetos devam atender alguns requisitos com base nas normas técnicas da ABNT, a um nível satisfatório de informações que ainda não estão completas no início dos projetos de acordo com a prática dos sistemas não BIM largamente utilizados. No entanto, devem ser compatíveis para o claro entendimento dos serviços a serem executados, com o objetivo de assegurar a eficiência na construção das obras públicas.

⁵ Etapa Discricionária são atos administrativos que atribui ao administrador a possibilidade de escolha por oportunidade e conveniência, ato político, (mérito Administrativo). (ZYMLER, LA ROCQUE e NEIVA, 2007, p. 16)

Parte-se do entendimento de que as obras públicas têm um caráter específico, porque são regidas pela Lei Federal 8.666/93, e que os profissionais atuantes nos órgãos públicos devam conhecer a Lei. Esta exigência é essencial porque a referida Lei rege todos os aspectos da licitação pública e, juntamente com todas as suas correlatas e NBR'S, estabelecem as normas de construção civil no Brasil.

A referida Lei determina um conjunto de regras que se fossem bem interpretadas e praticadas, trariam resultados mais consistentes. A deficiência no domínio das leis atinge os técnicos da construção civil nos órgãos públicos, que, devido às suas atribuições, deveriam conhecê-las plenamente. É bem verdade que muitas vezes o conhecimento da legislação pertinente está centrado apenas nos processos licitatórios.

A Lei 8.666/ 93 na Seção III Das Obras e Serviços no seu paragrafo oitavo remete que a administração deva atentar sempre que for licitar para a eficiência na construção das edificações públicas.

“Art. 8º A execução das obras e dos serviços deve programar-se, sempre, em sua totalidade, previstos seus custos atual e final considerando os prazos de sua execução.” (MENDES e DE BIASI , 2010, p. 20)

Sabe-se que se a Administração ao legislar com normas gerais permite a ocorrência de fatos imprecisos e equivocados, descumprindo o artigo supra citado. Porém atualmente há como as instituições governamentais estabelecer um método para elevar o nível de operabilidade tecnológica dentro do setor de construção a um estado preciso de eficiência com a implantação dos sistemas BIM.

Considerando que a normalização técnica é de cumprimento obrigatório, conforme estabelece a Lei de Licitações (art.6º, inc. X e art.12, inc. VI)

“Art 6º Inc. X – Projeto Executivo – Conjunto dos elementos necessários e suficientes à execução completa da obra, de acordo com as normas pertinentes da Associação brasileira de Normas Técnicas – ABNT” (MENDES e DE BIASI , 2010, p. 18)

“Art. 12 Inc. VI – adoção das normas técnicas [...]”. (MENDES e DE BIASI , 2010, p. 22)

Como mencionado acima se observa claramente que o cumprimento na interpretação do sistema legal e do sistema normativo na maioria dos casos em relação às obras públicas não é fator para ocorrerem obras inacabadas. Porque se a mesma Lei 8.666/ 93 define que antes de ocorrer a licitação todos os dados e informações da obra devem ser apresentados em nível específico de definição, para que seja possível definir os custos atuais e finais da construção da edificação.

A Lei de Licitações também corrobora com equívocos na planilha orçamentária. Ao estabelecer a licitação do projeto básico, executivo e a obra em etapas separadas, de acordo com Art 7º § 1º. Esta determinação dificulta o uso dos sistemas BIM, uma vez que neste sistema não há separação por etapas e sim por tempo.

“Art7º § 1º - A execução de cada etapa será obrigatoriamente precedida da conclusão e aprovação, pela autoridade competente, dos trabalhos relativos às etapas anteriores, [...]”. (MENDES e DE BIASI , 2010, p. 19)

Além de estabelecer a necessidade de aprovação de uma etapa antes de iniciar a seguinte, fica clara a exigência de implementação de pelo menos duas licitações, para que seja possível concluir a obra. De acordo com o Art. 9º Inc. I. , outro agravante é o problema de que em cada etapa das licitações os mesmos atores não podem participar.

*“ Art 9º Não poderá participar, direta ou indiretamente, da licitação ou da execução de obra ou serviço e do fornecimento de bens a eles necessários:
I – o autor do projeto básico ou executivo, pessoa física ou jurídica” (MENDES e DE BIASI , 2010, p. 20)*

Conforme estabelecer o artigo citado acima, pode-se depreender que a cada etapa há um reinício de atividades por outra equipe que assume a responsabilidade de finalizar a etapa vigente. A ocorrência de erros nestes sistemas bidimensionais de representação genérica se torna latente.

Além disso, se a cada etapa há pessoas em busca do lucro, para a Administração fica problemático o controle dos custos e tempo. Os Sistemas BIM pelo contrário, ao trabalhar com um modelo único, permite a elaboração de um projeto contínuo, que contém todas as informações necessárias para a construção. Isto significa que a partir do modelo é possível proceder à execução da edificação.

Neste modelo de projetar com o uso dos sistemas BIM, se estabelece um novo processo de construção. Isto ocorre porque os sistemas BIM compreendem significando que a pessoa física ou jurídica que projetar será a mesma que entregará a edificação pronta para o uso. Isto resulta em economia de custos e tempo para a Administração porque permite simplificar suas tarefas. Como este tema é central para esta Dissertação será tratado mais especificamente no Capítulo 2.

Não se pode ignorar que a atual legislação foi elaborada e fundamentada nos conceitos de projeção e construção tradicionais que dividem o processo em etapas estanques, há quase cinquenta anos atrás.

Há ainda a necessidade de conformidade entre os instrumentos regulatórios existentes, e seus conceitos tais como: Programa de Necessidades⁶, projeto básico, projeto executivo, planilha orçamentária e cronograma físico-financeiro, cujos resultados devem ser consolidados e coordenados no intuito de obter uma adequada uniformização de procedimentos e das exigências que deverão ser cumpridas para atender às licitações cada vez mais complexas.

A falta de aplicação integrada e consistente das referidas Leis, normas técnicas e regulamentos vigentes, na esfera governamental, é um dos grandes

⁶ O termo Programa de Necessidades em arquitetura se refere a um conjunto de desejos, objetivos, exigências do cliente ou usuário e condicionantes legais, ambientais, construtivos, etc. quanto ao espaço a ser construído. (NBR 13531- Elaboração de Projetos de Edificações - Atividades Técnicas, 1995)

entraves a ser solucionado. É necessário que haja um redirecionamento das ações dos gestores de forma a exigir do seu corpo técnico, um maior controle na política de executar uma proposta de projeto para a licitação que inclua o método de trabalho dos sistemas BIM. É preciso então que haja uma revisão da legislação vigente, incluindo os instrumentos legais supracitados.

O que nos parece claro é que há inconsistências diretas entre os sistemas bidimensionais de representação e a extração dos dados quantitativos. Portanto, propomos comparar as informações relativas aos quantitativos de materiais que os sistemas BIM disponibilizam, com aqueles provenientes dos sistemas bidimensionais de uma mesma obra. Acreditamos que os resultados nos permitirão questionar o sistema legal de licitação baseado em fases estanques vigente a no país.

Esta Dissertação acredita que as soluções adequadas para o problema perpassam nas ferramentas tecnológicas e será possível apenas com a implementação dos sistemas BIM nos órgão públicos, para resolver o problema relativo às discontinuidades causadas pela existência dessas fases estanques de projeção e construção.

Portanto, surge a pergunta: como os sistemas BIM podem facilitar a redução das inconsistências dos quantitativos de projetos de obras pública?

1.2. HIPÓTESE

E como resposta a esta pergunta elaborada no final de nossa seção denominada Problemática e contribuindo para preencher esta lacuna levantada nesta Dissertação sobre este tema, a utilização dos sistemas BIM na Administração pública resultará na redução das inconsistências nas obras públicas.

A descrição da tecnologia dos sistemas BIM será discutido em capítulo posterior com maiores detalhes. Mas para entender um pouco mais sobre o sistema é importante saber que a modelagem dos componentes construtivos são constituídos de geometria e informação que são seus atributos, comportamentos e inter-relações.

O uso dos sistemas BIM nas obras públicas resultará em maior controle dos gastos e eficiência de execução. Os sistemas BIM permitem então extrair levantamento detalhado de quantitativos e dos espaços arquitetônicos que podem ser usados para elaborar orçamentos realistas dos custos envolvidos na construção.

A implementação dos sistemas BIM nos departamentos de arquitetura dos órgãos públicos poderá contribuir diretamente para diminuição dos custos das obras públicas e conseqüentemente na quantidade das construções inacabadas. Isto ocorrerá com a utilização dos sistemas BIM, porque estes sistemas representam não apenas a geometria, mas também informações técnicas da edificação e de seus componentes que são completas, e necessárias e suficientes à licitação, considerando projeto e construção como um processo único.

Há muitos benefícios para o projeto decorrentes do uso dos sistemas BIM a exemplo da possibilidade de antecipação orçamentária precisa do projeto. Os serviços do projeto e execução das obras por meio destes sistemas evitará retrabalhos que frequentemente ocorrem. E trará contribuições significativas para obter exatidão e eficiência também para o processo de licitação.

Os sistemas BIM, como *DProfiler*⁷, permitem inclusive desenvolver um modelo esquemático antes de gerar um modelo detalhado do edifício. Permitem fazer uma avaliação mais rápida do projeto proposto para determinar se a obra cumpre certas exigências orçamentárias. A avaliação antecipada de alternativas do projeto usando recursos de simulação que aumenta a qualidade total do edifício.

Os elementos construtivos da obra através da utilização dos sistemas BIM podem ser definidos em níveis diferentes de coordenação. Por exemplo: quando definimos uma parede teremos automaticamente os seus componentes relacionados. Os objetos podem ser definidos e controlados em diversos níveis da hierarquia. Isto é: se o peso de um subcomponente da parede muda, o peso da parede automaticamente será alterado e assim, consecutivamente os seus quantitativos.

Por se tratar de sistemas de construção virtual como banco de dados, os produtos de todas as decisões de projetos deverão ser modelados no decorrer do desenvolvimento do projeto. As tomadas de decisões a priori, antes da licitação, na fase de planejamento da obra, contribuem para uma maior exatidão na quantificação dos insumos. Conseqüentemente o cronograma físico-financeiro é elaborado com mais acerto, permitindo que a obra seja concluída no prazo, resultando, portanto, no uso eficiente dos recursos públicos.

⁷ DProfiler – é um programa que gera um custo estimado confiável da construção nas suas fases iniciais de projeto que ainda muitos sistemas BIM ainda não possibilitam. (BECK TECHNOLOGY, 2012) Fonte: http://www.beck-technology.com/product_dp.asp

1.2.1. O ESTUDO DE CASO PARA VALIDAR A HIPÓTESE

No sentido de verificar nossa hipótese de trabalho, estudaremos uma obra pública inacabada, em Planaltina (Como vemos na Figura 3 página 20). A caracterização da obra: uma edificação térrea com dois usos definidos: uma Biblioteca e um Auditório, somando-se uma área total de 1.646,57 m². A obra se encontra inacabada, por isso este caso se torna ideal para a proposta da Dissertação.

A intenção inicial é de modelar esta edificação de Planaltina em um dos sistemas BIM, a partir das plantas baixas, cortes e fachadas, memorial descritivo de construção e da planilha orçamentária, existentes, como base para elaborar o referido modelo. Como é de conhecimento geral dos profissionais da área, as informações contidas nestes documentos não estão coordenadas, o que constitui prática corriqueira para os que se utilizam de representação bidimensional.

A busca de inconsistência na planilha orçamentária será o objeto de estudo desta Dissertação. Para comprovar a nossa hipótese usaremos do método de investigação comparativo isto é: Compararemos os quantitativos originais baseados no modelo bidimensional com os extraídos do sistema BIM tridimensional. Lembrando que se trata da mesma obra o que modifica é apenas os procedimentos de extração dos quantitativos um manual baseado nas representações bidimensionais e na planilha-orçamentária original e outro automático baseado no modelo único tridimensional. A aferição de seus quantitativos e insumos constituirá a base para a comprovação ou não da hipótese desta Dissertação

E esta é uma consideração relevante, pois aponta os sistemas BIM com sendo uma ferramenta de controle e coordenação dos quantitativos a partir do modelo único que é a união e relação adequada de todas as partes que formam o todo.



Figura 3 Localização da Obra em Planaltina
Fonte: <http://maps.google.com/maps?hl=es&tab=wl>

A localização exata da edificação está marcada com o alfinete amarelo. Situa-se dentro dos limites do complexo Federal de Escolas Técnicas Agrícolas, pertencente ao Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Brasília, Campus Planaltina.

A seguir encontram-se algumas fotos da situação atual da edificação, a mesma encontra-se inacabada (Figura 4 e Figura 5).



Figura 4 Vista externa da edificação objeto de estudo.
Fonte: Planaltina; Foto arquivo pessoal.



Figura 5 Vista interna do auditório inacabado.
Fonte: Planaltina; Foto arquivo pessoal.

Por conseqüências de muitas inconsistências a obra foi entregue sem ser finalizada. A edificação foi entregue em meados de abril de 2011 e até o presente momento a situação está inerte. Sem data prevista para a continuidade da obra com objetivo de finalizá-la no seu interior e posterior uso pela comunidade acadêmica daquela região extremamente carente.

A escolha do edifício da Biblioteca e Auditório em Planaltina levou em consideração sua arquitetura simples, por ser de conhecimento geral dos arquitetos e pela constituição de seus insumos usuais na construção civil: estrutura em concreto, alvenaria de vedação em tijolo cerâmico furado, cobertura em estrutura metálica e telha metálica tipo sanduíche além do método construtivo também ser corriqueiro concreto armado moldado *in-loco*. Portanto, se caracteriza como uma obra usual do cotidiano do arquiteto, pois não há nenhuma característica singular nela que possa dificultar o seu entendimento. Isto permite que os resultados a serem alcançados possam ser facilmente reaplicados em outros estudos.

Utilizaremos no desenvolvimento desta pesquisa o método de investigação comparativo, que será detalhado no Capítulo IV, destacamos os seguintes passos: A Escolha de um projeto real de obra pública inacabada, que tenha um projeto arquitetônico simples, para servir de estudo de caso, com o objetivo de comparar a realidade entre as obras públicas e o estudo proposto nesta dissertação. Atendendo estes critérios a obra selecionada foi o Projeto de Biblioteca e Auditório em Planaltina. Depois disso, a escolha do aplicativo do sistema BIM, REVIT, para validar a hipótese. Para modelar mesma obra escolhida, no sistema BIM que permitirá obter seus quantitativos que serão comparados com a planilha que contém o quantitativo dos insumos licitados. Finalizando utilizaremos o sistema BIM escolhido para extrair automaticamente as tabelas de quantitativos o orçamento e compará-lo com aquele da obra executada e identificar as diferenças existentes.

1.3. OBJETIVO GERAL

Neste trabalho de Mestrado pretendeu-se verificar se há contribuição do uso do BIM como ferramenta de gestão orçamentária para otimizar os quantitativos das obras públicas com relação a eficiência e exatidão da planilha orçamentária, , em contraposição com o método de projetos bidimensionais.

Acreditamos que os usos dos sistemas BIM podem assegurar que as obras públicas sejam executadas mais eficientemente e assegurada o seu custo real, conforme proposto pela Norma NBR 13531- Elaboração de projetos de edificações- Atividades técnicas e pela Norma NBR 13562 - Elaboração de projetos de edificações- Arquitetura.

1.3.1. OBJETIVO ESPECÍFICO

Alcançaram os objetivos ao utilizar o mesmo caso real, onde quantificou e comparou os quantitativos da mesma obra de Planaltina. O estudo foi baseado no percentual de inconsistências entre o sistema bidimensional com o sistema tridimensional paramétrico BIM.

O questionamento do planejamento estanque das obras públicas atual foi questionado no capítulo 2 como citado, anteriormente. A possibilidade que o sistema BIM para a construção possibilita foi difundido no capítulo na seção Novos modelos de construção a partir do sistema BIM e também nos precedentes de construção com o uso do BIM.

1.4. A ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Este trabalho de Dissertação será organizado da seguinte forma: conterà oito capítulos, além da seção de referências bibliográficas e anexos.

O Capítulo I conterà uma introdução do tema a ser estudado, a problemática trabalhada, a hipótese a ser verificada, os objetivos e uma visão geral dos procedimentos metodológicos.

O Capítulo II discorre primeiro sobre a prática de planejamento das obras nacionais e os possíveis desdobramentos com os sistemas BIM, os sistemas de representação e sua história, incluindo sistemas de documentação digital, e modelagem tridimensional genérica. Em segundo lugar, apresenta, no sentido geral, uma discussão sobre (os conceitos dos sistemas paramétricos, descrevendo seu contexto nas práticas arquitetônicas atuais).

O Capítulo III apresentará os sistemas BIM, incluindo seus conceitos e estudos já realizados por diversos autores e também versará sobre os precedentes de utilização dos sistemas BIM em obras no exterior.

O Capítulo IV conterà apresentação detalhada do método de investigação.

O Capítulo V apresentará o estudo de caso, a comparação dos quantitativos da obra entre os sistemas BIM com os quantitativos da obra licitada e análise dos resultados obtidos.

Por fim, no **Capítulo VI** apresentaremos as conclusões e os possíveis desdobramentos futuros.

Quanto aos anexos, incluiremos a planilha orçamentária listada na publicação do edital de licitação do projeto escolhido.

2. A PRÁTICA DA CONSTRUÇÃO CIVIL

2.1. O MODELO ATUAL NA ARQUITETURA, ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO (AEC) NACIONAL

A representação bidimensional do projeto feita no papel e a utilização de métodos de construção defasados constituem a prática predominante no mercado atual da construção civil. Nesta área o processo de comunicação de informação entre os diversos atores continua fragmentada, e isso causa enormes prejuízos e erros.

“Erros e omissões no desenho em papel frequentemente causam custos no canteiro de obras não previstos no orçamento, atrasos e eventuais processos na justiça entre as várias partes da equipe de projeto. Recentes esforços para lidar com esses problemas incluem estruturas organizacionais alternativas, tais como o Método Projeto-Construção, a utilização de tecnologia de tempo real tais como sítios do projeto na internet para compartilhar plantas e documentos, e a implementação de ferramentas CAD tridimensionais.” (EASTMAN, PAUL, et al., 2008, p. 02).

O autor discorreu, além dos desenhos manuais no papel, sobre suas consequências em termos de erros, omissões, atrasos e até processos na justiça; bem como também sobre novos métodos de construção em que a equipe que projeta é a mesma que constrói, compartilhamento de plantas e documentos em tempo real através da Internet e utilização de ferramentas tridimensionais. Essas mudanças são consideráveis, apresentam ganhos substanciais, em relação ao método manual bidimensional, embora ainda não resolvam completamente todas as inconsistências.

Alguns dos problemas mais comuns ocorridos método bidimensional se referem à comunicação de informação durante o processo de projeção. Requer tempo considerável a ser dispendido e elevados custos para gerar informação de avaliação sobre um projeto proposto, inclusive seu custo estimado. Quando essas análises são processadas, comumente *a posteriori*, depois de finalizar todo o projeto, é demasiado tarde para fazer qualquer mudança importante. (EASTMAN, PAUL, et al., 2008, p. 2)

As mudanças feitas através de recursos bidimensionais incidem em apenas uma de suas representações ortográficas. O modelo não se ajusta automaticamente, e, por isso, todas as outras representações individuais precisam ser alteradas e atualizadas manualmente. Isto aumenta a probabilidade de ocorrência de erros, inconsistências e inexatidão que são muito difíceis de detectar durante o desenvolvimento do projeto. Os erros somente serão detectados na execução da obra resultando em custos e atrasos que poderiam ser evitados.

Uma vez que melhorias decorrentes de idas e vindas das tomadas de decisões pela equipe que projeta não acontecem durante a projeção manual, isto requer a utilização de esforços, técnicas e pessoal especializado para lidar com inconsistências e custos desnecessários, frequentemente resultam em decisões que comprometem o projeto original. (EASTMAN, PAUL, *et al.*, 2008, p. 02)

Os projetos arquitetônicos baseados no papel são compostos por inúmeras representações bidimensionais que devem ser agrupadas e compatibilizadas, se possível, para que assim se possa construir a edificação. É quase impossível ter certeza que o resultado final será fidedigno, consistente, quantificável com precisão e livre de erros.

2.1.1. MODELO PROJETAR, LICITAR E CONSTRUIR (DBB).

Este método originalmente denominado Design-Bid-Build (DBB), segundo (EASTMAN, PAUL, *et al.*, 2008) há algumas vantagens neste tipo de processo de construção de obras públicas. Os dois maiores benefícios do processo de licitação são: maior competitividade de oferta para atingir o menor preço possível. A licitação teria a função de garantir que contrataria a proposta de menor preço para o contratante, e o segundo benefício seria a menor pressão política para selecionar o contratado.

“No modelo DBB o cliente (o proprietário) contrata um arquiteto que então desenvolve o programa de necessidades, e estabelece os objetivos do projeto. O arquiteto prossegue numa série de fases: estudo preliminar, desenvolvimento de projeto e documentos de contrato. Os documentos finais devem satisfazer o programa de necessidades e também os códigos de edificação e zoneamento locais.” (EASTMAN, PAUL, et al., 2008, p. 04)

O arquiteto procede por etapas de atividades técnicas do projeto da edificação: projetos esquemáticos, projetos provisórios em desenvolvimento e os documentos do contrato.

A representação dos projetos bidimensionais são desenhos (plantas-baixas, fachadas, cortes e perspectiva que parecem tridimensionais). No entanto, os desenhos bidimensionais são independentes, não há troca de informação entre eles, e ainda não se pode extrair outras informações, além daquelas representadas. Portanto para que não ocorram inconsistências entre os desenhos, todas as informações devem ser reajustadas, manualmente, para refletir todas as mudanças identificadas. O conjunto final de desenhos e especificações devem conter detalhes suficientes para facilitar a construção da planilha orçamentária.

Portanto, para tentar diminuir os possíveis erros de falta de coordenação entre as representações o arquiteto pode escolher incluir poucos detalhes nos desenhos ou introduzir textos que indicam que os mesmos não são confiáveis, diminuindo com isso a importância do desenho no canteiro de obras.

A prática comum nos escritórios de arquitetura de não inserir informações importantes nos desenhos dificulta a fase de materialização da obra no canteiro de obra. Essa prática gera a insegurança junto ao construtor que não consegue ler completamente as especificações do desenho. Observa-se que os erros e as omissões quando são detectados as responsabilidades e os custos extras são realocados para o construtor (nos Estados Unidos).

Cabe ressaltar que normalmente os operários da construção civil devido a uma defasagem de informação técnica já se encontram em posição de desconforto ao tentar ler as representações gráficas de desenho nos técnicos. Quando os desenhos já se encontram prejudicados a situação se agrava, porque a

insegurança se instaura e os operários então para reverter à situação reinterpretem o desenho.

A importância dos desenhos coordenados e bem especificados corrobora para se obter um orçamento realista do valor atual da edificação. O conjunto de desenhos contendo detalhadamente suas especificações são usados para constituir o banco de dados que reúne todos os insumos e quantitativos. O memorial do quantitativo dos componentes construtivos, e também dos materiais de construção serão somados para obter o valor atual da obra no mercado em que se insere.

No sentido de iniciar a fase de materialização da edificação, geralmente é necessário que o contratado refaça alguns dos desenhos para adaptar o processo de construção que a empresa normalmente executa em cada fase do trabalho. O cronograma físico-financeiro será reestudado e adaptado concomitantemente com os ajustes nos desenhos, para posterior compatibilização com a equipe da construtora.

Sabe-se que usualmente os desenhos projetados pela esfera pública deveriam ir direto para o canteiro de obras, porém isto não ocorre. A realidade é que cada contratado irá redesenhar e planejar a execução da obra de acordo com os seus conhecimentos e sua maneira de trabalhar. Esta reinterpretação do desenho em muitos casos resulta na substituição de componentes construtivos devido a liberdade que os arquitetos concedem aos construtores tendo como consequência as inconsistências de projeto resultam nestas inconsistências.

O construtor busca o lucro e para tanto a construção fora do canteiro de obras é mais econômica. Desta forma, são necessários desenhos detalhados e completos que possibilitam esta construção fora do canteiro para a entrega. Se os desenhos estiverem imprecisos ou incompletos, ou baseados em outros que contêm erros, inconsistências ou omissões, será necessário consumir tempo considerável para corrigi-los, ou acarretar em maiores custos porque deverão ser executados nos canteiros de obra com a supervisão do responsável. Os custos associados a esses conflitos podem ser significativamente altos. (EASTMAN, PAUL, *et al.*, 2008, p. 5)

Normalmente as inconsistências de projeto só são descobertas no canteiro de obras. Desse modo, inúmeras mudanças ocorrem no projeto como resultado de erros e omissões previamente desconhecidos. Cada mudança requer um procedimento específico para determinar sua consequência, avaliar as implicações de tempo e custo e determinar se é possível apresentar uma solução adequada para cada uma destas questões. (FLORIO, 2007, p. 14)

Outros problemas comuns neste tipo de empreitada seria que para participar da licitação o contratado diminui significativamente o valor de sua proposta para vencer a disputa e conseguir fechar o contrato. Isto frequentemente resulta no fato de acarretar que em um dado momento o contratado não terá mais como seguir com a construção devido aos baixos preços da licitação. Esta situação que o obrigará a forçar mudanças de componentes construtivos para tentar restituir o reequilíbrio financeiro que a empresa perdeu.

Este modelo estanque de projetar, licitar e construir devido a inúmeros problemas que enfrenta deve ser compreendido como um processo de baixa eficiência. Porém, este modelo de construção vem sendo utilizado no Brasil para construção de obras públicas. Isto ocorre, devido aos regramentos jurídicos que envolvem os processos de licitação que proíbe a existência dos mesmos atores em todas as etapas de construção das edificações. (EASTMAN, PAUL, *et al.*, 2008, p. 5-6)

É preciso lembrar que as leis são convenções temporárias e foram promulgadas, há praticamente vinte anos atrás, quando os sistemas computacionais não disponibilizavam ainda de ferramentas que possibilitavam a capacidade necessária de processamento de informação em sistemas tridimensionais e paramétricos específicos, como o sistema BIM.

2.2. NOVOS MODELOS DISPONÍVEIS A PARTIR DO USO DO BIM

Devido ao desenvolvimento de novas tecnologias digitais novos processos estão sendo criados para melhorar este cenário da construção civil, como o caso do modelo direto Projetar-Constuir que será apresentado a seguir.

2.2.1. MODELO PROJETAR E CONSTRUIR (DB).

No intuito de corrigir as deficiências e inconsistências de etapas estanques de projeção, licitação e construção foi criado um método direto que reúne a responsabilidade de projeção e construção. Este método originalmente denominado Design-Build (DB), Projetar-Constuir “consolida a responsabilidade pela elaboração do projeto e construção da edificação” (EASTMAN, PAUL, *et al.*, 2008, p. 6). Assim, permite retomar a importância do arquiteto e do projeto no canteiro de obras. Isso ocorre devido ao fato do contrato ser único isto é: a mesma pessoa física ou jurídica que projetar será também responsável pela construção. Como consequência, para a administração a tarefa de fiscalizar o ciclo de projeto e construção se torna uma tarefa relevantemente simples, porque é fácil determinar a responsabilidade de erros e omissões.

Neste modelo, o(a) proprietário(a) ou pessoa jurídica contrata diretamente a equipe de projeto e construção para desenvolver todo o ciclo das atividades técnicas de projeto, e posteriormente executar a construção da edificação . A seguir é feita a estimativa fidedigna do custo do custo total da obra, e do tempo necessário para a conclusão da edificação , pois não há interesse do contratado em atrasar os trabalhos. Por outro lado, o projeto não necessitará de muitos ajustes, ocasionando que alguns componentes para a construção da edificação poderao ser realizados fora do canteiro de obras diminuindo o valor real do componente com relação se ele tivesse sido construído in-loco.

Se realmente for necessário à modificação no projeto estas poderão ser feitas nas etapas iniciais de projeto. Isso é possível porque neste processo se usa sistemas tridimensionais paramétricas específicas BIM; para projetar a edificação. Com isso, o montante de dinheiro e tempo necessário para adequar as novas readaptações ao projeto é menor.

Este método direto Projetar-Construir (DB) permite que as modificações sejam feitas somente na fase inicial de projeção resultando em redução de custos. (EASTMAN, PAUL, *et al.*, 2008, p. 7). Neste contexto em que uma mesma equipe ou entidade é responsável pelo projeto e construção, o método DB oferece excelente oportunidade para utilizar os sistemas BIM. Estaria adicionando às vantagens do método DB aquelas provenientes dos sistemas BIM. Permitiria que a equipe DB dispusesse de todas as informações do projeto em um modelo único, contendo a geometria parametrizada, os dados referentes às suas formas, dimensões, atributos, inter-relações e comportamentos.

É importante observar que uma vez que as mudanças no projeto forem aprovadas pelo contratante, a construção está pronta para ser iniciada. E se houver alguma mudança além dessas prévias às outras serão de total responsabilidade do contratado (dentro de limites pré-definidos no contrato). O mesmo acontece com erros e omissões. (SUERMANN, 2009, p. 48)

Por este motivo a construção se torna mais eficiente e a finalização é beneficiada também por uma redução considerável de disputas legais. Consequentemente o custo global de construção é reduzido.

Porém, o único empecilho é que após o início da construção da edificação não há mais flexibilização para fazer mudanças de projeto por parte do proprietário. Isto ocorre porque o projeto já havia sido aprovado, e também o valor final da obra já havia sido acertado no contrato.

O modelo Projetar-Licitatar cada vez mais ganha espaço nos Estados Unidos (Marinha, Exército, Força Área, etc.), e também está se tornando cada vez mais comum no Exterior. Assim, considerando as vantagens deste método, por meio da

presente Dissertação, pretendemos difundir-lo junto a Administração Pública do Brasil.

Depois de discorrer sobre os dois tipos de modelos utilizados na construção de edifícios fica claro que o modelo apresentado por Eastman Projetar-Constuir oferece ganhos reais para a Administração Pública Federal. Além disso, a República Federativa do Brasil de acordo com a sua Carta Magna promulgada em 1988⁸ tem como princípios fundamentais os valores sociais do trabalho e a livre iniciativa.

*“Art1º A República Federativa do Brasil, formada pela união indissolúvel dos Estados e Municípios e do Distrito federal, constitui-se em estado democrático de direito e tem como fundamentos:
IV – os valores sociais do trabalho e da livre iniciativa.” (SENADO FEDERAL, 2007, p. 13)*

Na parte técnica do modelo Projetar-Constuir as obras da Administração Pública estariam sob a responsabilidade de dependência com apenas com uma equipe, isso reduz consideravelmente a possibilidade de erros e omissões por parte do contratado, visto que fica claro delimitar as responsabilidades de autoria. Este modelo é próprio do sistema BIM por ser paramétrico específico que permite trocas de informações diretas entre o projeto e a fabricante. Usar da livre iniciativa significa que o contratado teria a liberdade de contratar o fabricante que entregará os componentes no prazo e com um custo menor.

Ao eliminar a existência de equipes de trabalho isoladas que estão envolvidas no ciclo de construção permite dizer que o custo de operação e o tempo de execução das obras públicas serão reduzidos. O princípio constitucional de livre iniciativa no mercado nacional atribui à iniciativa privada o papel primordial na produção e circulação de bens. Neste contexto compete ao Estado apenas uma função supletiva. A Constituição Federal determina que a ele ao Estado cabe

⁸ Constituição da República Federativa do Brasil – Texto Constitucional promulgado em 5 de outubro de 1988, com as alterações adotadas pelas Emendas Constitucionais até o Ano de 2007.

apenas a exploração direta da atividade econômica quando necessária à segurança nacional ou relevante interesse econômico. (C:F: Art. 173°).

O princípio da liberdade de iniciativa envolve a liberdade de indústria. No entanto, a Lei 8.666/93 que rege as Licitações e Contratos Administrativos estabelece que o Estado tem o papel primordial como agente normativo e regulador da atividade econômica exercendo as funções de Fiscalização, Incentivo e Planejamento de acordo com a lei, no sentido de evitar irregularidades. Porém nesta mesma Lei em seu Art. 7°§1. (anteriormente citado acima,) determina que as obras públicas devam ser concebidas em fases estanques, “a execução de cada etapa será obrigatoriamente precedida da conclusão e aprovação, pela autoridade competente, dos trabalhos relativos às etapas anteriores”. E além das fases estanques é vedada a participação direta ou indiretamente os autores dos projetos na execução da obra Art.9° Inc. I.

Isso quer dizer que se as obras públicas continuarem a ser regidas por Leis que foram elaboradas antes da presente evolução tecnológica, estão fadadas a serem ineficientes e dispendiosas.

A possibilidade da condição de melhoria na coordenação e controle das obras públicas brasileiras requer a mudança das citadas leis no sentido de alterá-las para possibilitar que a livre concorrência de mercado possa contribuir, por meio da utilização de sistemas de modelagem parametrizada, para aumentar a qualidade dos projetos e diminuir o número de obras públicas inacabadas.

O objetivo do Eastman era demonstrar que o modelo Projetar-Constuir (DB) é adequado à implementação dos sistemas BIM para obter suas vantagens com relação ao tempo e custo. Portanto, o outro modelo que vem sendo usado, (Projetar-Licitar-Constuir (DBB), é inadequado e é exatamente o que é utilizado no Brasil para construção de obras públicas, principalmente porque é baseado no método de contratação por fases estanques. Esta é mais uma razão para se adotar uma postura crítica em relação a lei de licitações vigente no país e apresentá-la neste texto.

2.3. CARACTERÍSTICAS DO PROJETO NAS OBRAS PÚBLICAS

Sabe-se que, as obras públicas no Brasil são regidas de acordo com a interpretação e aplicação dos fundamentos da legislação, que regulam o planejamento, o acompanhamento, o controle e a fiscalização da execução das mesmas, principalmente sob a ótica da Lei Federal 8.666/93. No entanto este estudo se restringirá à fase de planejamento da licitação, onde os maiores equívocos com relação a esta Lei são observados.

A arquitetura pública atualmente se caracteriza por uma maioria de casos onde os projetos de edificação não estão adequados para ser executados⁹. Além disto, o uso de estimativas é um dos grandes responsáveis por inconsistências. Isto ocorre devido à falta de decisões *a priori* que é responsável pelas imprecisões nas planilhas orçamentárias das obras públicas.

Os projetos ao serem elaborados, ainda em sua fase inicial, influenciam de forma decisiva em relação à qualidade da arquitetura das obras públicas. Dessa forma, havendo completado a concepção e a representação final do projeto, contendo as informações técnicas da edificação e de seus elementos, significa que todas as tomadas de decisões do arquiteto foram pensadas e analisadas. O resultado seria a existência de alto nível de resolução de problemas estéticos, ambientais, estruturais, de instalação, etc.

Nesta Dissertação defendemos o princípio de que o atendimento aos princípios legais, ao planejamento consistente, a normalização técnica e demais disposições regulamentares existentes, acompanhados de ações objetivas de controle de gestão arquitetônica não são de fato premissas para a ocorrência das inconsistências usuais nas planilhas orçamentárias. Todas as obras, inclusive as públicas, são empreendimentos complexos, porque cada edificação tem seu programa de necessidades e condicionantes, tais como, por exemplo, as restrições

⁹ Esta Informação é baseada na experiência pessoal em obras públicas da autora durante os dois anos de trabalho como Funcionária Pública Federal

legais, o local em que será realizado, padrão de acabamento, prazo para a conclusão e projeto específico, etc.

No artigo, 40 da lei 8.666 que define o conteúdo do instrumento convocatório, em seu §2º, estabelece, literalmente, que o projeto básico e o projeto executivo - se este já existir (inc. I, combinado com o inciso V do caput), o orçamento, a planilha orçamentária (inciso II), as especificações complementares e as normas de execução (inc. IV), serão parte integrante e devem constituir anexos obrigatórios do edital de licitação.

Selecionar a proposta mais vantajosa para a administração é um desafio para todos aqueles que lidam com os processos licitatórios públicos. Em consequência da dificuldade de interpretação das diversas normas, por vezes desconhecidas, os cuidados a serem adotados no gerenciamento desses empreendimentos devem ser redobrados.

Porém, não apenas a legislação é um agravante para a concepção e planejamento das obras públicas. Conforme afirmamos anteriormente, o modelo de etapas estanques Projetar-Licitar-Construir da edificação e sua construção fraccionada por atores diversos é um dos principais que torna as construções públicas caras e ineficientes.

A postura que esta dissertação traz é que as obras públicas com o apoio dos sistemas BIM serão estabelecidas sob parâmetros de determinação e representação prévias (geometria, atributos, comportamentos e regras) concebidas mediante a coordenação e a orientação geral dos projetos de arquitetura na elaboração de projetos bem detalhados, constituirá suporte necessário para a obtenção de uma arquitetura pública eficiente e possivelmente mais econômica.

Pequenas falhas em qualquer uma das etapas estanques podem ocasionar significativos prejuízos ao erário e trazer sérias consequências para os responsáveis técnicos que não usaram de entendimento das leis vigentes.

A partir destas obrigações legais, resta definir em que consiste o projeto básico e qual a sua influencia sobre a hipótese levantada.

*Para a Lei N° 8666/93 (art. 6° inc. X) Projeto Básico:
“É o conjunto de elementos necessários e suficientes, com nível de precisão adequado, para caracterizar a obra ou serviço, ou complexo de obras ou serviços objetos da licitação, elaborados com base nas indicações dos estudos técnicos preliminares, que assegurem a viabilidade técnica e o adequado tratamento do impacto ambiental do empreendimento e que possibilitem a avaliação do custo da obra e a definição dos métodos e do prazo de execução.” (LEI N° 8.666, de 21 de Junho de 1993 p. 16).*

O conjunto de elementos necessários e suficientes para caracterizar a obra não pode deixar de fora nenhum fator que a influencie. No mínimo, exigirá a representação gráfica precisa e completa do projeto como um todo, acompanhada dos documentos escritos que delimitem e descrevam de forma integral as opções tecnológicas, os materiais, os métodos, as quantidades e a qualidade do que se deseja. Isso será mais bem esclarecido quando decorrer a análise.

Segundo a NBR 13.531/95, referente às edificações, o estudo preliminar consiste em:

Etapa destinada à concepção e a representação do conjunto de informações técnicas iniciais e aproximadas, necessárias à compreensão da configuração da edificação, podendo incluir soluções alternativas. (NBR 13531- Elaboração de Projetos de Edificações - Atividades Técnicas, 1995, p. 4)

Aplicando este conceito de forma genérica às obras públicas, vemos que antes do projeto, devem ter sido solucionadas as principais dúvidas quanto as possíveis questões.

Semelhantemente, as alternativas devem ter sido analisadas anteriormente a elaboração do projeto, quando geralmente se materializa em desenhos e textos aquela melhor solução. Ou seja, a que melhor atende às necessidades do projeto básico.

De acordo com a (NBR 13532 - Elaboração de Projetos de Edificações - Arquitetura, 1995, p. 6) as informações técnicas produzidas nesta etapa de projeto básico :

- Devem ser aquelas relativas à edificação (ambientes externos e internos) e a todos os elementos da edificação, seus componentes construtivos e materiais de construção.
- Devem observar as exigências de detalhamento conforme a complexidade funcional ou formal da edificação.

A concepção adotada deverá estabelecer exatamente o que se quer construir, sem a utilização de expressões vagas ou imprecisas, das áreas, dos materiais a empregar, abrangendo todos os elementos necessários a compreensão integral do objeto a contratar. Deve-se então ressaltar a importância da boa especificação, para a completude dos projetos. Conforme argumentamos em seções anteriores, as ferramentas disponíveis no mercado capaz de suprir com certa facilidade esta necessidade de complexidade nas Obras Públicas são os sistemas tridimensionais específicos, BIM.

Devem também ser apresentadas as técnicas localizadas, suficientemente detalhadas, de forma a minimizar a necessidade de reformulação ou de alterações durante o processo de elaboração do projeto executivo e de realização das obras e montagem. Neste trecho percebe que as práticas usuais da administração pública são enraizadas nas fases estanques que demandam um tempo demasiado, pois os sistemas bidimensionais ao serem modificados necessitam de coordenação manual de cada representação do desenho, fato este que não ocorre nos sistemas tridimensionais paramétricos BIM: A parametrização destes sistemas possibilita o ajuste dos desenhos de forma automática a partir de qualquer alteração no modelo único.

Todos os itens supracitados (a especificação e a representação) enumeram, além de reforçar a definição plena de todas as soluções a adotar.

O objetivo previsto na Lei é de se eliminar a contratação de projetos complementares inacabados, sejam eles de estrutura ou de instalações, ou de contratá-los paralelamente a fase de a execução da obra. Estas soluções devem ser conhecidas e suficientemente detalhadas antes da execução. (ALTOUNIAN, 2009, p. 19)

Desse modo, a partir da citação acima acreditamos que no sistema BIM não é necessário os projetos construtivos detalhados estarem completos para dar início a execução das fundações, por exemplo.

O cumprimento da recomendação remete a intenção de evitar, de forma pertinente, a ocorrência de aditivos contratuais. Por isto fixa a determinação para minimizar possíveis alterações quando for feito o detalhamento no projeto executivo. (ALTOUNIAN, 2009, p. 63).

Após o início da construção nos sistemas BIM, sistemas mais adequados para serem usados juntamente com o modelo Projetar-Construir qualquer modificação do projeto é responsabilidade única do contratado, e qualquer mudança que ocorra acarreta em uma elevação nos custos, sendo responsabilidade única do contratado, isso quer dizer que não há aditivos contratuais.

A ação integrada visa harmonizar o ambiente humano ao trabalhar valores estéticos-ambientais ao espaço arquitetônico. Dessa forma a referida Lei estabelece diretrizes para evitar a ocorrência de erros de imprecisões e inconsistências usuais da concepção de projeto e na execução das obras. Conforme a Lei N° 8.666 o desenvolvimento da solução escolhida de forma a fornecer visão compreensão global da obra e identificar todos os seus elementos constitutivos com clareza e as soluções técnicas devem ser localizadas, e serem suficientemente detalhadas de forma a minimizar a necessidade de reformulação ou de variantes durante as fases de elaboração do projeto executivo e da realização das obras.

No modelo Projetar-Construir todas as modificações requisitadas pelo proprietário são implementadas, o projeto é aprovado, e a seguir o custo final do projeto é estabelecido. As modificações são possíveis no início do processo de projeção, e por se tratar de um sistema paramétrico, BIM; os custos e o tempo destas mudanças são reduzidos. No sentido de estabelecer o acordo, é celebrado o contrato que define todas as premissas do objeto a ser construído, porém a partir da celebração do contrato as mudanças são responsabilidade exclusiva do contratado.

2.4. A PLANILHA ORÇAMENTÁRIA

Como já citado acima a partir das especificidades das obras públicas o orçamento detalhado traduz em termos quantitativos e financeiros os serviços que serão contratados e, por esse motivo, conjuntamente com o projeto situa-se ente os documentos importantes do processo licitatório, como se pode observar a partir da citação abaixo.

Para a Lei N° 8666/93 (art. 7°§2 inc. II) planilha orçamentária: "existir orçamento detalhado em planilhas que expressem a composição de todos os seus quantitativos e custos unitários." (Lei de Licitações e Contratos Administrativos Lei N° 8.666, 21 de Junho de 1993, p. 19)

Desse modo, qualquer falha em sua elaboração causará sérios problemas durante o decorrer de todo o empreendimento. Não é por acaso que a Lei n° 8.666/93 se refere a planilha orçamentária, quantidades em diversos dispositivos de seu texto¹⁰ e exige a existência de planilhas que expressem a composição de todo os quantitativos para o início da licitação de obras.

Alguns requisitos são necessários para subsidiar uma planilha-orçamentária precisa: a existência de projeto básico bem especificado, a quantificação precisa dos serviços e insumos que serão executados.

A elaboração da planilha-orçamentária se caracteriza pela enumeração dos serviços a ser executada e seus quantitativos e identificação dos insumos que serão aplicados (como pode ser visto na Tabela 1 um trecho da Planilha orçamentária que será a base do nosso estudo).

Diante deste cenário, não devem ser poupados esforços na fase interna na busca de uma planilha precisa que reflita com precisão os quantitativos.

¹⁰ Art. 6°, Inc IX, línea F ; Art 7 §2°,II; Art 40°, XI, Art 40 §2°,II da lei 8.666/93.

Tabela 1 Trecho da Planilha-orçamentária
Fonte: IFB (2009)

03.01.400		Fundações Profundas				
03.01.420		Estacas moldadas no local				
03.01.427	72819	Estaca escavada moldada in loco com fck 20 MPa	m	63,50	R\$ 46,11	R\$ 29.210,69
03.01.430	72820	Preparo de cabeça de estaca	und	147,00	R\$ 14,42	R\$ 2.119,74
03.01.500		Blocos de Fundação				
03.01.501	74137/001	Lastro em concreto simples com fck 10MPa e espessura de 5cm	m ²	2,28	R\$ 275,02	R\$ 627,05
03.01.502	5651	Forma	m ²	122,52	R\$ 22,70	R\$ 2.781,20
03.01.503	5618	Amadurecimento	kg	1.420,00	R\$ 7,25	R\$ 10.320,00
03.01.504	74137/003	Concreto com fck 20 MPa	m ³	27,67	R\$ 369,56	R\$ 10.225,73
03.01.600		Impermeabilização				
03.01.602	72075	Pintura com emulsão betuminosa	m ²	316,68	R\$ 4,77	R\$ 1.510,56
03.01.700		Vigas Baldrame				
03.01.701	73394	Formas	m ²	316,38	R\$ 19,52	R\$ 6.175,74
03.01.702	5618	Amadurecimento	kg	1.444,31	R\$ 7,25	R\$ 10.480,25
03.01.703	74137/004	Concreto usinado com fck 25 MPa	m ³	17,55	R\$ 328,02	R\$ 5.756,76
03.02.000		ESTRUTURAS DE CONCRETO				
03.02.100		Concreto Armado				
03.02.110		Pilares				
03.02.111	73410	Formas	m ²	291,80	R\$ 32,18	R\$ 9.390,12
03.02.112	5618	Amadurecimento	kg	2.637,00	R\$ 7,25	R\$ 19.118,25
03.02.113	74137/004	Concreto usinado com fck 25 MPa	m ³	17,37	R\$ 328,02	R\$ 5.697,71
03.02.114		Elemento de proteção solar em concreto armado				
03.02.111	73410	Formas	m ²	94,40	R\$ 32,18	R\$ 3.037,79

Desse modo, a correta compreensão da tabela acima permite entender a complexidade da planilha. Porque devem incluir todos os insumos que serão necessários para a concretização da obra e este manuseio manual de ler o projeto bidimensional e quantizar muitas vezes permite inconsistências. Com isso a motivação desta dissertação se propõe a contribuir com este cenário ao incluir um processo automático de quantitativos pelos sistemas BIM na elaboração da planilha-orçamentária.

2.5. VANTAGENS DO USO DOS NOVOS SISTEMAS TECNOLÓGICOS NAS OBRAS PÚBLICAS

Os novos sistemas tridimensionais paramétricos BIM possibilitam o planejamento global das obras. Este sistema permite antecipar as decisões *a priori*.

Permite definir prioridades considerando os recursos disponíveis, facilita a tomada de decisões de onde os recursos devam ser mais bem empregados.

Além disso, outra vantagem é a redução de obras inacabadas. Uma das principais origens das obras inacabadas está centrada em projetos mal especificados, no modelo de construção adotado pela Lei 8.666 de 1993, e também pelas avaliações de custos pouco precisas, o que impossibilita o processo de planejamento eficiente e ocasiona problemas que levam a insuficiência de recursos para a conclusão do empreendimento.

2.5.1. O ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA SE TORNA FACILMENTE VERIFICÁVEL

O processo de projeção ao utilizar os sistemas BIM desde a concepção permite estudar a viabilidade da obra, e verificar desde o início se o projeto está acima do orçamento ou não, evitando, assim, desperdiçar uma quantidade considerável de tempo e esforços. A utilização do modelo que reúne todas as informações da edificação vinculadas a uma base de dados de custos de materiais, pode ser de extrema importância, e além de permitir o trabalho colaborativo de todos os profissionais envolvidos no projeto.

No tocante a administração pública o Estudo da Viabilidade e posteriormente o custo estimado da edificação são essenciais para determinar a possibilidade de materialização da mesma. Através do uso dos sistemas BIM estas verificações podem ser feitas facilmente. A qualquer momento do desenvolvimento do projeto, os sistemas BIM permitem extrair levantamento detalhado de quantitativos e espaços que podem ser usados para a elaboração de orçamento. (EASTMAN, PAUL, *et al.*, 2008, p. 18)

A maneira mais fácil e rápida de se avaliar os custos da execução, de edificações nas etapas iniciais do projeto, é por meio de indicadores que reflitam custos médios por unidade de custo por metro quadrado que caracterizem os

empreendimentos. Assim que o projeto evolui, a informação mais específica fica no banco de dados do sistema e podem ser usadas para obter o custo estimado, com uma maior exatidão e detalhe. É possível manter todos os participantes cientes das implicações dos custos associados. As estimativas de custos devem ser as mais precisas possíveis antes que progrida ao nível de detalhamento requerido antes da construção para não acontecer surpresa no canteiro de obras. (EASTMAN, PAUL, *et al.*, 2008, p. 18)

Na etapa final do projeto, uma estimativa baseada na quantidade de todos os objetos contidos dentro do modelo permite uma preparação para um levantamento mais detalhado do custo estimado final. Dessa forma, é possível ter melhores decisões do projeto a respeito dos custos usando os sistemas BIM do que seria em um sistema baseado sobre o papel.

A utilização dos sistemas tridimensionais paramétricos BIM auxilia na elaboração de orçamento detalhado que produz diversos benefícios:

- A definição exata do valor a ser investido, com maior precisão, em comparação com a representação ortogonal feita nos sistemas bidimensionais CAD;
- A visualização dos serviços a serem realizados e seus respectivos quantitativos, a identificação dos insumos que serão aplicados, e a futura elaboração do cronograma físico-financeiro.

2.5.2. EFICIÊNCIA

Constituem benefícios para o projeto feito com o auxílio dos sistemas BIM a visualização tridimensional e precisa, mas principalmente o controle das informações relacionadas aos atributos, comportamentos e inter-relações dos componentes. Além disto, destaque-se a coordenação entre o modelo tridimensional e as representações ortográficas. O modelo tridimensional gerado diretamente nos sistemas BIM desde a concepção, além de ser o resultado da

reunião de múltiplas vistas bidimensionais. O projeto pode ser visualizado em qualquer etapa do processo será consistente em todas as vistas representadas.

As alterações executadas no projeto são automáticas porque os objetos usados são controlados pelas regras paramétricas que asseguram o alinhamento, posição, linearidade, proporções, contribuindo para que o modelo tridimensional desenvolvido seja realizável. Isto reduz a necessidade do usuário de controlar todas as mudanças do projeto em todas as vistas do desenho. (HERMUND, 2009, p. 13)

As vantagens dos sistemas CAD tridimensionais e BIM em particular vão além da mera automação de tarefas que de outra maneira seriam executadas manualmente. Estes sistemas proporcionam outras possibilidades que não poderiam ser executadas manualmente de forma alguma, tais como um *walkthrough* interativo, o estudo em tempo real de iluminação solar, modelagem e manipulação de formas complexas, etc. Além destas, especificamente nos sistemas BIM destacamos o controle das informações, a utilização de um modelo único, a vinculação inteligente entre os diferentes componentes, etc. Conseqüentemente haverá mais tempo para estudar novas alternativas de projeto, pensar em estratégias construtivas que melhorem o desempenho orçamentário de cada obra. Os sistemas BIM aumentam as possibilidades de experimentação, tanto no orçamento quanto na concepção da obra.

Este novo sistema usado para projetar e construir está modificando a construção. Através da criação de um modelo tridimensional que permite extrair quantitativos automáticos dos materiais, e integrando as informações de custos e prazos, viabilizando as sequências construtivas, simulando alternativas tecnológicas entre inúmeras outras possibilidades.

“Os sistemas BIM permitem a integração dos procedimentos de planejamento de projeto. Possibilitam novas integrações entre as disciplinas e como elas se inter-relacionam, as áreas de projeto, de planejamento e orçamento. Sem os sistemas BIM esses processos são seqüências. Quando há o uso da ferramenta BIM todos os processos são simultâneos.” (BLANCO, 2011, p. 3)

Os sistemas BIM constituem uma simulação da realidade que acontece do ponto de vista físico, de projeto, de custo, de prazo, ao mesmo tempo. Esses sistemas possibilitam também um estudo de quais serão as melhores simulações de alternativas possíveis para executar a obra¹¹.

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

Haverá uma redução das paralisações e atrasos, os materiais serão entregues na hora certa, no lugar certo. É uma construção bem planejada, com isso a tendência será uma execução mais curta. (HERMUND, 2009, p. 4)

Como exemplo, citaremos um estudo de caso que utilizou o sistema tridimensional paramétrico BIM. Apresentaremos no capítulo III desta Dissertação um estudo mais aprofundado deste tema. A planta de produção do motor V6 da General Motors em Flint, Michigan utilizou-se dos sistemas BIM, e como esse uso substituiu o modelo de fases estanques do ciclo da construção. A primeira estimativa do planejamento com o modelo Projetar-Licitar-Constuir delimitou que a finalização da edificação estaria estimada em oitenta semanas, porém com a adoção do BIM pode-se modificar o modelo (DBB) para o modelo (DB) e o tempo de construção diminuiu para 35 semanas. (EASTMAN, PAUL, *et al.*, 2008, p. 326-327) .

As obras desenvolvidas com o auxílio dos sistemas BIM conterão informações integradas de planejamento tridimensionalmente no modelo único. Assim, é possível, desde a elaboração de projeto, planejar cada etapa construtiva em um tempo específico. Isto resultará na elaboração do planejamento real do organograma-físico-financeiro.

¹¹ Revista Construção Mercado, 2011, p.03

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. A DIGITALIZAÇÃO DA ARQUITETURA

Apresentaremos os fundamentos teóricos que alicerçaram o desenvolvimento do projeto arquitetônico assistido por computador. Nosso enfoque se limitará ao desenvolvimento de projeto assistido por computador e suas implicações.

As ferramentas moldam a maneira pela qual nós vemos o mundo, e elas moldam o formato do mundo que construímos. No projeto arquitetônico assistido por computador não é diferente. As ferramentas computacionais moldam a maneira que nós vemos e reconstruímos o ambiente construído e natural. (GROSS, MARK e GOLDSCHMIDT, 2009, p. 169)

Neste sentido Kolarevic em seu livro *Architecture in the Digital Age – Design and Manufacturing* citou a afirmação do Mitchell que corrobora Mark na citação acima. Ele afirmou que os arquitetos eram limitados a desenhar o que podiam construir e devido às limitações das matérias, e também apenas podiam construir o que as ferramentas de desenho possibilitavam desenhar. (MITCHELL apud KOLAREVIC, 2003, p. 32.)

O uso tradicional do papel para representar os projetos arquitetônicos tridimensionais, em comparação com aqueles que elaboram os projetos arquitetônicos auxiliados pelo computador, permite entender que as possibilidades que o campo tecnológico possibilita aos arquitetos são vastos.

Como os sistemas computacionais representam projetos, e considerando que a escolha de representação pode afetar os resultados dos mesmos, de acordo com os recursos disponíveis em cada sistema CAD.

Com a possibilidade dos novos terrenos que os sistemas computacionais abrem para o campo da arquitetura, pode-se observar que o ambiente tecnológico permite um espaço construído fluido, flexível e aberto, com isso novas possibilidades de experimentações podem ser desenvolvidas. (MARK et al, 2009, p. 169.)

As ferramentas assistidas por computador para projetos são usadas na prática profissional de projeto e são o resultado de 40 anos de pesquisa, desenvolvimento e comercialização. Elas avançaram do gerenciamento de desenhos de linhas bidimensionais exibidas em telas vetoriais para o sofisticado tempo real de renderização de cenas com luz, materiais e a animação. (MARK et al, 2009, p. 169.)

O desenvolvimento computacional aplicado a arquitetura, disponíveis no mercado depois de meados dos anos de 1980, permitiram que os arquitetos fossem além das representações vetoriais bidimensionais, apenas podiam controlar com as possibilidades de controlar pontos, linhas e planos. No decorrer do desenvolvimento foram desenvolvidas outras ferramentas assistidas por computador para a representação paramétrica e condicionantes de projeto. Arquitetos renomados como Foster and Partners e o grupo Arup por motivos de aprimorar os seus projetos não podiam mais se limitar ao campo cartesiano bidimensional e criaram novas possibilidades de desenho(Figura 6).



Figura 6 O Futuro da Arquitetura segundo Norman Foster

Fonte: <http://www.cetarq.com.ar/sitio/index.php/biblioteca/1698-el-futuro-arquitectura-segun-norman-foster>

Até a bem recente e ainda em processo de adoção dos softwares paramétricos e baseados em condicionantes de projetos, softwares comerciais de projeto assistido por computador auxiliavam arquitetos a criar e gerenciar geometria. O computador era entendido como um meio que o arquiteto usava para registrar e editar formas bi e tridimensionais.

De acordo com a citação acima se percebe que as ferramentas da nova tecnologia em muitos escritórios de arquitetura estão sendo utilizados para substituir a prancheta. As pessoas que adotaram as novas ferramentas digitais também estão modificando a maneira que pensam e projetam a arquitetura.

Portanto, surgem novas possibilidades de experimentações com as formas. Abordagens baseadas em parâmetros e condicionantes adicionam uma camada na qual o arquiteto expressa relações e dependências entre quantidades (parâmetros) no projeto. A comercialização dessas tecnologias começou a mudar a prática arquitetônica e talvez, por conseguinte, também o pensamento arquitetônico. (MARK et al, 2009, p. 170.)

Neste campo da parametrização das informações pesquisadores em projeto assistido por computador estão familiarizados com um leque de sistemas paramétricos que estão sendo ainda explorados pela comunidade acadêmica, contudo a adoção no mercado está sendo um pouco difícil.

As dificuldades encontradas para inserir, as ferramentas paramétricas, com um certo sucesso no mercado credita-se ao fato da adoção na prática ainda ser complexa. Com a inserção destas novas ferramentas nos escritórios de arquitetura haverá um tempo despendido para treinamento da equipe. Esta demora não reflete a limitação da abordagem, mas é devido a fatores do mercado que pode estar no limiar da mudança. Sabe-se que cada mudança de postura perante as novas tecnologias, se e quando é adotada, tem um efeito profundo no pensar e praticar o projeto arquitetônico, como o projeto paramétrico tem tido nos últimos anos.

3.1.1. A PRIMEIRA GERAÇÃO CAD POR IVAN SUTHERLAND

A primeira geração de ferramenta de representação de projeto por computador foi criada para diminuir as tarefas extenuantes do processo de projeto arquitetônico, e apresentava apenas soluções definidas previamente e prontas. A primeira linguagem de programação foi o Sketchpad desenvolvido em 1963 por Ivan Sutherland nos laboratório do MIT¹² era um sistema baseado em marcos vetoriais projetados na tela do computador.(Figura 7).

“O processo de projeto poderia ser visto como configurando e flexibilizando os condicionantes de formas geométricas, como exemplo construindo um conjunto de objetos específicos, e permitindo o controle paramétrico sobre sua formação.” (Sutherland, 1963 apud Mark et al, 2009, p.170).

Este novo sistema permitiu a alteração das interações entre homem e máquina. O SketchPad foi o precursor no desenvolvimento da computação gráfica, para se entender a importância do programa deste ancestral sistema a sua interface do usuário até hoje é utilizada nos sistemas bidimensionais CAD genéricos. Sutherland com o seu sistema demonstrou na sua Tese de Doutorado que a computação gráfica pode ser utilizada para fins técnicos.

A Figura 7 abaixo permite entender como os usuários intervêm no sistema, a base são dados das coordenadas X e Y. Desta forma, o sistema torna-se apto processar tais informações, representá-las e projetá-las no monitor como desenhos bidimensionais.

¹² Massachusetts Institute of Technology

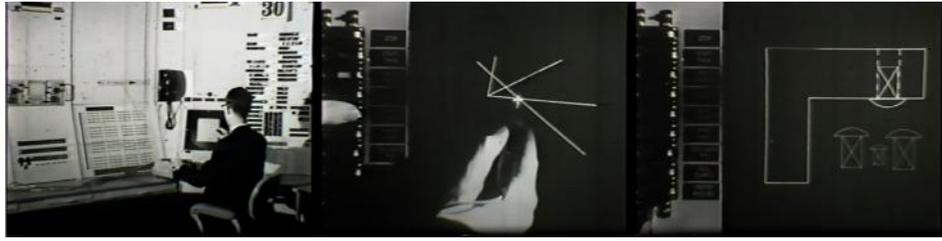


Figura 7 Sistema SKETCHPAD de Ivan Sutherland
Fonte: http://cumincad.scix.net/data/works/att/ecaade2008_069.content.pdf

Os sistemas que seguiram o SketchPad sempre buscaram a facilitar os desenhos técnicos na tentativa de automatizar as tarefas do projeto e documentação, porém os condicionantes sempre foram limitantes. Estes sistemas baseados na teoria de Ivan Sutherland parecem influenciados na direção de produtos de construção geralmente reconhecidos e usuais. Os sistemas apenas permitiam a possibilidade de gerar objetos específicos e a variação dos mesmos em tipos arquitetônicos convencionais, tais como “tipos de parede”, “tipos de janelas” e outros objetos predefinidos. Ainda, estes sistemas proveram ao arquiteto a liberdade de layout, escala e relações entre os conjuntos de componentes. (MARK et al, 2009, p. 170.)

Esta primeira abordagem para o processo de projeção possibilitou inúmeras outras novas investigações sobre as possibilidades que as ferramentas computacionais poderiam assistir ao arquiteto na concretude da sua intenção.

Décadas depois algumas ferramentas computacionais foram desenvolvidas para ajudar na automatização da montagem de edifícios virtuais das partes para o todo. Esta estratégia, contudo, representa uma limitação à arquitetura convencional, tendo por objetivo auxiliar o arquiteto, uma vez que mudanças nos componentes eram tarefas trabalhosas, como fazer as ligações e conexões de diferentes tipos de paredes, janelas e entre outros objetos paramétricos estabelecidos pelos sistemas.

A liberdade de desenho sempre foi valorizada pelos arquitetos. A exploração da forma, a fluência e a flexibilidade sempre esteve presente na intenção do

arquiteto nos seus riscos iniciais do seu projeto. No entanto, os mesmos arquitetos condicionam as suas edificações ao transformar o croqui em plantas de representações técnicas. O estado da arte é imperfeito ao endereçar estas demandas às vezes contraditórias, por exemplo, algumas ferramentas enfatizam a geometria apenas e permitem um grande leque de explorações formais.

Contudo, as construções arquitetônicas começaram a ficar cada vez mais complexas, inúmeros sistemas complementares começaram a ter que ser compatibilizados em várias representações técnicas. Tornou-se necessário então buscar por novos sistemas que tentasse agregar todas as informações do projeto arquitetônico e seus complementares em um único sistema de desenho.

“Outros sistemas CAD mais automatizados oferecem recursos para todo o ciclo de vida útil da edificação que podem rapidamente ajudar a acelerar a montagem de objetos arquitetônicos predefinidos baseados em bibliotecas limitadas de componentes”. (MARK et al, 2009, p. 171.)

As bibliotecas ainda que limitadas permitiam aos arquitetos uma maior agilidade na representação técnica. A limitação de componentes permitiu entender que mesmo a composição destes elementos não significa um grande avanço formal da arquitetura.

Até então, não existiam sistemas computacionais que permitissem auxiliar tanto em termos de oferecer flexibilidade de exploração de formas, quanto na elaboração de um projeto mais definido que adotasse tipologias específica de componentes construtivos .

Algumas ferramentas posteriores, comumente chamados como CAD genéricos, estão baseadas no princípio de que o espaço virtual gráfico tridimensional permite uma gama de possibilidade para a exploração da forma.

Os sistemas que oferecem recursos para automatizar a montagem de componentes construtivos, podem, por exemplo, conectar duas paredes automaticamente desde que o sistema possa antecipar algumas configurações geométricas, materiais, atributos, e relacionamentos de um componente com o outro. (MARK et al, 2009, p. 171.)

Segundo Mark na citação acima entende-se que a tendência de desenvolvimento dos sistemas computacionais parametrizados posteriores estariam os primeiros passos de retroalimentação com o usuário de acordo com os inputs do usuário Este entraria com dados e se houvesse alguma inconsistência destes dados o próprio sistema estaria apto a detectar e posteriormente consertar erros, tendo como base seu banco de dados.

3.1.2. A MODELAGEM TRIDIMENSIONAL

A tecnologia digital, em constante evolução, apresenta possibilidades cada vez mais acessíveis em termos de interatividade e custos para auxiliar nos processos de projeção arquitetônica. A necessidade então de buscar por novos sistemas genéricos de modelagem virtual tridimensional parametrizada que tentasse agregar todas as informações do projeto arquitetônico e estes ainda pudessem mesmo que de uma forma restrita ser modificados a partir da troca de alguns valores, tornou-se o próximo sistema a ser desenvolvido.

O projeto arquitetônico na interface digital aspira a ir além do convencional, e a procurar novas idéias e estratégias. O projeto em três dimensões desde o início de sua concepção possibilita encorajar o arquiteto a descobrir soluções inovadoras para as suas tomadas de decisões. (KALISPERIS, 1996, p. 24)

A facilidade de fazer simulação oferecerá, entre outras vantagens, maiores possibilidades de descobrir novas soluções em um espaço de tempo menor.

A utilização dos sistemas CAD e BIM nos processos de projeção propiciam maior controle e coordenação do projeto. Dessa forma, os ambientes propostos

ganham novas dimensões e possibilidades formais, visuais, ambientais, construtivas, relações entre os componentes, materiais, etc., a partir da apreensão do ambiente, o que só é possível ser representado nestas interfaces virtuais. (DUARTE, 2005, p. 36)

A arquitetura digital não se restringe a imagens tridimensionais, geradas por computador de um projeto arquitetônico estático e com concepções cartesianas do espaço, mas na interação entre os seus componentes, amplificando as possibilidades de apreensão dos ambientes.

A simulação possibilita testar o projeto arquitetônico na interface digital através da exploração do movimento no tempo e espaço. (KALISPERIS, 1996, p. 23). A visualização em três dimensões permite melhor entender o espaço e a sua forma.

Os meios tecnológicos eletrônicos trazem novos questionamentos e paradigmas que vêm sendo discutidos pelos arquitetos. O pensar em “construir o projeto” arquitetônico em ambientes de realidade virtual, tridimensional, auxiliada pelos sistemas BIM, possibilita novas investigações para a construção mais detalhadas do projeto e com materiais especificados. Isto é possível a partir das primeiras tomadas de decisões para a construção do modelo virtual. Neste contexto, as especificações devem ser claras, precisas e objetivas quando inseridas no modelo desde então integrando ao projeto.

Apenas através dos sistemas BIM isto é possível porque os objetos são construídos a partir de dados, seus comportamentos e atributos. Isto quer dizer que uma parede não é apenas um somatório de linhas, como ocorre em outros programas de modeladores de sólidos tridimensionais. Os sistemas BIM “pensam” em modelar componentes construtivos específicos com atributos e informações que podem ser extraídas a qualquer momento. (FLORIO, 2007, p. 10)

Nos sistemas BIM, a modelagem de um objeto desde o início da sua concepção, requer que todos os materiais que o constituem devem ser informados. Por exemplo, se for modelar uma parede, deverá informar desde o início que tipo de alvenaria será necessária, se terá reboco, emboco ou pintura. Caso o usuário

não apresente estas informações os sistemas assumiram valores default à revelia do mesmo. Os objetos são também inteligentes. Se em uma construção o pé-direito for alterado por razões de iluminância do ambiente, a escada que interliga os pavimentos automaticamente se readequará, sem a necessidade de ajustes manuais por parte do arquiteto.

Esta nova ferramenta computacional contribui para o surgimento, no cenário da arquitetura, de uma mudança significativa da importância do papel do projeto nas em suas fases iniciais.

Além disto, há também a necessidade desde as primeiras tomadas de decisões, do conhecimento de construção civil por parte do arquiteto. Exige-se que o arquiteto volte a entender o funcionamento do canteiro de obras, porque agora ele precisa ter conhecimento de todo o espectro da mesma, de todos os seus elementos construtivos.

O argumento de que é necessário representar em três dimensões da arquitetura não é uma novidade dos tempos atuais. Há cerca de seis décadas Zevi ressaltou em 1946 (data da primeira edição de seu livro Saber Ver a Arquitetura) a necessidade de uma representação, holística da arquitetura. destacou o caráter singular da arquitetura no campo das artes. Ressaltou a necessidade do uso da tridimensionalidade e a sua relação inclusiva e interativa com os seres humanos.

“... o caráter essencial da arquitetura – o que a distingue das outras atividades artísticas – está no fato de agir com um vocabulário tridimensional que inclui o homem... Por sua vez, a arquitetura é como uma grande escultura escavada, em cujo interior o homem penetra e caminha.” (ZEVI, 1996, p. 07)

No sentido de compreender o espaço o homem deve vivenciá-lo. Zevi acreditava que não havia outra maneira para apreender a arquitetura de forma adequada senão através da experiência de vivenciar os espaços construídos. Entretanto, os modelos tridimensionais computacionais interativos possibilitam hoje a representação não apenas das três dimensões espaciais, como também da quarta dimensão, ou seja, o sucessivo deslocamento no espaço e no tempo.

“ a mente humana descobriu que, além das três dimensões de perspectiva, existia uma quarta... Consequentemente, a realidade do objeto não se esgota nas três dimensões da perspectiva. Para possuí-la integralmente eu deveria fazer um número infinito de perspectivas dos infinitos pontos de vista. Existe, pois, outro elemento além das três dimensões tradicionais, e é precisamente o deslocamento sucessivo do ângulo visual. Assim designou-se o tempo, “quarta dimensão ”. (ZEVI, 1996, p. 17)

Atualmente o que ocorre nas repartições públicas é o pensar o projeto em duas dimensões, utilizando os sistemas CAD bidimensional, o que resulta em muitos equívocos e erros de coordenação entre os componentes do próprio projeto arquitetônico e entre o mesmo e seus complementares. Ao pensar o projeto neste sistema fragmentado, trabalha-se da parte para o todo, e ainda onde os elementos construtivos da obra são apenas representações vetoriais de objetos sem significado específico.

Nos sistemas CAD bidimensional não há como definir exatamente quais são os seus atributos ou dados de forma que resulta na ocorrência de inexatidões e erros. Por isto, se torna necessário que sejam feitos aditivos contratuais nas planilhas orçamentárias com os respectivos custos adicionais e como consequência aumenta-se o tempo de execução das obras.

No processo de projeção em duas dimensões o método utilizado inicia com um plano cartesiano, X e Y. A representação dos espaços da arquitetura é correlacionada em áreas, como um sistema linear de processos de projeto. O projeto básico leva em consideração, apenas isto: se as áreas que foram levantadas e se o programa de necessidades foi cumprido. A outra etapa consiste em “passar a limpo” no computador o projeto já solucionado, faltando apenas testar revestimentos e acabamentos para finalizá-lo.

Zevi demonstrou que as limitações da representação bidimensional de projeto, são apenas uma abstração da realidade. Além disto, estão sujeitas as interpretações dos construtores e até mesmo de outros arquitetos e principalmente

porque são incompletas, devido à impossibilidade de representar objetos tridimensionalmente através das técnicas de projeções ortográficas.

“Quem quer se iniciar no estudo da arquitetura deve, antes de tudo, compreender que uma planta pode ser abstratamente bela no papel, 4 quatro fachadas podem parecer bem estudadas pelo equilíbrio dos cheios e dos vazios, o volume total do conjunto pode mesmo ser proporcionado, e no entanto o edifício pode resultar arquitetonicamente pobre”. (ZEVI, 1996, p. 17)

Zevi alertou para o caráter fragmentário e frequentemente ambíguo dos desenhos bidimensionais enquanto ferramentas de representação para a apreensão do espaço arquitetônico.

“Apresentamos plantas e cortes, isto provém de nossa falta de educação espacial. É uma realidade que ninguém vê a não ser no papel, as fachadas e as seções servem para medir as alturas, assim como as plantas os comprimentos e larguras, são representações da arquitetura, a transferência prática que o arquiteto faz das medidas que a define para o uso do construtor. Mas a arquitetura não provém de um conjunto de alturas, comprimentos e larguras dos elementos, ela provém mais precisamente do vazio, do espaço encerrado, do espaço interior em que os homens andam e vivem...” (ZEVI, 1996, p. 17)

Zevi entendeu que a representação e apreensão da arquitetura extrapolavam as medidas de uma edificação utilizadas para orientar os construtores nos canteiros de obra. O pensar além das medidas e proporções era justificado para a real necessidade de extrapolar o interior do espaço projetado, seus volumes e a relação entre eles, para obter uma compreensão adequada do espaço arquitetônico .

A partir do advento de novas tecnologias de projeção tridimensional buscou-se romper e ao mesmo tempo redesenhar uma nova representação na arquitetura. Seu posicionamento principal é que para se desenvolver é necessário, o fim de paradigmas usados no sistema linear nos processos de projeção. Dessa forma torna-se desnecessário desenhar uma planta baixa “bem resolvida” para depois extrair “os cortes e fachadas”.

Na arte de projetar em três dimensões, o projeto de arquitetura inicia-se no volume. Os três planos permitem ao arquiteto uma completa visualização dos espaços e formas. O entendimento do espaço é sempre uma premissa básica do todo que será resolvido por etapas não-lineares. A poderosa ferramenta de visualização tridimensional do projeto permite ao arquiteto solucionar melhor todos os desafios que são impostos pelo mesmo. A chance de ocorrer algum erro é minimizada. No entanto, cabe lembrar que uma projeção tridimensional permite ao arquiteto ir além do convencional e procurar sempre novas soluções criativas para as estratégias de projeto.

“...é o espaço interior, o espaço que nos rodeia e nos inclui. O fato de o do espaço, o vazio, ser o protagonista da arquitetura é, no fundo, natural, porque a arquitetura não é apenas arte e nem só imagem da vida histórica ou da vida vivida por nós e pelos outros: é, também, e sobretudo, o ambiente, a cena onde vivemos a nossa vida.” (ZEVI, 1996, p. 17)

Sabe-se que um modelo virtual e interativo tridimensional, não é apenas um equivalente a um modelo físico, em escala. É uma modelagem em escala real (1:1). Representa as quatro dimensões da arquitetura: largura, altura, profundidade e tempo. A modelagem computacional tridimensional permite muitas possibilidades que não podem ser proporcionadas por maquetes ou qualquer outra representação tradicional.

“ ir além do convencional e explorar o movimento tanto no tempo quanto no espaço. As técnicas de visualização tridimensionais permitem... compreender o espaço e a forma, bem como textura, contraste e cor, na medida em que se explora o movimento espacial e temporal.” (KALISPERIS, 1996, p. 22)

Kalisperis na citação acima propõe que isso é uma possibilidade de se desvencilhar do pensar da arquitetura bidimensional. O arquiteto agora tem, liberdade para criar formas diferentes, sem impedimentos passados, pensar e imaginação uma nova arquitetura com novas mídias tecnológicas.

Contudo, uma ferramenta que agora vem sendo mais explorada pelos profissionais da área é a própria simulação da visualização da edificação. Construindo um edifício com o auxílio do computador, é possível sintetizar uma série de imagens e mesmo fazer percursos interativos virtuais que são importantes para as tomadas de decisões, desde a fase inicial de projeção, para a compreensão do objeto arquitetônico.

É importante considerar os trabalhos de simulação de arquitetura como fundamentais para as experimentações prévias da intenção volumétrica nos projetos. A simulação não é apenas mais uma ferramenta de representação de arquitetura, mas uma maneira de recriá-la. Trata-se de recurso para testar as possibilidades de projeto .

Estes sistemas de informações ainda possuem inúmeras aplicações no campo da arquitetura. Esses temas serão tratados em capítulos a seguir.

3.2. NOVAS FERRAMENTAS E NOVOS PROCESSOS

O uso comercial de ferramentas paramétricas computacionais em arquitetura teve início durante os anos oitenta. Elas vinham sendo utilizadas anteriormente pela indústria automobilística, naval e aeroespacial para coordenar e conectar projeto e construção. (KOLAREVIC, 2003, p. 8)O emprego dessas tecnologias nessas indústrias consistiu numa reinvenção na forma de conceber os produtos.

“A parametrização permite que o projeto seja desenvolvido e avaliado em um ambiente virtual, onde a partir do modelo virtual sejam extraídas todas as informações necessárias para a fabricação dos componentes” (KOLAREVIC, 2001, p. 08)

Um paradigma baseado da rapidez de acesso e do fluxo de informações, no compartilhamento dos sistemas paramétricos permite que a materialização dos componentes da edificação possam ser confeccionadas fora do canteiro de obras .

A experiência do processo de desenvolvimento da construção na indústria naval, automobilística e espacial contribui sobremaneira para o avanço no processo

de projeção, fabricação e construção das edificações. Permite desenvolver novos conhecimentos no processo de projeção, análise, fabricação e montagem

“O Guggenheim de Gehry jamais seria possível sem o aço local e a indústria de embarcações navais. Um grande número de outros projetos recentes, tanto de variadas escalas e orçamentos, fizeram uso criativo da expertise naval” (KOLAREVIC, 2003, p. 10).

Navios, mais do que edifícios, são objetos de considerável complexidade técnica. No entanto, em termos de escala e uso, existem suficientes similaridades com o projeto de edificação.

“Todos os sistemas CAD geram arquivos digitais. Antigos sistemas CAD produziam desenhos para plotagem. Eles geravam arquivos que consistiam primeiramente de vetores, associados: linhas-tipo, e camadas identificáveis. À medida em que estes sistemas foram desenvolvidos, informações adicionais foram adicionadas nos mesmos para permitir blocos de dados e textos associados. Com a introdução do modelo 3D, definições avançadas e ferramentas complexas de superfície foram adicionadas.” (EASTMAN, PAUL, et al., 2008, p. 13)

Os sistemas CAD se tornaram mais inteligentes e mais usuários querem compartilhar dados associados ao projeto resultando na mudança do foco do desenho para a informação do objeto. Um modelo de edifício produzido pela ferramenta digital pode fornecer inúmeras vistas diferentes do objeto (da informação, conjuntamente com grupo do conjunto, incluindo várias vistas tridimensionais).

“Um modelo de prédio pode ser descrito pelo conteúdo dos seus itens. (o que descreve os objetos) ou suas capacidades (que tipo de exigências de informação pode suportar). A última abordagem é preferida, porque define o que você pode fazer com o modelo, um pouco do que como a base de dados é construída que variará com cada execução”. (EASTMAN, PAUL, et al., 2008, p. 13).

A complexidade de algumas edificações são determinadas pelas tecnologias aplicadas às mesmas. As exigências e informações dos objetos do projeto são a

base para a manufatura, porém só a precisão das informações permite a articulação entre todos os componentes da edificação.

Os novos processos paramétricos digitais permitem a produção de informações sobre atributos, comportamentos e inter-relações dos seus elementos arquitetônicos. Transformando a viabilidade do projeto do edifício em uma função direta do somatório de dados. Os componentes são configurados a partir de informações sobre os mesmos e seus comportamentos.

3.2.1. PROJETO PARAMÉTRICO

A variação paramétrica não é recente nas práticas projetuais. Há diversos exemplos do uso de parametrização em arquitetura para expressar e definir uma linguagem específica arquitetônica, como a proporção das colunas dóricas e jônicas dos templos gregos.

Bridges conceitua a parametrização enquanto a relação direta proporcional entre dimensões e proporções da geometria de forma que devem ser baseadas nas inter-relações das variáveis.

“Os valores das coordenadas que definem os vetores, não devem ser expressos em constantes numéricas, mas como função de uma ou mais variáveis. Como um sistema de equações que são associados com a estrutura. As variáveis independentes no sistema são, então, os parâmetros do objeto. Quando os valores são associados aos parâmetros, uma instancia particular é especificada”. (BRIDGES, 1993)

É importante ter em mente que as variáveis nas formas geométricas são tão importantes para definir a forma quanto à definição das faces. Estas definirão a identidade da forma, mas as variáveis é que de fato definirão a forma.

Exemplo: O icosaedro regular é um poliedro convexo de 20 faces triangulares (

Figura 8). O icosaedro truncado é um poliedro convexo, investigado por Arquimedes, obtido após mudar alguns valores dos vértices do icosaedro regular (

Figura 9)., Suas faces regulares são de mais de um tipo, como o icosaedro truncado, que possui faces pentagonais e hexagonais. (Revista do Professor de Matemática, Ano 28, N° 73, p. 17).

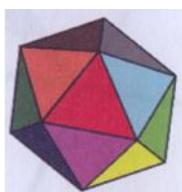


Figura 8 Icosaedro Regular
Fonte: Revista do professor de matemática Ano 28 N° 73 p. 17

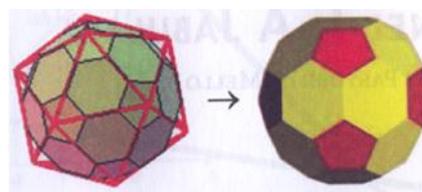


Figura 9 Icosaedro truncado
Fonte: Revista do professor de matemática Ano 28 N° 73 p. 17

A arquitetura Renascentista e seus tratados estavam concentrados em investigar e expor os princípios das estruturas intelectivas, frequentemente ilustrados em diagramas de elementos da arquitetura clássica (colunas, arcos, etc). Diagramas que definiam dimensionamento de linhas não são descritos com valores fixos, mas são expressões que definem esses valores como função de uma medida variável. Os valores eram definidos por meio de uma variável como a relação entre o diâmetro de uma coluna e a sua altura, por exemplo. (BRIDGES, 1993).

Utilizando os recursos de parametrização os arquitetos renascentistas construíam edificações que apesar de possuírem proporções diferentes ainda guardavam relações plásticas entre si. Assim, o arquiteto obtinha componentes construtivos que atendiam essa relação proporcional necessária ao seu objetivo final, uma definição espacial harmônica. À medida que atribuía valores a expressão paramétrica ele obtinha um componente diferente, mas estava de acordo com as especificações da arquitetura clássica. (

Figura 10)

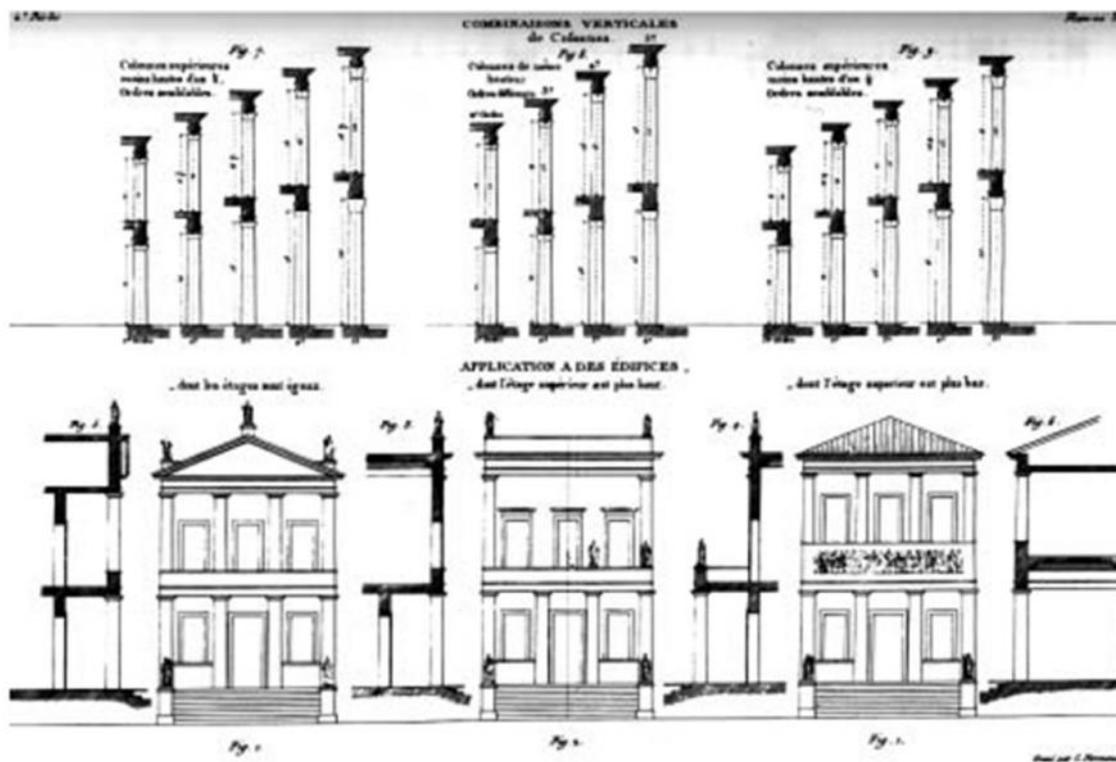


Figura 10 Variação paramétrica de colunas na arquitetura renascentista
Fonte: Moreira (2008)

Na Figura 10, acima, é possível compreender como a parametrização é aplicada no campo da arquitetura. Colunas são parametrizáveis, isso quer dizer que a cada novo valor associado aos parâmetros originais da coluna determinam: uma nova instância, particular e específica.

O maior tratadista de arquitetura do Renascimento, Leon Battista Alberti, no seu texto fundador de *Re AEdificatoria*, apresentou grande ênfase aos aspectos formais dos edifícios principalmente com relação a proporção, definindo-a da forma como a entendemos hoje: “ a relação das partes de uma determinada composição entre si e das partes com o conjunto”.

No renascimento, os arquitetos faziam uso da parametrização¹³ dos elementos clássicos. As dimensões dos elementos arquitetônicos clássicos eram definidos a partir de expressões matemáticas onde para cada valor inserido na expressão havia uma solução correspondente. Dessa forma era garantido ao arquiteto o surgimento de novas soluções formais que atendessem a tipologia definida pela relação matemática (BRIDGES, 1993).

Os sistemas CAD potencializaram as vantagens oferecidas pelos sistemas paramétricos. Isto ocorreu quando possibilitaram que o arquiteto pudesse gerenciar uma grande quantidade de parâmetros, ao mesmo tempo.

Nos sistemas CAD estas definições paramétricas podem ser codificadas como procedimento. Um exemplo simples em Pascal demonstra os parâmetros do objeto sendo usados como parâmetros de procedimento. A entrada da informação ("input") para o procedimento é um conjunto de valores de parâmetros e a saída da informação ("output") é a informação estruturada de dados que representa explicitamente o exemplo correspondente (BRIDGES, 1993).

A parametrização é um método em que a arquitetura é definida através da especificação das regras de posicionamento e proporções dos seus objetos. Pascal defende que o conceito de parametrização possibilita definir a arquitetura a partir dos seus componentes e das interações entre os mesmos. Desta forma, o foco para determinar a geometria no processo de projeção muda, fundamentados nos procedimentos internos que a define.

"A introdução de objetos paramétricos permite que a exploração do projeto seja tratada como uma matéria de variação paramétrica. Assim, atribuindo valores diferentes a um objeto, permite gerar o exemplo correspondente e inspecionar o resultado". (BRIDGES, 1993).

A citação acima afirma com outras palavras, que o modelo parametrizado consiste em um conjunto de variáveis com seus valores diferentes que definem

¹³ O conceito de parametrização foi discutido no capítulo 2.

uma forma geométrica. As variáveis dos elementos podem ser valores que definem a forma, e também valores que definem a posição do mesmo em relação aos demais.

Bridges disserta sobre parametrização como um pensar que pode ser formalizado, ensinado e debatido para encontrar novas formas geométricas. Ressalta que no conceito de parametrização o que realmente importa: é aprender a pensar. Isto irá providenciar modelos e estruturas intelectivas que facilitarão o discurso sobre o projeto e seus benefícios, além do desenvolvimento das habilidades do projeto. (BRIDGES, 1993)

Um arquiteto deve ser razoável a ponto de justificar o que ele faz, a sua intenção. Neste sentido, o arquiteto precisa definir princípios de aplicações que irá utilizar auxiliado pelo computador, de forma que poderá explicitar seus julgamentos e justificar suas escolhas, além de expressar seus juízos.

A parametrização é um conceito que vem sendo utilizado no desenvolvimento do projeto de arquitetura, partindo de parâmetros de atributos completos ou relevantes de um modelo ou objeto geométrico.

Branko Kolarevic que conceitua o projeto paramétrico da seguinte maneira:

“No projeto paramétrico, são os parâmetros de um projeto específico que são informados, não sua forma. Através de atribuição de diferentes valores aos parâmetros, diferentes formas de objeto ou configuração dos mesmos podem ser criados. Equações podem ser usadas para descrever as relações entre os objetos, definindo assim uma geometria associativa” (KOLAREVIC, 2003, p. 17)

De acordo com a citação acima, as variáveis paramétricas definem a forma e a posição dos elementos entre si. Assim, ao se alterar a dimensão dos objetos ou posição dos mesmo obtemos uma geometria associativa decorrente dessa modificação.

Segundo Kolarevic pode-se afirmar que o projeto paramétrico possibilita definir arquiteturas a partir de seus componentes e das interações entre os

mesmos. A partir deste princípio o arquiteto muda o seu enfoque projetual da geometria para os dados que a define.

No livro “ BIM Handbook : A guide to Building Information Modeling” Eastman define o projeto paramétrico com outras palavras, mas o conceito é o mesmo:

“No projeto paramétrico, ao invés de se projetar uma representação de um elemento construtivo como uma parede e uma porta, o projetista define uma família de modelos ou uma classe de elementos, que é um conjunto de relações e regras para controlar os parâmetros, através das quais cada elemento informado pode ser gerado, variando de acordo com o seu contexto. Os objetos são definidos usando parâmetros envolvendo distâncias, ângulos e regras do tipo: unido a, paralelo a, distante de. Estas relações permitem que cada instância de uma classe de elementos varie de acordo com a configuração de seus próprios parâmetros e relações contextuais” (EASTMAN, TEICHOLZ, et al., 2008, p. 29).

A partir da citação acima o que se entende é que no modelo paramétrico os elementos que compõem a forma e a localização deles em relação aos demais componentes do objeto correspondem às famílias citadas por Eastman. Assim ao se alterar a dimensão dos objetos ou posição dos mesmos obtemos um resultado diferente.

O conceito de objetos paramétricos é central para entender os sistemas BIM e suas diferenciações do sistema de projeção tradicional bidimensional de objetos.

Os sistemas paramétricos diferem dos sistemas genéricos de representação e modelagem digitais, ao permitir alterar o modelo durante todo o processo de projeção simultaneamente. Permitem também gerar e testar grande quantidade de versões dentro de um ambiente controlado de projeto (Figura 11). Esses resultados são possíveis a partir da simples mudança de valores de um parâmetro específico.



Figura 11 Possibilidades da Parametrização
Fonte: digisapiesschool.nu/nckx23/kusntall/. Acesso em: 10/08/2011

A partir da Figura 11 é possível perceber que os sistemas CAD potencializaram as vantagens oferecidas pelos sistemas paramétricos. Ao mesmo tempo, proporcionam uma rápida visualização das diversas formas à medida que se altera as variáveis dos parâmetros.

No modelo paramétrico a forma e a geometria de montagem são automaticamente ajustadas. O recurso de parametrização oferece ao arquiteto um elevado nível de controle sobre a arquitetura projetada. As regras dos objetos podem definir quando uma mudança particular viola a realidade dos objetos a respeito do tamanho, da manufaturabilidade, etc. (MOREIRA, 2008, p. 93).

“Consiste em definições geométricas e dados e regras associados. A geometria é integrada, não redundante, e não permite nenhuma inconsistência. Quando um objeto é modelado tridimensionalmente, sua forma não pode ser representada internamente errada, por exemplo, como ocorre nas múltiplas visualizações bidimensionais. Uma planta e uma elevação de um dado objeto devem sempre ser consistentes. As dimensões não podem ser falsificadas”. (EASTMAN, PAUL, et al., 2008, p. 30)

A parametrização associada apesar de construir tamanhos, formas diferentes ainda guardam relações plásticas entre cada componente. Desta forma, o arquiteto pode aumentar o número de elementos construtivos que atendessem a suas necessidades de projeto. À medida que atribui valores à expressão

paramétrica obtêm-se um componente diferente, mas de acordo com as especificações da arquitetura.

A abordagem paramétrica é constituída de um modelo projetual, no qual a arquitetura surge a partir da definição dos parâmetros e das inter-relações entre seus componentes. Dessa forma a alteração, inserção, ou remoção de um dos parâmetros resulta na modificação de todo o objeto arquitetônico (SILVA e AMORIM, 2010, p. 5).

Objetos paramétricos são definidos por Eastman como se segue: o projeto paramétrico se condiciona nas através da definição das relações entre os diversos elementos de um conjunto. Permite-se construir um verdadeiro complexo de objetos em interação. A parametrização ocorre a partir de um conjunto de regras onde o todo se caracteriza através das inter-relações entre as diversas partes constituintes. Os objetos têm a habilidade de ligar ou receber, transmitir ou exportar os conjuntos dos atributos, por exemplo, material estrutural, dados acústicos, etc.

O projeto paramétrico se condiciona nas variáveis através da definição das relações entre os diversos elementos de um conjunto. Permite-se construir um verdadeiro complexo de objetos em interação. A parametrização ocorre a partir de um conjunto de regras onde o todo se caracteriza através das inter-relações entre as diversas partes constituintes. Os objetos estão vinculados às informações de ligar ou receber, transmitir ou exportar os conjuntos dos atributos, por exemplo, material estrutural, dados acústicos, etc. (MOREIRA, 2008, p. 94)

“As regras paramétricas para objetos automaticamente modificam a geometria associadas, quando introduzidas em um modelo do edifício ou quando as mudanças forem feitas nos objetos associados. Por exemplo, uma porta se encaixará automaticamente em uma parede, um interruptor de luz será localizado automaticamente no lado apropriado da porta, uma parede se redimensionará para se encontrar automaticamente com um teto ou um telhado, etc.” (EASTMAN, TEICHOLZ, et al., 2008, p. 14)

Os objetos podem ser definidos em níveis diferentes de agregação. Dessa forma, assim que nós definirmos uma parede teremos automaticamente os seus componentes relacionados. Os objetos podem ser definidos e controlados em diversos de níveis de hierarquia. Por exemplo, se o peso de um subcomponente da parede muda, o peso da parede igualmente deverá mudar. (MOREIRA, 2008, p. 95)

A difusão dessas técnicas de desenho paramétrico e a incorporação das ferramentas digitais na construção civil têm influenciado não apenas a forma como a arquitetura é produzida, como também tem se configurado numa nova abordagem. Não se trata apenas do uso de um determinado conjunto de ferramentas e técnicas. A parametrização vai além, oferece aos arquitetos uma maneira nova de se relacionar com a arquitetura. Trata-se de uma abordagem avançada.

3.2.2. PROJETO BIM

O mais antigo registro do conceito que hoje se conhece como sistemas BIM foi “Building Description System”, publicado no extinto Jornal AIA por Charles “Chuck” Eastman, então professor na Universidade de Carnegie-Mellon, em 1975. O artigo de Eastman incluiu o conceito hoje comum dos sistemas BIM como:

“...definição interativa de elementos... derivação de cortes, plantas isométricas ou perspectivas a partir da mesma descrição dos elementos de origem ... Qualquer mudança de arranjo deverá ser feita apenas uma vez para todos os desenhos futuros a serem atualizados. Todos os desenhos derivados do mesmo arranjo de elementos deverão ser atualizados automaticamente de forma consistente...Qualquer tipo de análise quantitativa poderá ser gerada diretamente da descrição do elemento.. Estimativas de Custos e ou quantidades de materiais podem ser extraídas facilmente do modelo... provendo um único banco de dados para análises visuais e quantitativas... verificação automatizada do edifício de acordo com o código de prefeituras ou no escritório do arquiteto. Construtores de grandes projetos podem achar esta representação vantajosa para cronogramas e requisitar materiais.” (EASTMAN 1975, apud, LAISERIN, 2008, in EASTMAN, 2008, p. XI.)

Os sistemas BIM são as ferramentas promissoras para a arquitetura e indústria da construção civil. O seu sucesso se deve ao fato que os sistemas BIM fornecem um modelo virtual tridimensional exato do que será construído. Quando completo digitalmente o modelo computacional gera dados precisos necessários ao suporte da construção, fabricação digital e realização das atividades necessárias para construir a edificação, permitindo inclusive requisição de materiais no tempo exato de uso.

Os sistemas BIM surgiram em resposta a uma necessidade latente da construção civil. As representações nos antigos sistemas CAD, não possibilitavam a criação de um avançado banco de dados de informações adicionais, nem a extração de informação do modelo. As transferências de informações entre os membros da equipe, de obras cada vez mais complexas, se tornaram cada vez mais dispendiosas e passíveis de erros e inconsistências.

“ cada vez mais os sistemas CAD se tornaram inteligentes e mais usuários necessitavam trocar as informações associadas do modelo a partir de um projeto, o foco então mudou, dos desenhos e representações de imagens tridimensionais para os dados e informações deles mesmos”. (EASTMAN, TEICHOLZ, et al., 2008, p. 12)

Dados e informações constituem a base dos sistemas BIM. Para entendê-lo é necessário compreender o modelo único digital da edificação, é mais que uma representação em três dimensões. Nos sistemas BIM o objeto é um somatório de componentes que podem ser descritos pelos seus atributos e comportamentos, resultando assim no tipo de informação que se poderá extrair do modelo. (FLORIO, 2007, p. 10)

Os sistemas BIM permitem a construção de um modelo virtual do edifício fidedigno antes de sua construção. A partir desta premissa os sistemas BIM prometem evolucionar a construção civil. A criação do modelo tridimensional que reúne todas as disciplinas de projeto de um edifício e seus complementares, permite que seja possível desde o início da sua implementação a detecção antecipada de incompatibilidades.

“A tecnologia de modelagem tridimensional no BIM é associada a um conjunto de processos para a produção, a comunicação e análise de modelos de edificações (...)

*Os **componentes do edifício** são representados através de representações digitais inteligentes. “Os objetos “sabem” o que são, e podem ser associados com computação gráfica e atribuição de dados dos componentes, e regras paramétricas”.*

*Os **componentes incluem dados** que descrevem como eles se comportam, conforme necessário para análises e processos de trabalho, por exemplo, visualização, especificação, e análise de energia” (EASTMAN, TEICHOLZ, et al., 2008, p. 13).*

A forma da projeção nos sistemas BIM é diferenciada porque ao incluir um componente do edifício ele não é somente uma representação visual do que ele aparenta ser. Na verdade, ao inserir informações no modelo, as mesmas são inseridas no banco de dados do modelo. Assim é possível extrair informações do modelo a qualquer momento para enviá-las a outro software ou apenas extrair os dados para elaboração do quantitativo.

Os sistemas *Building Information Modeling* BIM constituem mais do que um modelo para a visualização do espaço projetado. Produzem modelos digitais compostos por banco de dados que permitem agregar informações para diversas finalidades, além de um aumento de produtividade e racionalização do processo. Esses sistemas são atualmente comumente conhecidos como Modelagem da Informação da Construção ou Modelo paramétrico da Construção Virtual. (SUERMANN, 2009, p. 86)

Esta é uma das vantagens central da utilização do modelo único do BIM, pois substitui as fases estanques de projeção atual do projeto assistido por computador bidimensional da edificação. A Figura 12, abaixo, tenta ilustrar este conceito de modelo único do BIM, pois a partir dele é possível extrair as informações necessárias para uma dada finalidade, representação ou quantitativos.

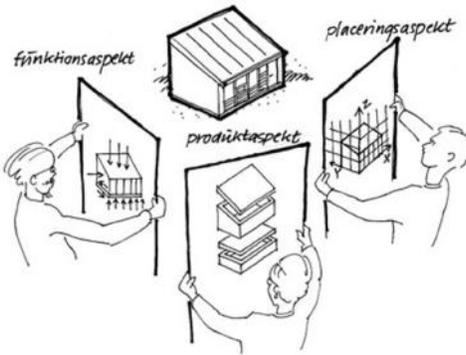


Figura 12 Os diferentes aspectos através de cada vista do modelo
Fonte: <http://www.detdigitalebyggeri.dk/content/view/169/494/1/6>

De acordo com a Figura 12 a ideia do modelo único, no BIM, também possibilita a automação da representação. Uma vez que ao modificar uma vista do modelo tridimensional, automaticamente todas as demais serão reajustadas. Desta forma diminuirá a ocorrência de inconsistências por falta de compatibilização entre os desenhos bidimensionais. Ressalte-se ainda que estes equívocos ocasionam atrasos e desperdícios na construção da edificação.

A definição de dados e atributos é a forma de se pensar em projetar nos sistemas BIM. O arquiteto ao modelar nos sistemas BIM deve ter sempre em mente que as informações inseridas no software serão geridas para várias finalidades fim. Estas serão usadas para a visualização dos componentes na área de trabalho, ou para o entendimento da espacialidade tridimensional ou para a extração de dados, etc.

Outra característica marcante nestes sistemas seria a consistência dos dados. Isto significa que se ocorrerem mudanças nos dados dos componentes, então as mesmas serão representadas em todas as vistas do modelo espacial e nas vistas bidimensionais extraídas deste mesmo modelo, uma vez que a informação é coordenada e simultânea. Ao mudar a planta baixa, suas fachadas e cortes também serão ajustados instantaneamente.

A redução de desperdício de materiais e tempo se materializa devido a não existência de fases estanques no processo de projeto, utilizado pelos sistemas BIM

que trabalham com uma única representação para todo o processo. Neste são antecipadas uma série de informações que geralmente são inseridas mais tarde na prática manual ou com a utilização de sistemas CAD não BIM. Deve-se ressaltar ainda, a concepção arquitetônica do modelo virtual único dos sistemas BIM, que é utilizada em todo o processo de projeção de forma contínua.

Devido ao advento dos sistemas BIM esta concepção bidimensional de fase de projeto tende a se extinguir. Isto ocorre porque se trabalha com um modelo único, e que é o mesmo durante o processo de projeto. A Figura 13, abaixo, representa o conceito de modelo único que compreende todas as fases do projeto, contendo informações específicas de arquitetura, engenharia e complementares que podem ser extraídas a qualquer momento, e por isto o processo de desenvolvimento do projeto pode ser contínuo.

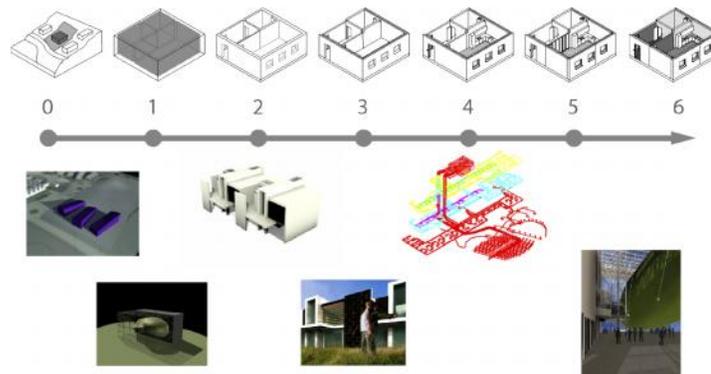


Figura 13 Os níveis de informação do projeto
Fonte: <http://www.detdigitalebyggeri.dk/content/view/82/345/1/>

Portanto, com o uso dos sistemas BIM não é necessário definir os ambientes pela planta baixa e depois a localização de janelas e portas, o projeto é definido tridimensionalmente, holisticamente.

Outro conceito importante nos sistemas BIM é o de escalabilidade, ou seja, todas as informações necessárias a execução do projeto estão sempre presentes no modelo único. No entanto, os sistemas proporcionam diferentes níveis de

detalhamento na visualização do modelo dependendo das necessidades momentâneas do arquiteto, cliente e construtor. Por exemplo, o modelo mostrará as esquadrias de forma simplificada se visualizado em escala 1:100. Por outro lado, mostrará todos os detalhes dos caixilhos das esquadrias se visualizado em escala 1:50. Em ambos os casos todas essas informações estavam presentes na base de dados.

3.2.3. CONCEITO DA TECNOLOGIA BIM POR MOTERSON

“BIM tem sua origem no Projeto Assistido por Computador (computer-aided design) apesar das pesquisas realizadas há décadas contudo ainda não há uma simples definição extensamente aceita. Nós da Moterson Company pensamos que o BIM é “ uma simulação inteligente de arquitetura”, (EASTMAN, TEICHOLZ, et al., 2008, p. 13).

Segundo Moterson os conceitos de sistemas tridimensionais paramétricos específicos, BIM, tem o sentido de permitir alcançar um resultado integrado, e deve exibir seis características chaves:

Digital; Espacial (3D); **Mensurável** (quantificável, dimensionável e capaz de fornecer dados detalhados do projeto à medida em que são solicitados, **Detalhado** (especificações e a intenção de projeto de comunicação, desempenho de construção, executável, e incluem aspectos sequenciais e financeiros de significados e de métodos. **Acessível** (para todo o corpo de Arquiteto/engenheiros/construtores (AEC), proprietários através da interoperabilidade e interface intuitiva (o modelo BIM prevê que haja interoperabilidade entre os cálculos estruturais, análise ambiental, orçamento, etc.) **Durável** (usável durante todas as fases do ciclo de vida da edificação).

O que nos permite entender que o BIM é definido como a criação , coordenação e controle do uso das informações computáveis durante a projeção da edificação. Nos sistemas BIM as informações são utilizadas para a tomada de decisão, produção de plantas técnicas específicas, de documentação para a

elaboração da estimativa de custo precisa e também para o planejamento da construção da edificação, que nos permite atingir um resultado integrado. Dessa forma, o modelo único passa a ser a fonte primordial de toda a informação construtiva referente ao projeto.

3.3. BIM COMO BANCO DE DADOS

A base do sistema BIM é o banco de dados que, além de exibir a geometria dos componentes construtivos em três dimensões, armazena seus atributos, comportamentos e inter-relações e, portanto, transmite muito mais informações para a construção do que os sistemas CAD tradicionais genéricos.

Os sistemas BIM adotam modelos paramétricos dos elementos construtivos de uma edificação e permitem o desenvolvimento de alterações dinâmicas no modelo gráfico, que refletem em todas as pranchas de desenhos associadas, bem como nas tabelas de orçamento e especificações.

“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 de que nos modelos CAD tradicionais. Além disso, como os elementos são paramétricos, é possível alterá-los e obter atualizações instantâneas em todo o projeto. Esse processo estimula a experimentação, diminui conflitos entre os elementos construtivos, facilita revisões e aumenta a produtividade”. (FLÓRIO, 2005)

De acordo com Flório a ideia de banco de dados nos sistemas BIM é o que realmente os definem. Desse modo, o modelo único tridimensional não representa apenas a sua geometria, vai além são informações necessárias que definem os atributos, comportamentos e inter-relações dos seus elementos arquitetônicos.

Ainda segundo Flório os processos paramétricos se caracterizam pelo seu potencial de proporcionar muitas respostas para uma determinada questão projetual. Dessa forma, ao arquiteto fica permitido, através do uso de um sistema

de banco de dados, gerar e visualizar diversas variações volumétricas do mesmo projeto.

O banco de dado não apenas proporciona a forma geométrica dos elementos, como também é uma maneira muito mais eficiente de armazenar e recuperar os dados ao definir por hierarquia como uma estrutura de informação de dados será usada. No sentido de acessar os dados e modificá-los é necessário que o banco de dados possua um conjunto de métodos para controlar quantidades consideráveis de informação.

Após a introdução da estrutura do banco de dados para armazenar e recuperar informações, grande parte das instruções para interpretação das mesmas passou a residir no modelo de dados (seu esquema de organização) e não mais nos programas que iriam acessá-los. Essa liberdade era essencial para o desenvolvimento de estruturas genéricas capazes de armazenar vários tipos de produtos, ou várias instâncias de um tipo de produto, mantendo o significado da informação e permitindo o acesso por meio de diferentes aplicações durante as fases de desenvolvimento do produto. O potencial da aplicação de bancos de dados na atividade de projeto, cuja natureza implica justamente na transmissão de informações entre aplicações e diferentes disciplinas ainda não tem sido completamente explorado. (EASTMAN e KUTAY, 1989, p. 336)

Como as potencialidades do banco de dados ainda estão sendo exploradas, novas possibilidades emergem, a experimentação permite vários aprendizados. Desse modo ele desempenha um importante papel no desenvolvimento de novas tecnologias resultantes do processo de geração de soluções arquitetônicas.

3.4. BIM COMO FERRAMENTA DE GESTÃO DOS QUANTITATIVOS

Em 2004, o National Institute of Standards and Technology (NIST) publicou um relatório indicando que por motivos de inconsistências e gestão de dados isso

custa à indústria da construção civil aproximadamente \$15.8 bilhões de dólares em um o ano, ou a aproximadamente 3-4% da indústria total (NIST 2004).

Desde este relatório, muitos elegeram o Building Information Modeling(BIM), como a ferramenta tecnológica de gestão da informação, capaz de resolver este problema. (*National BIM Standard,2007*)

A gestão de informação dos sistemas BIM é a premissa básica de colaboração em diferentes etapas do ciclo de projeto, o que facilita introduzi, extrair e atualizar a informação no modelo único do BIM

Por ser um sistema de banco de dados o uso do sistema BIM beneficia a eficiência e diminui os custos da construção. Porque se descobre as inconsistências, omissões, obstáculos potenciais da construção e seus impactos no início da fase de projeção e ainda aperfeiçoa as opções automáticas dos extrativos de informação dos quantitativos e a sua programação

Os processos de modelagem do sistema BIM por ser um repositório de informação permite que a extração da informação seja coordenada com o modelo único. Com isso, a informação extraída sempre estará atual e consistente, portanto diminui os erros de extração de quantitativos e o tempo necessário para a extração da informação. (Brucker et al, p.126).

Um projeto que se utilizada dos sistemas assimila uma ordem de mudança dos quantitativos.

Um projeto feito com BIM reduz consideravelmente o custo típico de um projeto e também reduz significamente os custos de construção por extrair com precisão os quantitativos direto do modelo. Em grandes projetos de dólar, isto poderia facilmente adicionar milhões dos dólares de economia para construção. (TAKASH, 2007, p. 21)

Com tudo isso fica o entendimento que os sistemas BM vieram para solucionar alguns aspectos da construção que por muitos anos pareciam estar estagnados.

Desse modo, a partir do uso do BIM um pragmático, estratégico sistema de informações por quantitativo está promovendo uma cultura da excelência da construção que se esforça para a melhoria contínua. (SUERMANN, 2009, p. 90)

Por motivos da facilidade em extrair informações consistentes do modelo único, agora os sistemas BIM demonstram que os quantitativos de projeto, que sempre antes foram tratados como uma tarefa extenuante que pode ser extraídos dentro de minutos

3.5. SOFTWARES COM A TECNOLOGIA BIM

Há diversos sistemas BIM, atualmente, no mercado. Cada sistema BIM tem a sua peculiaridade. O que os definem basicamente são características específicas tais como: termos de sua herança, a família dos produtos que faz parte, se usa um único arquivo ou múltiplos por projeto, a sustentação para o uso simultâneo, a variedade da biblioteca do sistema, o preço geral, o potencial de escalonar a edificação, a facilidade de extrair os desenhos técnicos, a geração de seções 2D, os tipos de objetos e atributos derivados, e a facilidade de utilização. (EASTMAN, PAUL, *et al.*, 2008, p. 57)

Os sistemas mais conhecidos no mercado são: o **Revit Architecture** ,da AutoDesk ; o **ArchiCad** da Graphisoft; o **Bentley Architecture**, da Bentley; o **Digital Project**, da Gehry Technologies; o **Tekla Structures**, da Tekla Corp; o **DProfiler**, da Beck Technologies. A seguir para o propósito de nosso estudo apresentaremos detalhadamente apenas dois sistemas mais usais no mercado brasileiro, o **Revit**, da AutoDesk e o **ArchiCad** da Graphisoft. (EASTMAN, PAUL, *et al.*, 2008, p. 57).

Revit Architecture –é considerado o líder de mercado e talvez a melhor ferramenta atualmente para o uso do BIM no processo de projeto arquitetônico. A família Revit contém produtos integrados, para o ciclo de vida do projeto, Revit Architecture, Revit Structure, and Revit MEP.

- **Pontos fortes:** a facilidade de aprendizado e sua funcionalidade é organizada de maneira que a interface se torna amigável ao usuário, possui uma grande variedade de objetos paramétricos na biblioteca, disponibilizada pelas empresas do mercado construtivo, permite a geração e a gerência da informação baseadas em atualizações dos desenho e das vistas do modelo, possui atualização automática de documentação e suporta operações simultâneas de mais de um usuário.
- **Pontos fracos:** a grande disponibilidade de memória que requer do computador, com perdas significativas de desempenho para grandes projetos maiores que 220 megabytes, tem limitações em relação às regras paramétricas baseadas em ângulos, também não oferece suporte para superfícies curvas complexas que limita a sua habilidade de gerar projetos com curvas complexas.

ArchiCad – é o mais antigo sistema BIM disponível no mercado. A Graphisoft começou comercialização deste sistema no início dos anos oitenta. O ArchiCad interopera o seu sistema com diversas interfaces diretas de outros software como o Maxon, para modelar superfícies curvas e animação. (EASTMAN, PAUL, *et al.*, 2008, p. 59)

- **Pontos fortes:** possui uma interface intuitiva o seu uso é relativamente fácil o que facilita o seu aprendizado. A biblioteca é diversa, e há muitos outros pacotes que interoperam com este sistema. Há uma série rica de aplicações de apoio na gerência da compatibilização e construção do ciclo de vida da edificação.
- **Pontos Fracos:** Tem alguma limitação nas capacidades modeladoras paramétricas, pois não suporta regras de atualizações entre objetos na montagem ou aplicação automática de operações booleanas entre objetos. O ArchiCAD por ser um sistema baseado no uso da memória do computador, ele encontra problemas de escalonamento de

grandes projetos, no entanto há um modo mais eficaz de controlar grandes projetos, é dividi-lo em módulos a fim controlá-los.

No sentido de verificar a nossa hipótese proposta nesta dissertação, o Revit Architecture foi o escolhido devido aos recursos de gerenciamento da informação por família de componentes, ainda por motivos de fácil extração dos quantitativos do modelo único e além da sua interface ser mais amigável. E como recorte na nossa pesquisa, por motivos que o sistema Revit Architecture ser desenvolvido para modelar a informação das estruturas de concreto e a arquitetura, estes elementos serão a base para a nossa hipótese de comparação entre os dois modelos, manual e automático, para a extração dos quantitativos .

3.6. PRECEDENTES DE CONSTRUÇÃO COM O USO DO BIM

Esta parte da Dissertação apresenta a experiência da aplicação do sistema BIM e a suas potencialidades. Permite entender de modo claro que este sistema será usado por todos aqueles que almejam a redução de custos e tempo na sua edificação em um curto espaço de tempo.

A seguir apresentaremos como o sistema BIM foi usado durante todas as fases do projeto e construção. Tendo como participante, a fábrica da General Motors em Flint Michigan, Estados Unidos. O projeto de ampliação da fábrica em Flint começou a ser discutido em 2005, mas apenas em 2006 sua construção teve início. Demonstraremos um conjunto diverso dos benefícios na implementação do sistema BIM nos processos de projeto e construção. (EASTMAN, PAUL, *et al.*, 2008, p. 319)

Na Figura 14 é possível entender como se deu a ampliação da fábrica da GM em Michigan, um anexo ao pavilhão original da fábrica, onde se pode ver com a seta.



Figura 14 Ampliação da fábrica da GM em Flint, Michigan.

Fonte: <http://www.google.com/imgres?q=General+Motors+Flint+Michigan&um=1&hl=es&start=0&ndsp=32&ved=1t:429,r:14,s:0&tx=68&ty=77>

A GM ao optar pelo modelo Projetar-Construir reduziu o tempo de projeto e o custo da construção ao adiar os projetos de construção até o último minuto, resultando em uma construção eficiente e pautada no uso integrado do sistema BIM. (EASTMAN, PAUL, *et al.*, 2008, p. 324-325).

A ampliação da referida fábrica tinha que ser projetada e construída dentro de uma programação acelerada de apenas 40 semanas, tempo muito curto levando em consideração que um projeto convencional do modelo Projetar-Licitar-Construir (DBB) tomaria 80 semanas ou mais, e o modelo Licitar-Projetar comum (DB) teria aproximadamente de 60 semanas.

Contudo a construção da ampliação daquela fábrica da da GM foi executada em apenas 35 semanas. O sucesso só pôde ser alcançado por motivos de

compressão do tempo no caminho crítico¹⁴. Cada etapa era desenvolvida quando as suas inter-relações eram necessárias ser resolvidas, uma visão global da obra. Todas as atividades ocorreram simultaneamente projeto, engenharia e atividades da manufatura.

“O sucesso dessa abordagem ficou claro considerando que o projeto foi concluído dentro de trinta e cinco semanas, uma economia de 12,5% de tempo em relação um cronograma bastante rigoroso (de 40 semanas). Seria necessário reduzir a linha de tempo do cronograma crítico essencial. Isso só poderia ser feito desenvolvendo as atividades de projeto, engenharia e construção em paralelo.” (EASTMAN, PAUL, *et al.*, 2008, p. 326)

Deve-se observar que os ganhos de tempo foram superiores a 50% em relação ao método tradicional de fases sequenciais Projeto-Licitação-Construção e de 12,5% em comparação com o Projeto-Construção. Os ganhos sobre este último ainda foi devido a execução em paralelo das tarefas de projeto, engenharia e construção.

Segundo a Figura 15, abaixo, são altamente consideráveis as economias de tempo oferecidas pelo novo método usado de Projeto-Construção, tendo por base os sistemas BIM e o envio direto dos modelos de objetos para os fabricantes digitais, ao invés do fragmentário Projeto-Licitação-Construção geralmente usado. (EASTMAN *et al.*, 2008, 327.)

14 o Método do Caminho Crítico, conhecido por CPM (*critical-path method*), pode ser usado na determinação do tempo das relações de precedência entre várias atividades. Quando é conhecido o tempo de duração de cada uma das atividades, Fonte: <http://www.lem.ep.usp.br/Pef411/Alvaro%20Collao.htm>

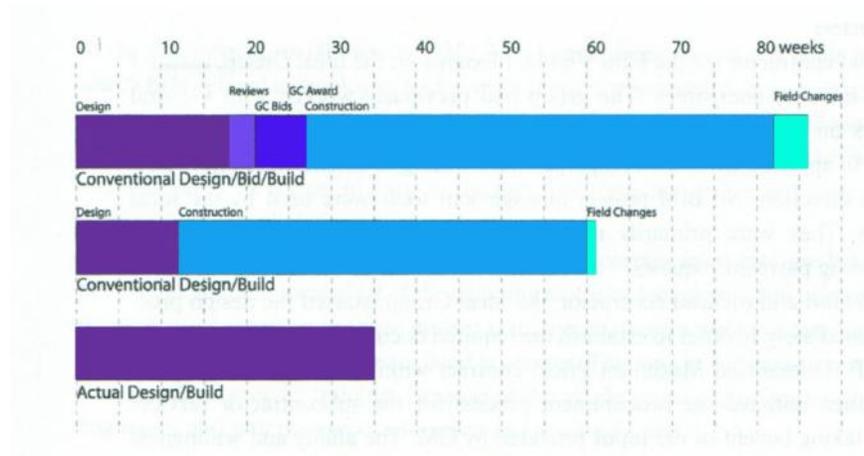


Figura 15 Os modelos para construção da ampliação de Flint
 Fonte: (EASTMAN, PAUL, *et al.*, 2008, p. 327)

Esses ganhos apresentados na figura acima são decorrentes da substituição do usual fluxo de papel bidimensional e sequencial dos sistemas CAD pelas informações digitais por meio do modelo único. O autor informou que não apenas foram removidos as etapas estanques e sequenciais como também eliminou o tempo e recursos gastos com plantas baixas, impressão das mesmas e tempo de entrega de materiais “just in time”. O método usado permitiu também a realização de considerável quantidade de trabalho em paralelo. A base do trabalho colaborativo e em paralelo foi o uso do modelo único dos sistemas BIM, que apresentou também outras economias de tempo e recursos materiais tais como identificação no projeto de possíveis colisões e inconsistências, além do uso de fabricação digital.

4. MÉTODO DE INVESTIGAÇÃO DO ESTUDO DE CASO

Neste capítulo apresentaremos o método de investigação e os critérios adotados para verificar se a hipótese apresentada é promissora do ponto de vista científico. Descreveremos o conjunto de procedimentos para verificar a hipótese e viabilizar sua replicabilidade futura para outros pesquisadores.

O método de investigação escolhido nesta pesquisa é o comparativo. A comparação entre os quantitativos de uma mesma obra que provieram de processos distintos para a sua elaboração será a validação da hipótese. A primeira extração de quantitativos foi elaborada manualmente baseada nos sistemas CAD bidimensionais, enquanto a segunda foi extraída automaticamente no sistema BIM Revit. Destacamos que o estudo desta dissertação se baseia em um mesmo objeto: a referida obra inacabada de Planaltina. (de acordo com Figura 5 na página 20)

4.1. PROCEDIMENTOS

A escolha da obra inacabada da Biblioteca e Auditório de Planaltina como estudo de caso levou em consideração o seu programa de necessidades, usual de conhecimento dos arquitetos, também por ser uma arquitetura simples e possuir um método construtivo que contém materiais largamente conhecidos para facilitar a sua replicabilidade posteriormente.

Como o método de investigação é o comparativo, então precisávamos ter como base o modelo tridimensional no sistema BIM para extrair os quantitativos automáticos para posterior comparação com os quantitativos originais licitados. Desta forma, o primeiro procedimento a ser adotado foi buscar as informações necessárias para a modelagem no sistema BIM Revit que teve como base os

desenhos originais do projeto tais como: planta-baixa, cortes e elevações do auditório e biblioteca de Planaltina (como vemos na Figura 16 a Figura 18)

Os desenhos originais, as plantas de projeto foram representadas no software Auto CAD que neste estudo foi utilizado apenas para a visualização e extração das informações.

Por meio da planta-baixa apresentada na Figura 16 foi possível fazer a extração de informações referentes a geometria e posição dos elementos construtivos. As medidas gerais de cotas externas de comprimento e largura de toda a edificação, porém apenas estas informações não foram precisas e suficientes para modelar a edificação. Portanto, foi necessária a visualização de outra representação tal como: os cortes para extrair as informações relativas às alturas.

Por meio do corte apresentado na Figura 17 a informação referente às alturas dos elementos construtivos só foi possível através desta representação. O mesmo se aplica ao entendimento da inclinação do piso do Auditório, das lajes de cobertura e alturas de balcão.

Por meio da fachada mostrada Figura 18 obtivemos a informação referente às especificações de materiais. No entanto, nem todas as especificações foram possíveis de ser entendidas. Neste sentido usamos a planilha-orçamentária para definir especificações de materiais que não estavam presentes nas referidas representações. (esta se encontra na seção Anexo).

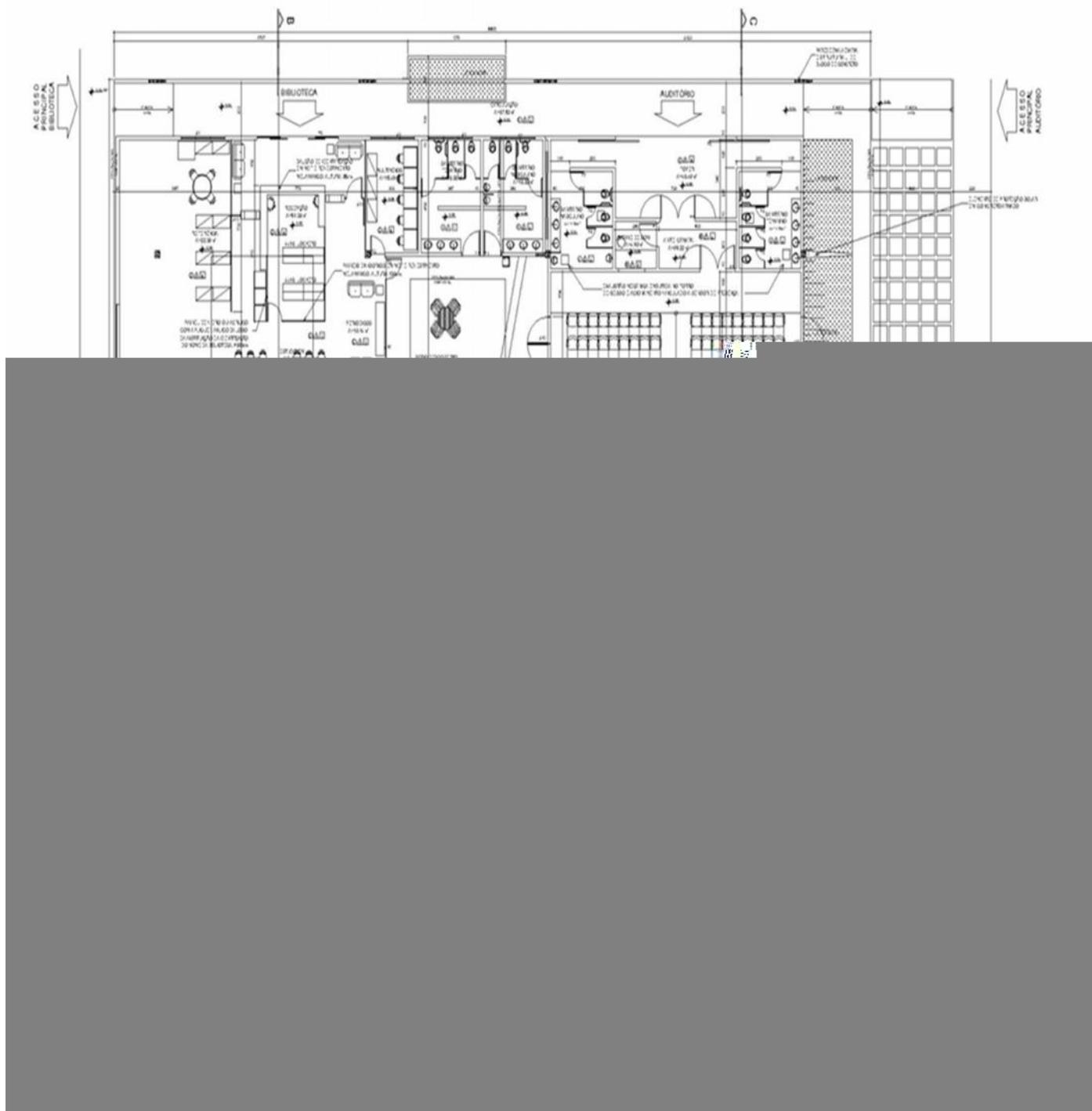


Figura 16 Planta-baixa original do Auditório e Biblioteca de Planaltina realizada no software AutoCAD
Fonte. Prancha de projeto elaborado pelo arquiteto Vinícius Carrião

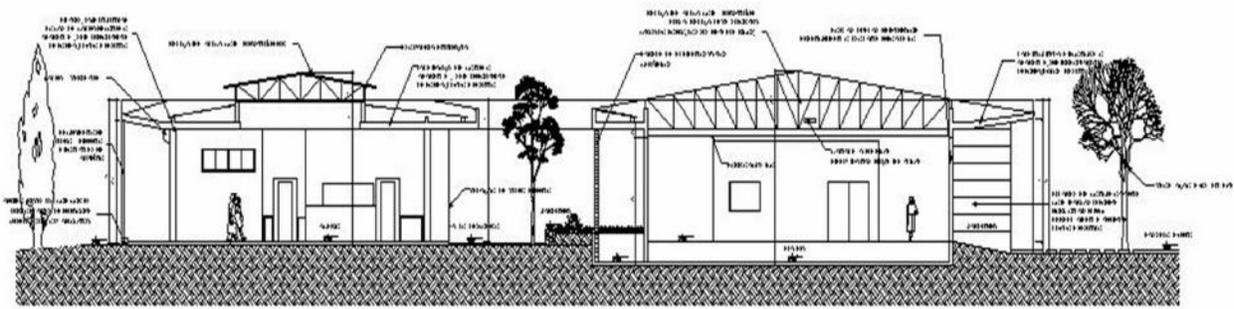


Figura 17 Corte da prancha original do projeto realizado no software AutoCAD
 Fonte. Prancha de projeto elaborado pelo arquiteto Vinicius Carrião

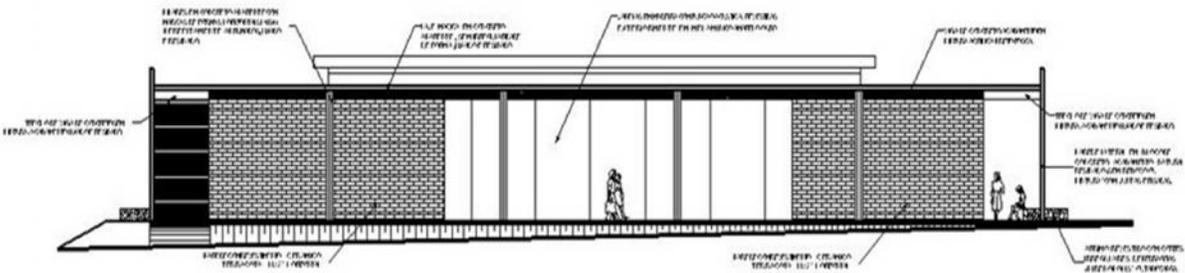


Figura 18 Elevação da prancha original do projeto realizado no software AutoCAD
 Fonte. Prancha de projeto elaborado pelo arquiteto Vinicius Carrião

A partir do momento que obtivemos as informações necessárias para a modelagem do Auditório e Biblioteca, abrimos o software Revit para a concepção do modelo. Neste sentido executamos algumas tarefas lógicas que serão apresentadas a seguir na Tabela 2 e as quais serão posteriormente explicadas detalhadamente:

Tabela 2 Conjunto de procedimentos para comprovar a hipótese
Fonte: Andrade (2012)



A figura acima ilustra as tarefas que foram executadas para modelagem da edificação e posterior extração dos quantitativos. O modelo pode ser visualizado na Figura 19, abaixo.

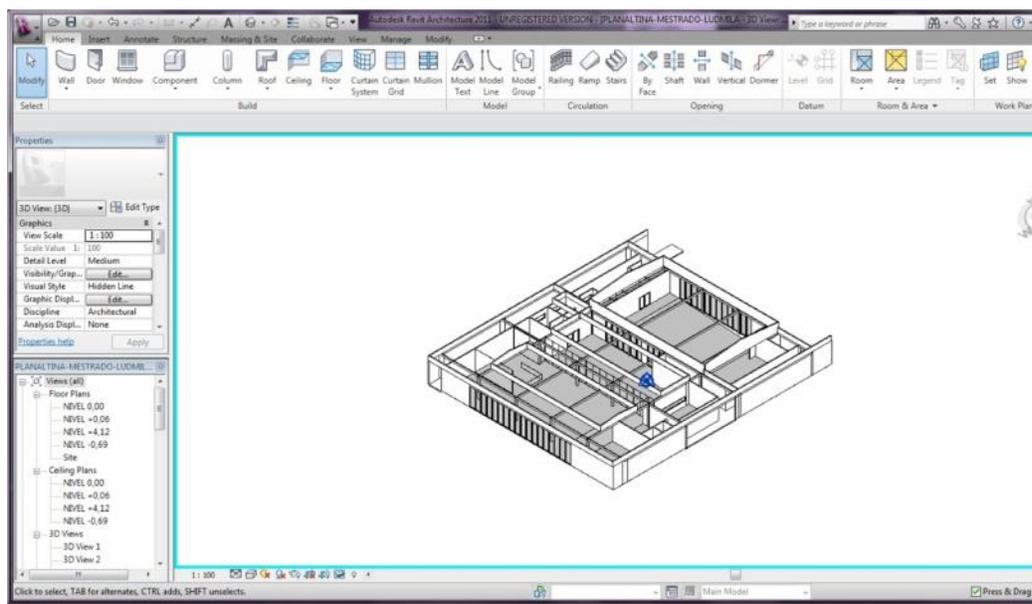


Figura 19 Modelagem do auditório e Biblioteca realizada no software Revit
Fonte: Andrade (2012).

A inserção do grid basicamente define os vários níveis de cota da edificação, tais como cota de piso, cota de laje e cota de telhado.

A inserção das paredes seguiu as dimensões, componentes e especificações pré-estabelecidas do projeto original. Então, como já havia elementos determinantes do projeto no Revit foi necessário apenas seguir algumas etapas antecessoras para definir o elemento e depois a inserção das paredes no modelo para definir o volume. Por exemplo, o objeto parede é um objeto com propriedades de paredes e age como uma. Isso quer dizer que este objeto é representado por dimensões, comprimento, largura e altura, como também possui atributos parametrizáveis como elementos que a constitui tijolo, materiais que a reveste e especificações.

Como se segue a Figura 20 fica de fácil entendimento observar como ocorreu esse processo.

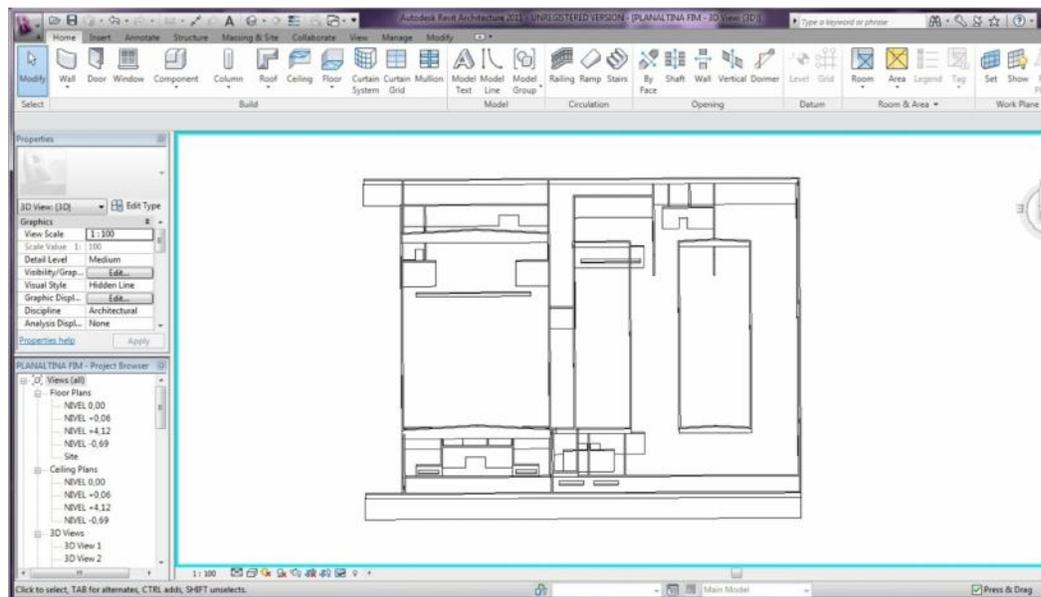


Figura 20 Modelagem da parede realizada no software Revit
Fonte: Andrade (2012)

O segundo procedimento foi à inserção dos elementos estruturais pilares e as vigas. A construção da família de pilar se deu com base no projeto básico e o sistema construtivo concreto havia sido definido pelo projeto estrutural original (como pode ser visto na Figura 21 a seguir).

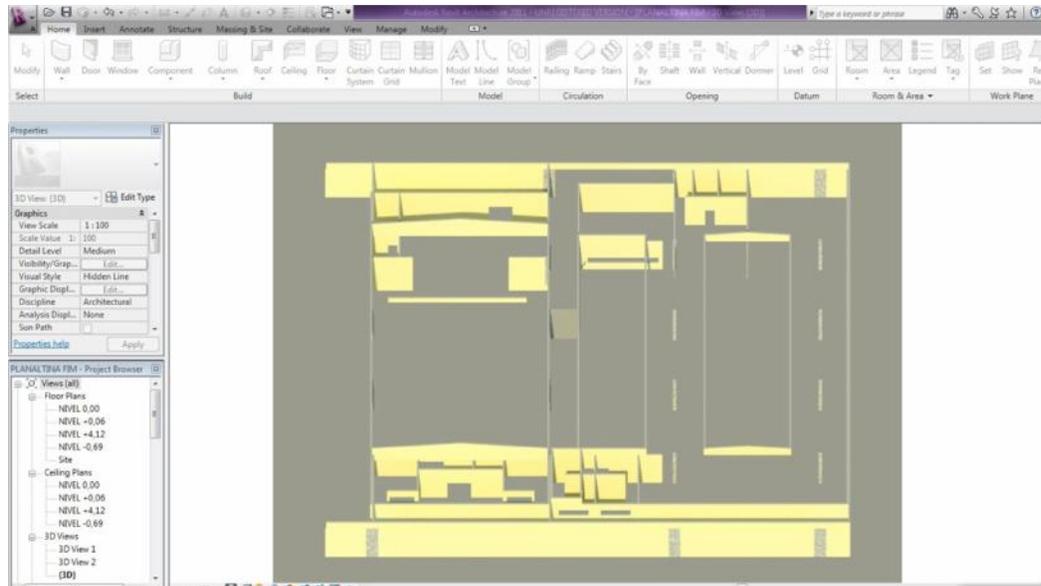


Figura 21 Inserção de componentes estruturais realizada no software Revit
Fonte: Andrade (2012)

Conforme apresentado na figura acima, ao colocar os pilares e vigas nas devidas posições as paredes automaticamente se coordenam, nada fica sobreposto.

O terceiro procedimento para a inserção das janelas e portas foi a criação das famílias de esquadrias para posterior inserção no modelo. O Revit permite a inserção automática de componentes como janelas e portas, pois não há a necessidade de inserir rasgos nas vedações para posterior inserção (como demonstra a Figura 22).

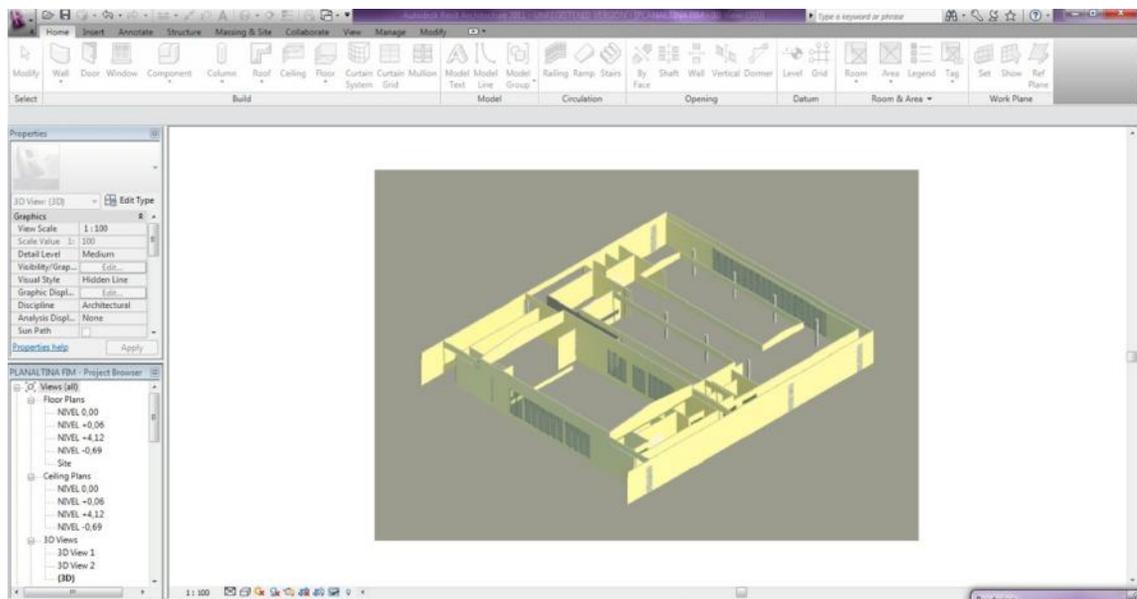


Figura 22 Inserção de elementos de esquadrias realizada no software Revit
Fonte: Andrade (2012)

Conforme mostra a figura acima já é possível entender que as janelas e as portas têm especificações de material. Podem ser vistas no modelo e testadas para simulação de sua correspondência com aquelas especificada no projeto original.

O procedimento de geração de quantitativos é automático. O modelo da edificação, uma vez finalizado fornece quantidades precisas para todos os materiais e objetos do projeto que podem ser usadas para fins de quantitativos e especificações. Para a extração das tabelas de quantitativos é necessário apenas saber que nível de detalhe se pretende. Neste estudo de caso optou-se por extrair todas as informações do modelo, materiais de todos os componentes, estruturas, telhados. (como se pode ver na Figura 23)

Type	Width	Material Name	Material Area	Material Volume	Count
Tijolo Furado	0,150	REBOCO	48,85 m²	0,733 m³	1
Tijolo Furado	0,150	REBOCO	49,05 m²	0,735 m³	1
Tijolo Furado	0,150	REBOCO	61,12 m²	0,917 m³	2
Tijolo Furado	0,150	REBOCO	64,03 m²	0,960 m³	1
Tijolo Furado	0,150	REBOCO	64,24 m²	0,964 m³	1
Tijolo Furado	0,150	REBOCO	64,28 m²	0,964 m³	1
Tijolo Furado	0,150	REBOCO	64,58 m²	0,969 m³	1
Tijolo Furado	0,150	REBOCO	68,50 m²	1,027 m³	1
Tijolo Furado	0,150	REBOCO	77,31 m²	1,160 m³	2
Tijolo Furado	0,150	REBOCO	110,90 m²	1,664 m³	1
Tijolo Furado	0,150	REBOCO	112,18 m²	1,683 m³	1
Tijolo Furado	0,150	REBOCO	117,74 m²	1,768 m³	1
Tijolo Furado	0,150	REBOCO	130,44 m²	1,957 m³	1
Tijolo Furado	0,150	REBOCO	151,80 m²	2,277 m³	1
Tijolo Furado	0,150	REBOCO	200,09 m²	4,278 m³	1
Tijolo Furado	0,150	REBOCO	200,09 m²	4,072 m³	1
Tijolo Furado	0,150	REBOCO	317,95 m²	4,769 m³	1
Tijolo Furado	0,150	REBOCO	357,28 m²	5,359 m³	1
Tijolo Furado	0,150	TUOLO 8 FURCOS	2,10 m²	0,259 m³	2
Tijolo Furado	0,150	TUOLO 8 FURCOS	4,31 m²	0,539 m³	1
Tijolo Furado	0,150	TUOLO 8 FURCOS	4,59 m²	0,581 m³	1
Tijolo Furado	0,150	TUOLO 8 FURCOS	4,80 m²	0,601 m³	1
Tijolo Furado	0,150	TUOLO 8 FURCOS	5,07 m²	0,700 m³	1
Tijolo Furado	0,150	TUOLO 8 FURCOS	6,01 m²	0,721 m³	1
Tijolo Furado	0,150	TUOLO 8 FURCOS	6,05 m²	0,725 m³	2
Tijolo Furado	0,150	TUOLO 8 FURCOS	6,22 m²	0,747 m³	1
Tijolo Furado	0,150	TUOLO 8 FURCOS	6,70 m²	0,804 m³	1
Tijolo Furado	0,150	TUOLO 8 FURCOS	6,96 m²	0,835 m³	1
Tijolo Furado	0,150	TUOLO 8 FURCOS	7,36 m²	0,884 m³	1
Tijolo Furado	0,150	TUOLO 8 FURCOS	7,55 m²	0,900 m³	2
Tijolo Furado	0,150	TUOLO 8 FURCOS	8,57 m²	1,029 m³	1
Tijolo Furado	0,150	TUOLO 8 FURCOS	9,10 m²	1,102 m³	1
Tijolo Furado	0,150	TUOLO 8 FURCOS	10,80 m²	1,330 m³	2
Tijolo Furado	0,150	TUOLO 8 FURCOS	15,63 m²	1,876 m³	1
Tijolo Furado	0,150	TUOLO 8 FURCOS	16,35 m²	1,962 m³	1
Tijolo Furado	0,150	TUOLO 8 FURCOS	17,28 m²	2,071 m³	1
Tijolo Furado	0,150	TUOLO 8 FURCOS	27,66 m²	3,414 m³	1

Figura 23 Extração Automática de quantitativos realizada no software Revit
 Fonte: Andrade (2012)

A análise dos benefícios do sistema BIM para a obtenção dos quantitativos neste sistema tridimensional automático com relação ao utilizado nas repartições públicas que é manual será realizada através das tabelas de quantitativos apresentadas pelo programa Revit e a sua posterior comparação com os quantitativos presentes nas planilhas-orçamentárias utilizadas para a licitação.

4.2. SOFTWARES E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

Os aplicativos utilizados para este estudo de incluíram o sistema AutoCAD 2010 e o sistema Revit Architecture 2010 todos da mesma família da Autodesk. O sistema AutoCAD foi utilizado apenas para possibilitar a visualização das informações bidimensionais. Em contra partida, o Revit Architecture foi utilizado para confecção, manipulação e simulação da remodelagem da obra no sistema BIM.

5. O ESTUDO DE CASO E OS RESULTADOS

A modelagem e o posicionamento dos elementos construtivos seguiram um processo bem definido e rápido, como já discutido no capítulo anterior. Como se pode ver na Figura 24 a Figura 27

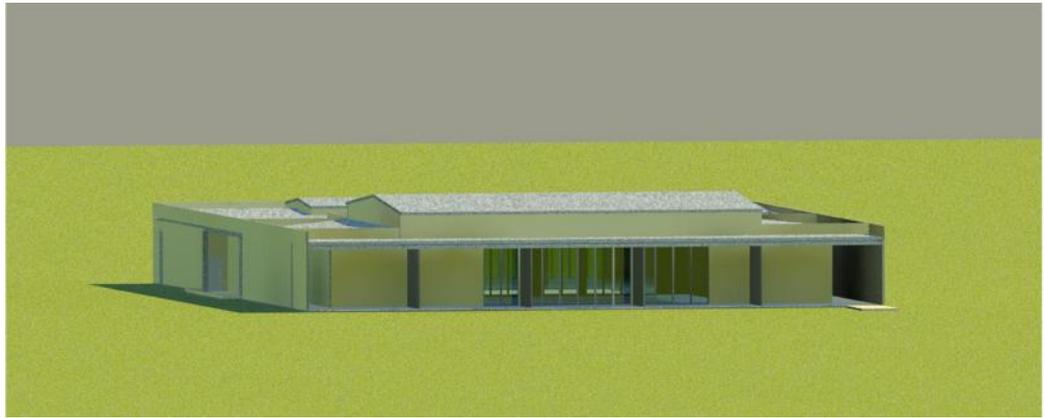


Figura 24 O modelo já inclui objetos e famílias dos componentes
Fonte: Andrade (2012)

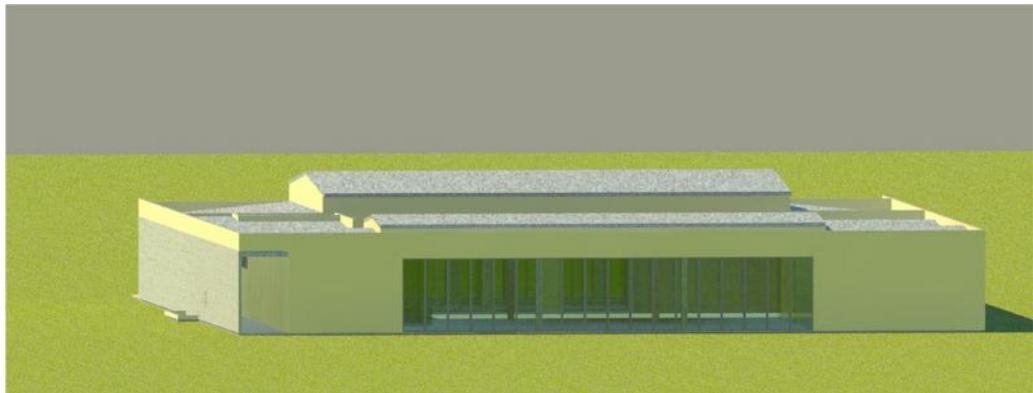


Figura 25 O modelo já inclui objetos e famílias dos componentes
Fonte: Andrade (2012)



Figura 26 Vista interna do pátio descoberto
Fonte: Andrade (2012)

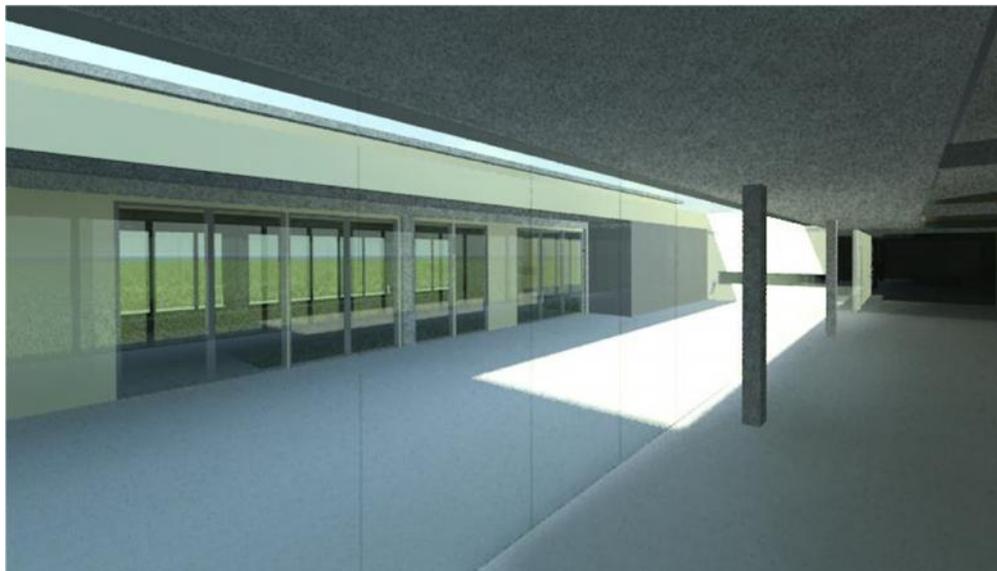


Figura 27 Vista interna da biblioteca para o auditório
Fonte: Andrade (2012)

Para ilustrar as camadas de informação que é a base do modelo único. Camadas de informação tridimensional que integram os componentes e espaços de uma edificação (como pode ser visto Figura 28)



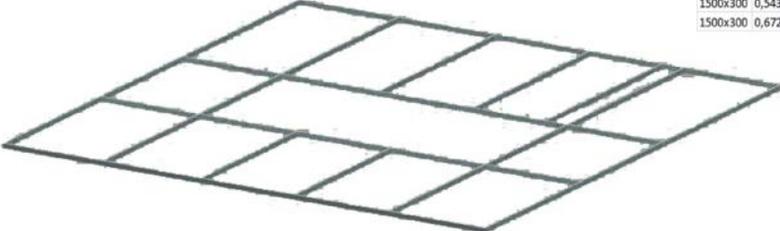
Figura 28 As camadas de informação do modelo
Fonte. Andrade (2012)

5.1. A INFORMAÇÃO GERADA

Os quantitativos extraídos neste software Revit são resultantes da forma de representação dos objetos adotada pelos sistemas BIM. São representados, não apenas pela geometria dos elementos construtivos, mas também a informam a respeito dos materiais utilizados nos componentes, permitindo assim a quantificação automática dos mesmos.

A modelagem da edificação do auditório e da biblioteca de Planaltina no software Revit permite a extração atualizada de qualquer informação do projeto e particularmente dos quantitativos de materiais.

As tabelas dos quantitativos gerada pelo software Revit são listas das quantidades de elementos e suas. Elas classificam objetos, incluindo famílias como paredes, pilar, vigas, quantidades, áreas e volumes. Como pode ser visto a partir da Figura 29 abaixo.



Multi-Category Material Takeoff				
Type	Material:	Vol	Material:	Ar: Material:
				Name
560X150	0,341 m³	5,93 m²	Concrete	Baldrame
1500x300	0,325 m³	33,03 m²	Concrete	Baldrame
1500x300	1,681 m³	33,71 m²	Concrete	Baldrame
1500x300	1,681 m³	33,71 m²	Concrete	Baldrame
1500x300	1,688 m³	33,84 m²	Concrete	Baldrame
1500x300	0,543 m³	10,96 m²	Concrete	Baldrame
1500x300	0,671 m³	13,50 m²	Concrete	Baldrame
1500x300	0,678 m³	33,17 m²	Concrete	Baldrame
1500x300	0,325 m³	33,03 m²	Concrete	Baldrame
1500x300	1,681 m³	33,71 m²	Concrete	Baldrame
1500x300	0,668 m³	13,54 m²	Concrete	Baldrame
1500x300	0,543 m³	10,96 m²	Concrete	Baldrame
1500x300	0,672 m³	13,52 m²	Concrete	Baldrame

Figura 29 Correlação entre o modelo e a tabela de quantitativo do baldrame pelo software Revit
Fonte: Andrade (2012)

Pode-se observar a partir da figura acima que a correlação entre a informação da geometria, seus atributos e componentes, com a extração dos quantitativos automáticos gerado pelo Revit torna a tarefa de quantizar mais eficaz e precisa por ser executada a partir do banco de dados do modelo.

Com relação aos revestimentos de piso a tabela traz duas informações dos atributos da geometria do componente. Há inclusão no componente de uma nova camada de atributos, isto é: acima do substrato concreto, laje de piso, há inclusão do “revestimento” pré-estabelecido (de acordo com Figura 30).

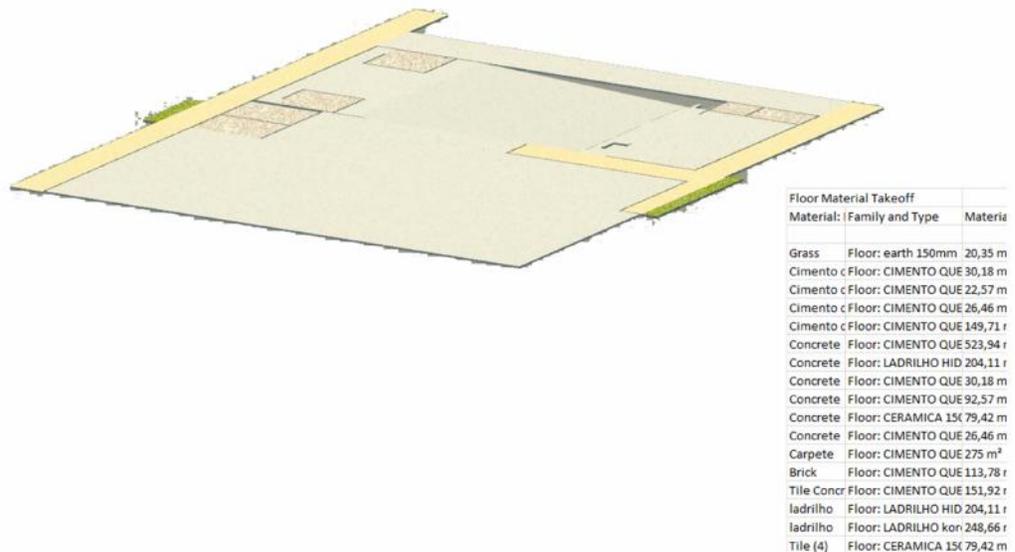


Figura 30 Correlação entre o modelo e a tabela dos quantitativos dos revestimentos de piso pelo software Revit
Fonte: Andrade (2012)

Através da tabela acima gerada pelo Revit os resultados dos revestimentos assim como do substrato facilita consideravelmente o trabalho de comparação com os resultados do trabalho manual, além de proporcionar maior exatidão.

Para melhorar o entendimento de como foi extraída a tabela dos quantitativos dos componentes estruturais, optou-se por unir todas as informações em uma mesma tabela os pilares, as vigas e a laje de cobertura.

A solução para esclarecer a tabela foi a quantização de item por item, ano, para permitir a visualização de precisão da informação que o software pode gerar (de acordo com a Figura 31).

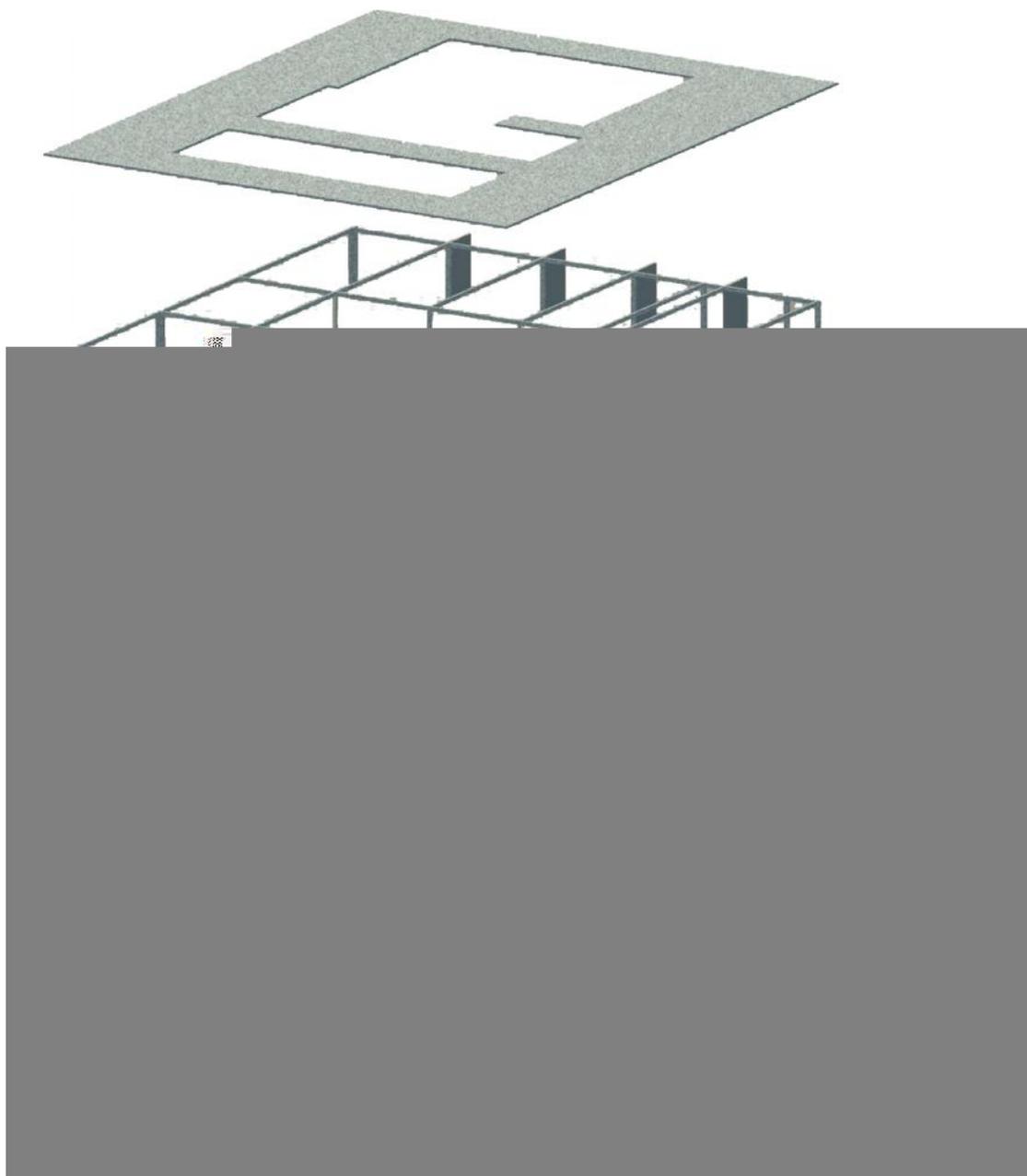


Figura 31 Correlação entre o modelo e a tabela dos quantitativos dos elementos estruturais
Fonte: Andrade (2012)

Assim como na Figura 31, a geração da informação de alvenarias se deu isolando os elementos de alvenaria para facilitar a visualização. Os rasgos na alvenaria representam as janelas ou portas que já tem os quantitativos baseados nesta informação (como se pode ver na Figura 32)

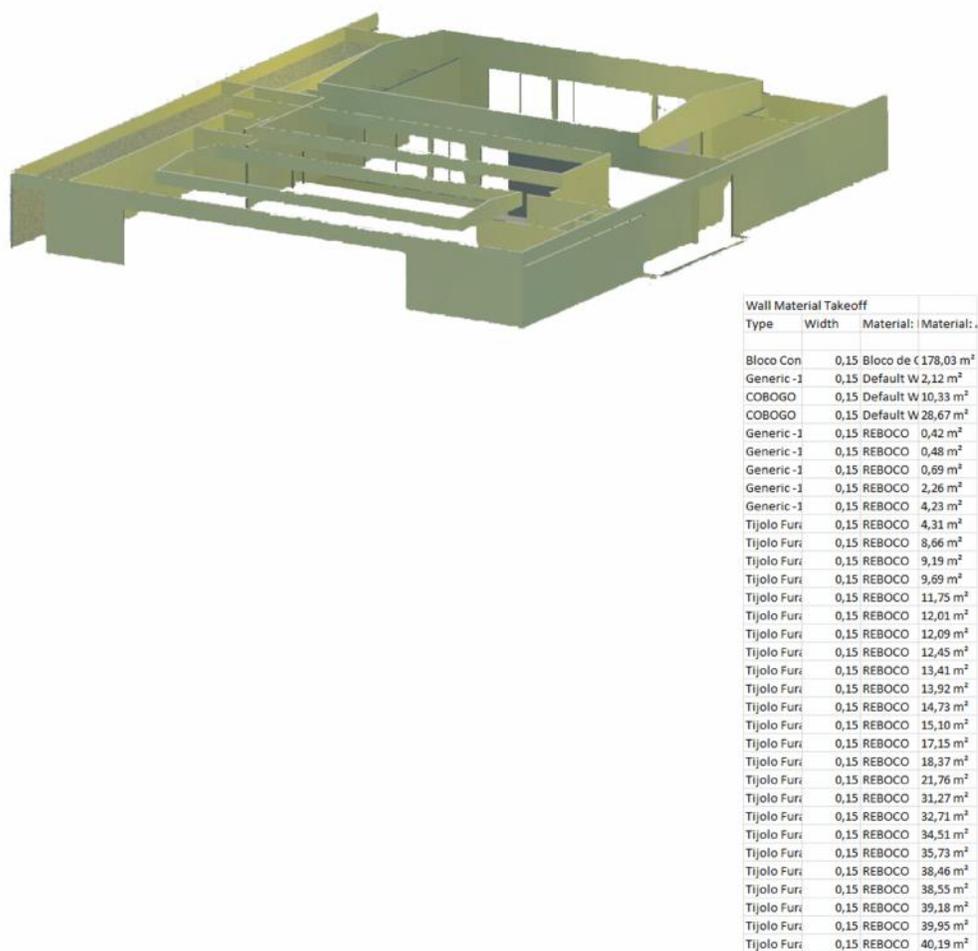


Figura 32 Correlação entre o modelo e a Tabela dos quantitativos de alvenaria pelo software Revit
 Fonte: Andrade (2012)

5.2. A COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS

Os quantitativos resultantes do nosso procedimento de investigação foram colocados lado a lado para facilitar a comparação entre os quantitativos originais da Planilha orçamentária, bem como aqueles que o sistema Revit extraiu, a coluna do BIM esta destacada com a cor azul para facilitar a visualização. (Como vemos na Tabela 3)

Tabela 3 Planilha de comparação das estruturas de concreto
Fonte: Andrade (2012)



INSTITUTO FEDERAL
BRASILIA

OBRA:	AUDITÓRIO E BIBLIOTECA DO CAMPUS DE PLANALTIMA
LOCAL:	CAMPUS DE PLANALTIMA
ÓRGÃO CONTRATANTE:	INSTITUTO FEDERAL DE BRASÍLIA

PLANILHA DE ORÇAMENTO

ITEM	SINAPI	DISCRIMINAÇÃO	UND.	QUANT ORIG.	QUANT BIM	% de Inc.
03.01.600		Impermeabilização				
03.01.602	72075	Pintura com emulsão betuminosa	m ²	316,68	302,61	4,65
03.01.700		Vigas Baldrame				
03.01.701	73394	Formas	m ²	316,38		

Nesta primeira tabela é possível observar a porcentagem de inconsistência entre o procedimento manual e os valores obtidos através do Revit, totalizando uma perda considerável para os cofres públicos. A maioria das estruturas de concreto foi superestimadas no sistema manual Houve algumas exceções, como a cobertura e painel do brise, com um percentual de diferença maior no sistema BIM em comparação ao seu cálculo manual.

Tabela 4 Análise dos elementos de arquitetura
Fonte: Andrade (2012)

ITEM	SINAP	DISCRIMINAÇÃO	UND.	QUANT ORIG.	QUANT BIM	% de Inc.
04.00.000		ARQUITETURA E ELEMENTOS DE URBANISMO				
04.01.000		Arquitetura				
04.01.100		Parades				
04.01.102	739 35/001	Alvenaria de tijolo cerâmico de 1/2 vez	m²	774,20	951,14	-18,60
04.01.105	739 98/001	Alvenaria de blocos de concreto estrutural	m²	258,00	178,03	44,92
04.01.113	98 75	Alvenaria de elementos vazados de concreto	m²	40,03	39,00	2,64
		Esquadrias				
04.01.201	CPU	Porta de abrir de madeira com revestimento melamínico branco e portais envidraçados de (0,90x2,10) mts	und	5,00	5,00	0,00
04.01.202	738 38	Porta de abrir de vidro temperado com bandeira (0,90x2,10+1,90) mts	m²	32,40	20,79	55,84
04.01.203	CPU	Porta de abrir de madeira com revestimento melamínico e veneziana de ventilação (1,00x2,10) mts	m²	2,10	2,10	0,00
04.01.204	CPU	Porta de abrir de madeira com revestimento melamínico e veneziana de ventilação (0,90x2,10) mts	m²	1,89	1,89	0,00
04.01.205	2629 2/017	Porta de correr de vidro temperado (4x12,00x2,50) cm com bandeira (2x4,00x7,5) cm de (4,70x4,00) mts	m²	18,80	18,80	0,00
04.01.206	740 71/002	Porta de abrir veneziana de alumínio natural fixada e md visória de granito com tranca livre locupado (0,80x1,60) mts	m²	5,12	5,12	0,00
04.01.207	740 71/003	Porta de abrir veneziana de alumínio natural fixada (0,60x1,60) mts	m²	8,64	8,64	0,00
04.01.208	736 32	Porta de correr a custica (porta-pq) com moarra antipânico e revestimento melamínico (estampada de madeira) e trilhos superior (2,00x2,10) mts	m²	4,20	4,20	0,00
04.01.209	CPU	Porta de correr e md ua s folhas (2x36 0x4 00) cm e m madeira com revestimento melamínico (estampada de madeira) e trilho superior (7,00x4,00) mts	und	28,80	28,80	0,00
04.01.210	740 71/002	Porta de abrir veneziana de alumínio natural com pintura esmalte grante brilhante	m²	1,68	1,68	0,00
04.01.211	262 92/017	Janela de correr de vidro temperado (2,50x0,75) mts	m²	7,50	3,75	100,00
04.01.212	262 92/017	Janela de correr de vidro temperado (1,80x0,75) mts	m²	1,00	2,70	-62,96
04.01.213	CPU	Janela de alumínio natural e vidro e seções horizontais com altura de 75 cm com 04 (quatro) seções (5,60x2,75) mts	m²	78,40	61,60	27,27
04.01.214	CPU	Janela de correr com painel de vidro temperado com lâmina vertical fixa com lâmina superior de correr h=75 cm em montante de alumínio (5,60x2,00) mts	m²	11,20	11,20	0,00
04.01.215	CPU	Janela de alumínio natural e vidro e seções horizontais com altura de 75 cm (5 seções sendo uma de correr) (2,70x3,75) mts	m²	42,150	101,25	20,00
04.01.216	262 92/009	Painel de vidro temperado com lâmina vertical fixa (6,35x4,00) mts	m²	25,40	25,40	0,00
04.01.217	262 92/010	Painel de vidro temperado com lâmina vertical fixa (5,20x4,00) mts	m²	20,80	20,20	2,97
04.01.218	262 92/011	Painel de vidro temperado com lâmina vertical fixa (1,40x4,00) mts	m²	5,60	1,60	250,00
04.01.219	262 92/012	Painel de vidro temperado com lâmina vertical fixa (5,40x4,00) mts	m²	21,60	21,60	0,00
04.01.220	262 92/013	Painel de vidro temperado com lâmina vertical fixa (5,00x4,00) mts	m²	20,20	20,20	0,00
04.01.221	262 92/014	Painel de vidro temperado com lâmina vertical fixa (5,30x4,00) mts	m²	21,40	20,20	5,94
04.01.222	262 92/015	Painel de vidro temperado com lâmina vertical fixa (4,90x4,00) mts	m²	19,60	19,40	1,03
04.01.223	262 92/016	Painel de vidro temperado com lâmina vertical fixa (7,50x4,00) mts	m²	30,00	28,00	7,14
04.01.224	262 92/017	Painel de vidro temperado com lâmina vertical fixa (0,53x4,00) mts	m²	2,12	2,12	0,00
04.01.225	CPU	Porta de (duas) folhas em painel de madeira a custica (2x1,30x3,70) cm e revestimento melamínico (2,30x3,70) mts	m²	68,31	68,31	0,00
04.01.226	262 92/017	Painel de vidro temperado com lâmina vertical fixa (4,32x4,00) mts	m²	1,00	1,00	0,00

De acordo com a Tabela 4 nota-se que houve uma grande diferença favorável aos resultados do sistema BIM entre os componentes construtivos da alvenaria. Contudo, apenas alguns desvios foram encontrados nas esquadrias.

Tabela 5 Análise comparativa da cobertura e revestimentos da obra
Fonte: Andrade (2012)

ITEM	SINAPI	DISCRIMINAÇÃO	UND.	QUANT ORIG.	QUANT BIM	% DE Inc
04.00.000		ARQUITETURA E ELEMENTOS DE URBANISMO				
04.01.400		Cobertura e Fechamento Lateral				
04.01.402	73633	Telhas de fibrocimento de 6mm incluindo junta de vedação e acesório de fixação	m²	749,26	533,45	28,80
04.01.410	GPU	Telhas composta termo acústica tipo PUR	m²	541,71	706,44	-30,41
04.01.417	73744.001	Cumeira em fibrocimento universal incluindo junta de vedação e acesório de fixação	m	14,64	14,64	0,00
04.01.417	GPU	Cumeira para telha acústica tipo PUR	m	46,30	46,30	0,00
04.01.500		Revestimento				
04.01.510		Revestimento de Piso				
04.01.511	72195	Lajota de concreto rustico (80x80) cm e espessura de 50mm com rejunte de 50mm preenchido com plantio de grama	m²	177,60	151,92	14,46
04.01.512	74108.001	Piso cerâmico (30x30) cm na cor bege	m²	69,16	79,42	-14,84
04.01.513	GPU	Piso de lajotas irregulares de Pedra Goiás (Pirenópolis) com rejunte de argamassa clara de 15mm de espessura	m²	113,78	113,78	0,00
04.01.520	72136	Piso monolítico industrial auto-nivelante	m²	513,40	347,52	32,31
04.01.523	708/Insu	Piso em carpete auto-trafego	m²	282,49	275,00	2,65
04.01.527	73629	Ladrilho cimentício (20x20) cm na cor cinza	m²	212,29	204,11	3,85
04.01.528	73907.001	Contrapiso e regularização da base de concreto simples com espessura de 8mm	m²	1.243,19	956,68	23,05
04.01.529	73808.001	Rodapé em madeira com altura de 10cm	m	338,87	248,66	26,62
04.01.530	73808.001	Plantio de grama no redor externo do auditório	m²	90,35	90,35	-0,01
04.01.530		Revestimento de Parede				
04.01.531	5974	Chapisco	m²	1.548,00	951,14	38,56
04.01.532	5983	Emboço	m²	294,40	184,40	37,36
04.01.533	74201.001	Reboco	m²	1.253,60	951,14	24,13
04.01.534	73912.001	Cerâmico (20x20) cm branco com altura de 2,00mts	m²	168,72	146,00	13,47
04.01.534	73907	Cerâmica (10x10) cm assentado na horizontal com rejunte	m²	70,80	50,75	28,32
04.01.542	212/Insu	Carpete de 3mm	m²	79,60	66,20	16,83
04.01.560		Pinturas				
04.01.561	74134.002	Massa corrida acrílica com duas demãos	m²	1.223,60	1.120,44	8,43
04.01.569	73954.001	Tinta acrílica do 03 demãos	m²	1.223,60	1.120,44	8,43
04.01.576	73966.002	Resina laje de concreto	m²	933,65	965,75	-3,44

Os valores a partir da Tabela 5 demonstram que os quantitativos dos revestimentos tanto de piso quanto de parede quando calculados manualmente resultaram em uma estimativa bem acima do que aqueles extraídos automaticamente pelo Revit.

Como os dados encontrados se referem as vezes a unidades, outras, em m², outras em m³ uma comparação total da informação seria rejeitada. Para facilitar o estudo uma tabela de frequência(como pode ser visto na Tabela 6) das porcentagens de inconsistências foi a medida mais correta para validar a hipótese. Além disso, como os dados encontrados são extremamente dispersos, a variância¹⁵ do estudo, rejeitou as diferenças significativas entre as dispersões.

Realizou-se o teste “T” de amostras pareadas¹⁶ como T crítico de 95% de confiança e um grau de liberdade de 65° para cada sistema de medidas. Este teste foi rejeitado também por motivos na distribuição dos dados, os desvios máximos e mínimos, desenharem uma curva anormal de distribuição.

O teste de Intervalo de Confiança “T” foi usado para a média de distribuição entre as diferenças dos resultados obtidos, baseados em um intervalo de confiança em nível 100(1-)% com um um alfa de 0,05 indicando um nível de confiança de 95%. O teste permitiu entender que o intervalo de confiança tem uma variância elevada o que resultou uma rejeição das médias.

Foi usado também a estatística de Achatamento que se define como um coeficiente de achatamento de Fisher (curtose). A distribuição encontrada de frequências resultou em uma distribuição menos achatada que o normal. O valor de curtose = 3 definiu um coeficiente de assimetria elevado pendendo para apenas um dos lados, as distribuições de frequência resultaram também na rejeição desta estatística por razões que o intervalo das frequências serem amplo e a ocorrência de amplitudes da frequência não proporcionais.

¹⁵ A variância S² é definida como a média das diferenças quadráticas de n valores em relação a sua media aritmética.

¹⁶ Testes para a diferença das médias pareadas – as amostras pareadas aparecem como distintas observações realizadas sobre os mesmos indivíduos.

Tabela 6 Tabela de frequência de percentagem dos dados obtidos
Fonte: Andrade (2012)



600,00

600,00

666,66

Página 12

Como pode ser inferido a partir da tabela acima a tabela de frequência se demonstrou sendo a única correta para entender os resultados obtidos.

A tabela 7 a seguir resume as ocorrências de itens que baseiam a hipótese. O sistema automático exato trará economia significativa aos cofres públicos.

Tabela 7 tabela de frequências das porcentagens de inconsistências
Fonte: Andrade (2012)

Número de frequências a favor do BIM	37
Número de frequências a favor do Auto Cad	11

5.2.1. ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

Para facilitar à análise a coluna que corresponde a porcentagem de inconsistência entre os quantitativos originais com aqueles referentes aos quantitativos extraídos automaticamente no Revit se torna relevante.

A somatória da quantidade de itens favoráveis ao sistema BIM em 37, demonstra que a extração automática exata dos quantitativos é uma questão extremamente importante para a economia dos cofres públicos.

A partir das informações das tabelas acima pode-se perceber que as novas ferramentas digitais facilitam as tarefas mais exaustivas e funcionam de maneira e excluir os erros manuais comuns de extração de quantitativos.

A extração automática dos quantitativos permite a exatidão dos insumos que serão necessários para a execução da obra. Não há razão para a administração

pública pagar um excedente, visto que os recursos públicos são escassos e devem ser empregados de forma correta.

E com relação a coluna de porcentagem de inconsistências há de se notar que a parte que trata diretamente da arquitetura¹⁷, alvenarias, revestimentos e acabamentos em geral foram os campos que os desvios foram mais acentuados.

6. CONCLUSÃO E DESDOBRAMENTOS FUTUROS

O emprego das novas tecnologias no projeto de arquitetura em diversas questões, deverão ser respondidas seja pela investigação científica, ou pela experiência prática, que possa indicar caminhos não só na gestão da informação do edifício, mas no próprio projeto que não pode e nem deve ser algo imutável.

A tecnologia incorporada no dia-a-dia esta tão emergida nas atividades do arquiteto, que há muito tempo ultrapassou a fronteira de ser apenas uma ferramenta auxiliar no projeto arquitetônico. Com isso, atualmente se constituiu em um fator determinante na revisão e proposição de novos processos na área do AEC.

A área da AEC na esfera pública, assim como em muitos setores da administração pública encontra-se defasa perante esse panorama que se apresenta, e carece de pesquisa e de busca de soluções eficientes, no quesito de inovação tecnológica, e compatível com a necessidade da sociedade brasileira.

O emprego da tecnologia nos processos de gestão orçamentária para a licitação nas repartições públicas vem a corroborar que o novo sistema BIM é o mais vantajoso, por motivos da exatidão do modelo, na implementação das áreas de projeto. Porque além da exatidão dos quantitativos a partir deste sistema é possível inferir nos praticas e formas de organização de todo o ciclo da construção da obra.

¹⁷ Usamos o conceito de arquitetura aqui como delimitadora do espaço, o espaço escavado.

A análise comparativa entre os processos do planejamento orçamentário da obra do auditório e da biblioteca de Planaltina aponta para a vantagem da utilização do sistema BIM em relação ao sistema CAD tradicional. A contribuição do sistema BIM na fase de planejamento de quantitativos resulta em três vantagens:

A primeira delas é com relação à exatidão da planilha. No sistema BIM ao configurar parâmetros dos objetos, seus atributos, comportamentos e inter-relações permite a construção de informação precisa no banco de dados que será utilizada para extração automática das tabelas de quantitativos. Essa sincronização entre o projeto e as suas informações são a base deste sistema.

Todas as informações disponíveis no modelo são parte do seu banco de dados e a extração automática de quantitativos é o que esta dissertação propõe a Administração Pública para tentar diminuir a ocorrência de inconsistências na planilha-orçamentária.

A hipótese foi verificada e favorável que a inclusão do sistema BIM na administração pública refletirá na manufatura de uma planilha-orçamentária exata, e como consequência a conclusão da obra em um orçamento realista e no tempo configurado no cronograma físico-financeiro.

A segunda contribuição seria que ao desenvolver mais o modelo o arquiteto teria um maior controle sobre o projeto desenvolvido. Visto que ele estará apto a testar volumes, texturas, revestimentos, usar das tecnologias de simulação para definir melhor o objeto sem se preocupar em coordenadas representações e quantitativos.

Desse modo, ao tentar obter um projeto mais racional o arquiteto refletirá sobre o processo da construção e buscará novas soluções para economizar estes processos.

A terceira contribuição seria sobre as novas possibilidades que o sistema Bim permite para todo o ciclo da construção, o modelo projetar-construir. Este modelo é uma evolução do modelo, praticado atualmente nas repartições públicas, estaque de projetar, licitar e construir devido a inúmeros problemas que enfrenta deve ser compreendido como um processo de baixa eficiência. Isto ocorre, devido

aos regramentos jurídicos que envolvem os processos de licitação que proíbe a existência dos mesmos atores em todas as etapas de construção das edificações.

É preciso lembrar que as leis são convenções temporárias e foram promulgadas, há praticamente vinte anos atrás, quando os sistemas computacionais não disponibilizavam ainda de ferramentas que possibilitavam a capacidade necessária de processamento de informação em sistemas tridimensionais e paramétricos específicos, como o sistema BIM.

Para desdobramentos futuros, percebemos que a base de quantitativos nas obras é extrema importância. Para tanto, pretendemos aprofundar as possibilidades que está Dissertação levantou e com isso desenvolver um algoritmo que possa ser utilizado no planejamento da construção, de uma forma sucinta: a substituição do cronograma físico-financeiro em porcentagem para quantitativos. O cronograma físico-financeiro ao invés de ser estabelecido nos parâmetros de porcentagem deveria ser modificado para a base de quantitativos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Obras Citadas

ALTOUNIAN, C. S. **OBRAS PÚBLICAS Licitação, contratação, fiscalização e Utilização**. 2º. ed. Belo Horizonte: Fórum, 2009.

ARIDA, S. **Contextualizing Generative Design**. 2004. 110f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Arquitetura. Massachusetts Institute of Technology. Massachusetts. 2004.

BECK TECHNOLOGY. **INOVATION IN ALL DIMENSIONS**, 2012. Disponível em: <http://www.beck-technology.com/product_dp.asp>. Acesso em: 18 JANEIRO 2012.

BERGDOLL, B.; CHRISTENSEN, P. Hand Over: Pleine Air Prefabrication/Transition Thoughts. **Moma Home Delivery**, 2008. Disponível em: <<http://www.momahomedelivery.org/>>. Acesso em: 12 Agosto 2010.

BERGDOLL, B.; CHRISTENSEN, P. Housing.com. **Manning Portable Colonial Cottage for Emigrants (1833-1840)**, 2008. Disponível em: <<http://www.housing.com/categories/homes/history-prefabricated-home/manning-portable-colonial-cottage-emigrants-1833-1840.html#2>>. Acesso em: 10 Fevereiro 2011.

BLAKE, P. **Form Follows Fiasco: Why modern architecture hasn't worked**. 1ª Edição. ed. [S.l.]: The atlantic monthly press, 1977.

BLANCO, M. Gestao Remodeladada. **Construcao e Mercado**, Sao Paulo, n. 115, p. 28, Fevereiro 2011.

BRASIL, S. F. **Relatório Final: o retaro do desperdício no Brasil**. Comisao Temporária das Obras Inacabadas. Brasília , p. 435. 1995.

BRIDGES, A. The Challenge of Constraints: A Discussion of Computer Applications in Architectural Design. **Laboratório de Projeto de Arquitetura e Fabricação Digital - FAU/UnB**, Glasgow, 1993. Disponível em: <<http://lecomp.fau.unb.br/moodle/mod/resource/view.php?id=541>>. Acesso em: 23 Setembro 2009.

CALDAS, L.; NORFORD, L. **Architectural Constraints in a Generative Design System: Interpreting Energy Consumption Levels**. 7th International IBPSA Conference. Rio de Janeiro: [s.n.]. 2001. p. 1397-1404.

CELANI, G. et al. **Generative Design Systems for Housing: An Outside-in Approach**. Digital Design: The Quest for New Paradigms. 23rd eCAADe Conference Proceedings. Lisboa: [s.n.]. 2005. p. 501-506.

CELANI, G. et al. **A Gramática da Forma como Metodologia de Análise e Síntese em Arquitetura**. Caxias do Sul: [s.n.]. 2006. p. 180-195.

COBBERS, A.; JAHN, O. **Prefab Houses**. 1ª Edição. ed. [S.l.]: Taschen, 2010.

DUARTE, J. P. **Towards the mass customization of housing: The Grammar of Siza's houses at Malagueira**. Environment and Planning B: Planning and Design. [S.l.]: [s.n.]. 2005. p. 347-380.

EASTMAN, C. et al. **BIM Handbook: A guide to Building Information**. Indianapolis: Wiley Publishing, 2008.

EASTMAN, C.; KUTAY, A. Transaction management in design databases. **MIT-JSME Workshop**, 1989. 334-351.

ESPALLARGAS, L. **Caraíba e Serra do Navio: a construção da cidade brasileira**. XV Simpósio Multidisciplinar da USJT: Ensino, Pesquisa, Extensão. São Paulo: USJT. 2009. p. 56-79.

FERREIRA, A. B. D. H. **Dicionário Brasileiro da Língua Portuguesa**. 11. ed. Rio de Janeiro: Civilizacao Brasileira, 1971.

FLÓRIO, W. **O uso de ferramentas de modelagem vetorial na concepção da arquitetura de formas complexas**. tese de Doutorado Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Sao Paulo, p. 477. 2005.

FLORIO, W. Tecnologia da Informacao na Construcao Civil: Contribuicoes do Building Information Modeling no Processo de Projeto em Arquitetura. **III Fórum de Pesquisa FAU.MACKENZIE**, 2007. 15.

FRAMPTON, K. **História Crítica da Arquitetura Moderna**. Tradução de Jefferson Luiz Camargo. 1ª Edição. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2003.

FRAZER, J. **An Evolutionary Architecture**. 1ª Edição. ed. Londres: E.G. Bond Ltd, v. VII, 1995.

GIPS, J. **Shape Grammars and their Uses: Artificial Perception, Shape Generation and Computer Aesthetics**. 1ª Edição. ed. Stuttgart: Birkhäuser, 1975.

GODOI, G. **Sistemas Generativos de Projeto: Um Estudo de Campo em Monte Alegre**. 2008. 113f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Construção). Programa

de Pós Graduação em Engenharia, Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 2008.

GOITIA, F. C. **Breve História do Urbanismo**. 5ª Edição. ed. Lisboa: Presença, 2003.

GROSS, M.; MARK, E.; GOLDSCHMIDT, G. A Perspective on Computer Aided Design After Four Decades. **eCAADe 26**, Bélgica, p. 169 - 176, Setembro 2009.

HERMUND, A. Building Information Modeling in the Architectural Design Phases. **Digital Applications in Construction**, Istambul, 16 Setembro 2009. 75-82.

KALISPERIS, L. N. CAD in Education: Penn State University. **ACADIA Quartely**, p. 22-25, 1996.

KERLOW, I. V. **The Art of 3-D: Computer Animation and Imaging**. 1ª Edição. ed. New York: John Wiley & Sons, v. único, 2000.

KNIGHT, T. W. **Designing with Grammars**. CAAD futures Digital Proceedings. [S.l.]: [s.n.]. 1991. p. 33-48.

KNIGHT, T.; STINY, G. Classical and Non-classical Computation. **Information Technology**, v. V, n. 4, p. 355-372, 2001.

KOLAREVIC, B. **Digital Fabrication: Manufacturing Architecture in The Information Age**. ACADIA XX: Reinventing The Discourse. Buffalo: State University of New York. 2001. p. 268-277.

KOLAREVIC, B. **Architecture in Digital Age: Design and Manufacturing**. Nova York: Taylor & Francis, 2003.

LEI COMPLEMENTAR Nº 101, DE 4 DE MAIO DE 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/LCP/Lcp101.htm>. Acesso em: 18 Janeiro 2012.

LEI de Licitações e Contratos Administrativos Lei Nº 8.666. Brasília: Zênite, 21 de Junho de 1993.

LOGAN, B. The Structure of Design Problems, 1987. 19-53.

MAILARD, M.; PHILIP, R.; STEVEN, R. O Processo de Projeto e o Computador: Realidades que Interragem Virtualmente. **Site do Curso de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais**, 2010. Disponível em: <<http://www.arq.ufmg.br/eva/art012.pdf>>. Acesso em: 10 Outubro 2010.

MCCORMACK, J.; DORIN, A.; INNOCENT, T. **Generative Design - A Paradigm for Design Research**. Proceedings of Futureground. Melbourne: Design Research Society. 2004. p. 5-13.

MENDES, R. G.; DE BIASI, F. M. **Lei de Licitações e Contratos Administrativos**. 21. ed. Curitiba: Zênite, 2010.

MEREDITH, M.; SASAKI, M. **From Control to Design**. 1ª Edição. ed. New York: Actar-D, 2009.

MITCHELL, W. J. **Computer Aided Design**. 1ª Edição. ed. New York: Petrocelli/Charter, 1977.

MITCHELL, W. J. **City of Bits: Space, Place and Information**. 2ª edição. ed. Massachusetts: MIT Press, 1995.

MITCHELL, W. J. **A Lógica da Arquitetura: Projeto, Computação e Cognição**. Tradução de Gabriela CELANI. 1ª Edição. ed. Campinas: Editora da UNICAMP, 2008.

MOREIRA, T. P. F. **A Influência da Parametrização dos Softwares CADD**. 2008. 224f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). PPGFAU – Programa de Pesquisa e Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília. Brasília. 2008.

NBR 13531- Elaboração de Projetos de Edificações - Atividades Técnicas. ABNT. RIO DE JANEIRO, p. 10. 1995.

NBR 13532 - Elaboração de Projetos de Edificações - Arquitetura. ABNT. RIO DE JANEIRO, p. 8. 1995.

SASS, L.; RIVKA, O. Materializing Design: the implications of rapid prototyping in digital design. **Design Studies**, Londres, v. 27, n. 3, p. 325-355, Maio 2006.

SCHUMACHER, P. The Parametricist Manifesto. **The architects Newspaper**, Junho 2010. Disponível em: <http://www.archpaper.com/e-board_rev.asp?News_ID=4623>. Acesso em: 03 Julho 2010.

SENADO FEDERAL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília: Senado Federal, 2007.

SHELDEN, D. R. **Digital Surface Representation and the Constructibility of Gehry's Architecture**. (2002) 340f. Tese (Doutorado em Ciência da Arquitetura). Massachusetts Institute of Technology. Massachusetts. 2002.

SHENG YU, H. **Parametric Architecture**. 127f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Arquitetura). Massachusetts Institute of Technology. Massachusetts. 2009.

SILVA, R.; AMORIM, L. Urbanismo paramétrico: emergência, limites e perspectivas de nova corrente de desenho urbano fundamentada em sistemas de desenho paramétrico. **in:V!RUS**, São Carlos: Nomads,USP, n. 3, ago. 2010. Disponível em: <<http://www.nomads.usp.br/virus/virus03/submitted/layout.php?item=2&lang=pt>>. Acesso em: 19 Agosto 2010.

STINY, G.; MITCHELL, W. J. **The Palladian Grammar**. Environment and Planning B. [S.l.]: [s.n.]. 1978. p. 5-18.

SUERMANN, P. C. **EVALUATING THE IMPACT OF BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) ON CONSTRUCTION**. FLÓRIDA: UNIVERSITY OF FLÓRIDA, 2009.

SUTHERLAND, I. SKETCHPAD: A Man-Machine graphical Communication System, Proceedings of the AFIPS. **Joint Computer Conference**, Michigan, p. 329-346, Maio 1963.

TAKASH, A. 3-D technology transforms design process." U.S. Army Engineering and. <http://www.hq.usace.army.mil/cemp/milcontrans/bim.htm> , JULHO 2007.

TERZIDIS, K. **Computers and creative process**. Architectural Computing from Turing to 2000. Liverpool: eCAADe Conference Proceedings. 1999. p. 43-50.

WEBER, R. **A Linguagem da Estrutura na Obra de Vilanova Artigas**. 2005. 133f. Dissertação(Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Programa de Pesquisa e Pós Graduação em Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2005.

ZEVI, B. **Saber Ver a Arquitetura**. 5ª Edição. ed. São Paulo: Martins Fontes, v. único, 1996.

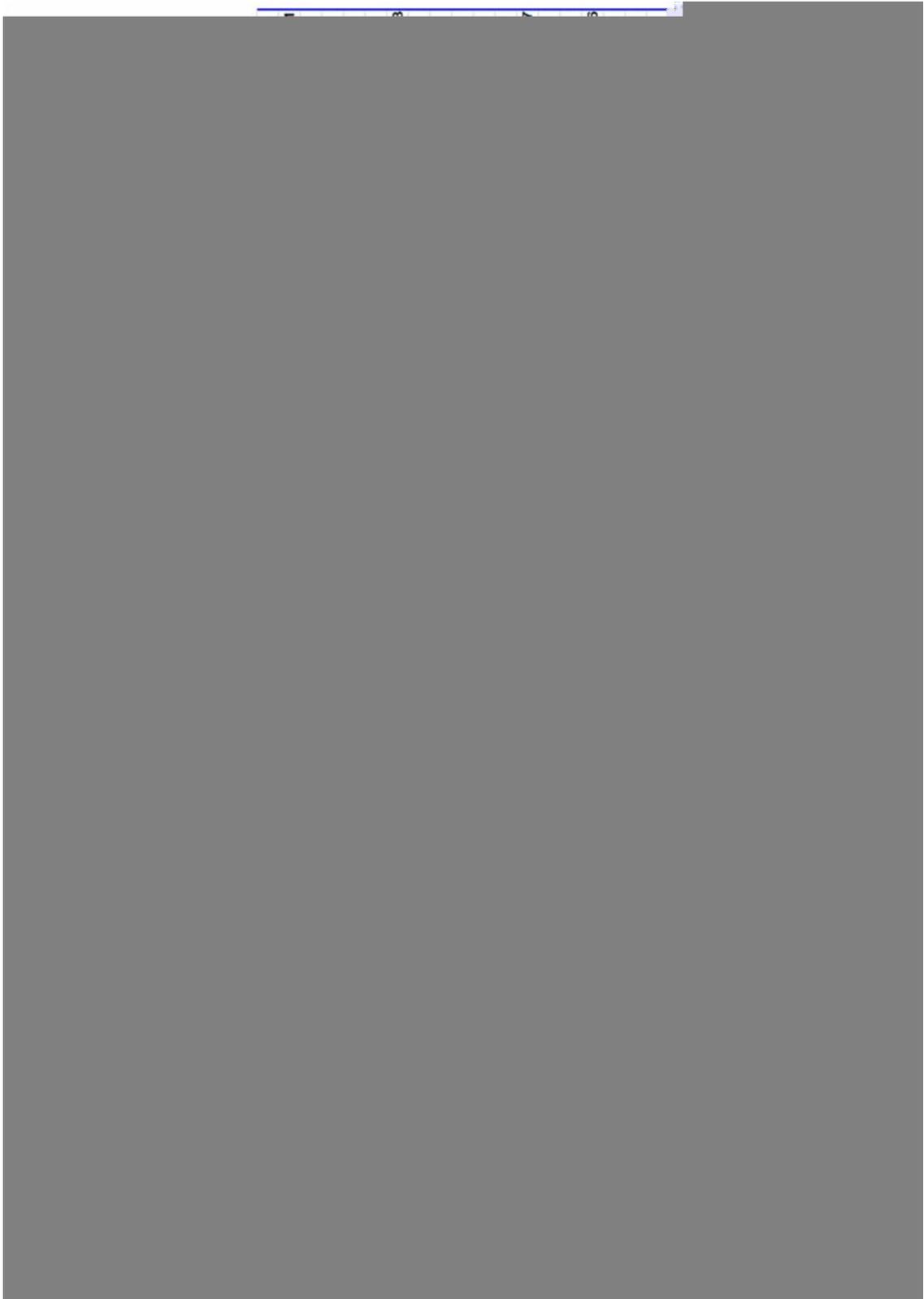
ZYMLER, B.; LA ROCQUE, G.; NEIVA, R. **Direito Administrativo**. 3 Edicao. ed. Brasília: Fortium Editora, 2007.

8. ANEXOS

1. Planilha Original Licitada (com recorte da pesquisa)	01
2. História da legislação de Licitação	08
3. História das Legislações da Construção no Brasil	10

	und	1,00	R\$ 786,94	R\$ 786,94	R\$ 786,94	
	m²	6,00	R\$ 161,67	R\$ 970,02	R\$ 970,02	
	m³	332,30	R\$ 24,73	R\$ 8.217,78	R\$ 8.217,78	R\$ 11.316,76
	m²	81,40	R\$ 64,95	R\$ 5.286,93	R\$ 5.286,93	
	m²	126,10	R\$ 23,08	R\$ 2.910,39	R\$ 2.910,39	R\$ 8.197,32
	m²	1.628,00	R\$ 5,10	R\$ 8.302,80	R\$ 8.302,80	
	m²xkm	2.075,00	R\$ 10,28	R\$ 21.331,00	R\$ 21.331,00	R\$ 29.633,80
	m²	2.803,96	R\$ 8,21	R\$ 16.452,51	R\$ 16.452,51	R\$ 16.452,51
	m²	2.486,97	R\$ 0,39	R\$ 969,92	R\$ 969,92	
	m²	715,44	R\$ 2,79	R\$ 1.996,08	R\$ 1.996,08	
	m²xkm	715,44	R\$ 6,17	R\$ 4.414,26	R\$ 4.414,26	
	m³	1.611,94	R\$ 17,48	R\$ 28.176,71	R\$ 28.176,71	R\$ 35.556,97
	m³	28,67	R\$ 17,23	R\$ 493,98	R\$ 493,98	R\$ 493,98


 Siga 2
 DMT 10 KM



	kg	204,75	R\$ 7,25	R\$ 1.484,44	
	m²	4,55	R\$ 328,02	R\$ 1.492,49	R\$ 40.220,80
	m²	757,11	R\$ 32,18	R\$ 24.363,80	
	kg	6.368,40	R\$ 7,25	R\$ 46.170,90	
	m²	76,55	R\$ 328,02	R\$ 25.109,93	R\$ 95.644,63
	m²	933,65	R\$ 38,14	R\$ 35.609,41	
	kg	5.773,90	R\$ 7,25	R\$ 41.860,78	
	m²	138,39	R\$ 328,02	R\$ 45.394,69	R\$ 122.864,87
	m²	98,70	R\$ 19,52	R\$ 1.926,62	
	m²	24,67	R\$ 205,63	R\$ 5.072,89	R\$ 6.999,52
	m²	774,20	R\$ 24,10	R\$ 18.658,22	
	m²	258,00	R\$ 20,41	R\$ 5.265,78	
	m²	40,03	R\$ 55,95	R\$ 2.239,68	R\$ 26.163,68
tais envernizados	und	5,00	R\$ 428,10	R\$ 2.140,48	
ts	m²	32,40	R\$ 463,98	R\$ 15.032,95	

43,02	R\$ 930,35
28,10	R\$ 809,10
63,98	R\$ 8.722,82
43,95	R\$ 2.273,02
43,95	R\$ 3.835,73
36,67	R\$ 1.834,01
07,65	R\$ 5.980,32
43,95	R\$ 745,84
73,56	R\$ 1.301,70
73,56	R\$ 173,56
45,82	R\$ 34.952,29
62	R\$ 5.718,94
82	R\$ 54.167,13
56	R\$ 4.408,42
56	R\$ 3.610,05
56	R\$ 971,94
56	R\$ 3.748,90
56	R\$ 3.505,91
56	R\$ 3.714,18

101,78	
206,80	
367,95	
184,57	
773,56	R\$ 181.912,31
331,96	
1,77	
,15	
1,96	R\$ 55.006,83
1,82	
1,96	
1,33	
1,56	
1,24	
1,06	
1,80	
1,99	
1,77	R\$ 90.006,54

	m²	1.548,40	R\$ 2,51	R\$ 3.886,48	
	m²	294,40	R\$ 15,64	R\$ 4.604,42	
	m²	1.254,00	R\$ 12,79	R\$ 16.038,66	
	m²	168,72	R\$ 28,74	R\$ 4.849,01	
	m²	70,80	R\$ 100,29	R\$ 7.100,53	
massa clara de	m²	55,20	R\$ 95,36	R\$ 5.264,00	
	m²	79,60	R\$ 10,79	R\$ 858,88	R\$ 42.601,99
	m²	342,75	R\$ 48,30	R\$ 16.554,83	
	m²	164,13	R\$ 15,26	R\$ 2.504,62	R\$ 19.059,45
	m²	1.223,60	R\$ 8,94	R\$ 10.938,98	
	m²	1.223,60	R\$ 10,72	R\$ 13.116,99	
	m²	933,65	R\$ 7,65	R\$ 7.142,42	
a metálica da	m²	104,98	R\$ 15,20	R\$ 1.595,70	R\$ 32.794,09
	m²	453,32	R\$ 11,93	R\$ 5.408,11	
	m²	453,32	R\$ 39,37	R\$ 17.847,21	R\$ 23.255,32

1. História da Legislação da Licitação no Brasil

A licitação foi introduzida no direito público brasileiro há mais de cento e quarenta anos, pelo Decreto nº. 2.926, de 14.05.1862, que regulamentava as arrematações dos serviços a cargo do então Ministério da Agricultura, Comercio e Obras Públicas. Após o advento de diversas outras leis que trataram, de forma singela, do assunto, o procedimento licitatório veio a final, a ser consolidado, no âmbito federal, pelo Decreto nº. 4.536, de 28.01.22, que organizou o Código de Contabilidade da União.

Desde o antigo Código de Contabilidade da União, de 1922, o procedimento licitatório veio evoluindo, com o objetivo de conferir maior eficiência às contratações públicas, sendo, por fim, sistematizado através do Decreto-Lei nº. 200, de 25.02.67 (Arts. 125° a 144°), que estabeleceram a reforma administrativa federal, e estendida, com a edição da Lei nº. 5.456, de 20.06.68, às Administrações dos Estados e Municípios.

O atual entendimento do termo "Licitação", representando o procedimento administrativo prévio necessário à viabilização dos contratos da Administração, teve sua previsão no Decreto Lei 200, de 25 de fevereiro de 1967, em cujas linhas receberam sistematização de abrangência nacional, tendo sido por ele insuficientemente regulamentado.

O Decreto-lei nº. 2.300, de 21.11.86 instituiu, pela primeira vez, o Estatuto Jurídico das Licitações e Contratos Administrativos, reunindo normas gerais e especiais relacionadas à matéria. Essa publicação teve por finalidade coibir os desvios de conduta observados nas licitações públicas, numa tentativa de reprimir-se a avassaladora corrupção que assolava toda a Administração Pública à época, criando paradigmas éticos e morais.

A Constituição de 1988 representou um notável progresso na institucionalização e democratização da Administração Pública. A partir de 1988 a licitação recebeu status de princípio constitucional, de observância obrigatória pela Administração Pública direta e indireta de todos os poderes da União, Estados, Distrito Federal e Municípios.

Assim, ao analisar o disposto no art. 37, XXI da Constituição Federal, pode-se observar que a obrigatoriedade de licitar é princípio constitucional, ressalvadas as hipóteses previstas na lei, nenhum órgão ou entidade da administração pública brasileira, pode, hoje, contratar compra, obra, serviço, alienação ou locação sem prévia licitação, sob pena de violar os princípios fundamentais da igualdade, da legalidade, da impessoalidade, da moralidade e da publicidade.

O princípio de licitar está intimamente ligado aos princípios da indisponibilidade e supremacia do interesse público que são princípios norteadores da atividade estatal. O fato de ter sido alçado ao status de princípio constitucional é de extrema importância para a análise do procedimento licitatório dentro do ordenamento jurídico.

O art. 37, XXI da Constituição Federal foi regulamentado pela Lei 8.666, de 21.06.93 (alterada pelas Leis 8.883/94, 9.648/98 e 9.854/99), em vigor atualmente, que disciplina as **licitações** e contratos da Administração Pública.

A lei nº 8.666 de 21 de junho de 1993, atualizada pela Lei nº. 8.883 que instituiu as normas gerais sobre **licitações** e contratos completa o ciclo, disciplinando o instituto e os contratos públicos em 125, artigos, a partir das diretrizes traçadas pela Constituição e de molde a exigir sua prática na administração pública direta, indireta ou fundacional, de qualquer dos Poderes da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios (art. 37, caput).

Saliente-se que a evolução em relação às licitações continua como acontece em toda norma jurídica, adequando-se e modificando-se de acordo com os novos princípios sociais, culturais e econômicos.

1.1 Quadro resumo da história da legislação de licitação no Brasil

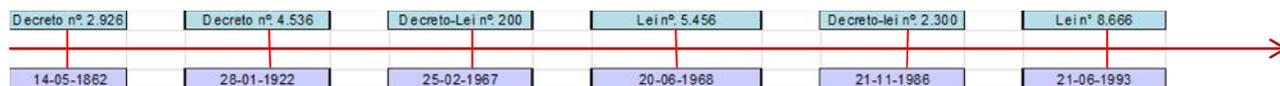


Figura 33 A Evolução das Leis de Licitação no Brasil
Fonte: Andrade (2012)

BIBLIOGRAFIA

MORAES, Alexandre de, Direito Constitucional - 7. ed. - São Paulo: Atlas, 2000.

MELLO, Celso Antonio Bandeira de, Elementos de direito administrativo -3. ed. - São Paulo: Malheiros, 1995.

DI PIETRO, Maria Sylvania Zanella, Direito Administrativo - 19. ed. - São Paulo: Atlas, 2006.

MEIRELLES, Hely Lopes, Direito Administrativo Brasileiro - 28. ed. - São Paulo: Malheiros Editores, 2003.

ROSA, Márcio Fernando Elias, Direito Administrativo, Volume 19 - 5. ed. - São Paulo: Saraiva, 2003.

FIGUEIREDO, Carlos Maurício e NÓBREGA, Marcos, Administração Pública: direitos administrativo, financeiro e gestão pública: prática, inovações e polêmicas - São Paulo: Revista dos Tribunais, 2003.

NADAL, Fábio e SANTOS, Vauledir Ribeiro, Como se preparar para o Exame de Ordem 1ª fase Administrativa - 2. ed. - São Paulo: Método, 2005.

SILVA, José Afonso da, Curso de Direito Constitucional Positivo. São Paulo: Malheiros, 1994.

FILHO, Marçal Justen, Curso de Direito Administrativo - 7. ed. - São Paulo: Saraiva, 2009.

SPITZCOVSKY, Celso, Direito Administrativo -5. ed. - São Paulo: Damásio de Jesus, 2003.

NÓBREGA, Airton Rocha, Projetos Básicos de licitações públicas. Jus Navigandi, Brasília, julho de 2003. Disponível em <http://jus2.uol.com.br/doutrina/texto.asp?id=4736>.

2. História das Legislações da Construção Civil no Brasil

Os códigos de obras e postura são legislações que regulamentam as construções e o urbanismo com o objetivo de contribuir para a ordenação da cidade.

1624 - Francisco Farias de Mesquita , elabora um plano para a cidade de São Luís do Maranhão, na forma de um reticulado hipodâmico, que ignora as características do terreno este é o conjunto de maior expressão histórica e volumétrica, e maior densidade construtiva e unidade arquitetônica.

1639- O Conde Maurício de Nassau desembarcou na Nieuw Holland, a Nova Holanda acompanhado por uma equipe de arquitetos e engenheiros. Nesse ponto começa a construção de Mauritsstad, que foi dotada de pontes, diques e canais para vencer as condições geográficas locais. O arquiteto Pieter Post foi o responsável pelo traçado da nova cidade respeitando a topografia. Uma de suas mais notáveis iniciativas foi o plano para guiar a cidade em seu crescimento, ou seja, um plano diretor, certamente o primeiro dessa cidade.

1750-1777 - O Marques de Pombal, promover uma ambiciosa política de urbanização a uma cidade erigida segundo um plano racionalizador, preocupado com a salubridade e regida pela estética do iluminismo “a razão e a natureza devem compor forças”. A natureza deve subordinar-se à razão pelo exato conhecimento, o constante e real domínio de um espaço geográfico bem demarcado. Transferiu a capital de Salvador para o Rio de Janeiro (1762).

1808 - A transferência da Corte portuguesa, para fugir das ameaças das Guerras Napoleônicas, trouxe vantagens para a nova Colônia-Reino: reformou e remodelou a cidade do Rio de Janeiro pelo arquiteto Grandjean de Montigny elaborou uma planta da cidade onde, pela primeira vez, comparece o traçado de ruas e praças.

1897 – Afonso Pena, Presidente da província de Minas Gerais, inaugura a cidade de Belo Horizonte, com projeto de Aarão Reis, nos moldes do urbanismo republicano: de planos urbanísticos de grande praças e avenidas largas e retilíneas e diagonais.

1904 – A Revolta da Vacina, movimento popular contra a vacinação compulsória, teve como antecedentes a remodelação da cidade do Rio de Janeiro, onde o Prefeito Pereira Passos expulsou os pobres que viviam no centro colonial, substituído pela moderna Avenida Central, inspirada no modelo aplicado em Paris pelo Barão de Hausmann.

1956 - JK envia ao Congresso Nacional o projeto para construção da nova capital brasileira, Brasília. Projeto de Lúcio Costa.

2.1 Quadro resumo da história da legislação de construção no Brasil

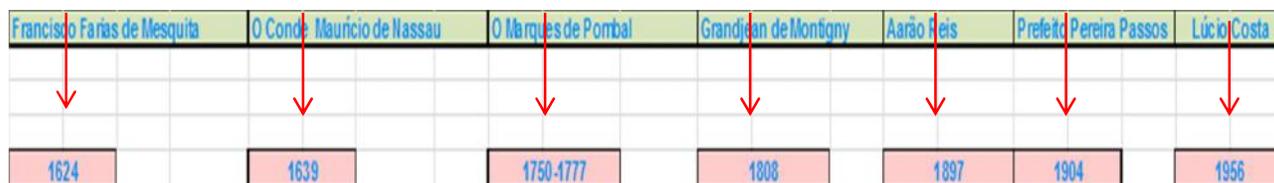


Figura 34 A Evolução das Leis de construção no Brasil
Fonte: Andrade (2012)

BIBLIOGRAFIA

BAZIN, Germain - *L'architecture religieuse au Brésil*. Paris, Plon, 1955.

BUSCHIAZZO, Mário - *História de la arquitectura colonial en Iberoamérica*. Buenos Aires, Emecê, 1961.

FRANÇA, José augusto - *Lisboa Pombalina e o Iluminismo*. Lisboa, Horizonte, 1965.

LAVEDAN, Pierre - *Histoire de l'art*. Paris, PUF, 1949.

MACHADO, Lourival Gomes - Política e administração sob os últimos vice-reis. In: HOLANDA, Sérgio B. - *História geral da civilização brasileira. A época colonial*. São Paulo, Difusão Européia do Livro, 1963.

MOREIRA, Rafael - A arquitetura militar do Renascimento em Portugal. In: A INTRODUÇÃO da arte da Renascença na Península Ibérica. Coimbra, EPARTUR, 1981.

PEREIRA, José Fernandes - *O barroco do século XVII: transição e mudanças*. S.L., Temas & Debates, 1997.

RODRIGUES, José Honório - *Teoria da história do Brasil*. 3.ed. São Paulo, E. Nacional, 1969.

RUSSEL-WOOD, A J. R. - *Portugal e o mar um mundo entrelaçado*. Lisboa, Assírio & Alvim/Expo 98, 1998.

SILVA-NIGRA, Clemente Maria da - Sobre as artes plásticas na antiga capitania de São Paulo. In: ENSAIOS paulistas. São Paulo, Anhambi, 1958.

SMITH, Robert C. - *Arquitetura jesuítica no Brasil*. São Paulo, FAUUSP, 1962.

SOUSA VITERBO - *Expedições científico-militares enviadas ao Brasil*. Lisboa, Ed. Panorama, 1962.

TEIXEIRA, Manuel C. & VALLA, Margarida. *O urbanismo português. Séculos XIII-XVIII. Portugal-Brasil*. Lisboa, Horizonte, 1999.

TELLES, Augusto Carlos da Silva - *Atlas dos monumentos históricos e artísticos do Brasil*. 2.ed. Rio de Janeiro, FENAME/SEAC, 1980.

TOLEDO, Benedito Lima de - O Real Corpo de Engenheiros na Capitania de São Paulo, destacando-se a obra do Brigadeiro João da Costa Ferreira. São Paulo, João Fortes Engenharia/Ex Libris, 1981. (Tese - doutoramento - FAUUSP)