

Universidade de Brasília – UnB
Programa de Pós-Graduação
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo



Estudo crítico sobre o uso de ferramentas de modelagens tridimensionais de informações digitais BIM no ensino contemporâneo da arquitetura.

Orientando:
Luciano Mendes Caixeta

Linha de Pesquisa:
Técnicas e Processos de Produção do Ambiente Construído

Orientador:
Dr. Márcio Augusto Roma Buzar

Brasília
Julho – 2013

Universidade de Brasília – UnB

Programa de Pós-Graduação
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo

Luciano Mendes Caixeta

Linha de Pesquisa:

Técnicas e Processos de Produção do Ambiente Construído

Tese de doutoramento apresentada ao Programa de Pesquisa de Pós-Graduação (PPG) em Arquitetura da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU), da Universidade de Brasília, para obtenção do título de Doutor em Arquitetura.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Augusto Roma Buzar

Brasília

Julho – 2013

Universidade de Brasília – UnB

Programa de Pós-Graduação Faculdade de Arquitetura e Urbanismo

Luciano Mendes Caixeta

Tese de doutoramento, submetida ao Programa de Pesquisa e Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Arquitetura. Defendida e aprovada em 25 de Julho de 2013, pela Banca Examinadora constituída pelos professores:

Prof. Dr. Márcio Augusto Roma Buzar
Presidente da Banca

Prof. Dr. Milton Soares Filho
Examinador Externo

Prof. Dr. João da Costa Pantoja
Examinador interno – UnB

Prof. Dr. Evangelos Dimitrios Chistakou
Examinador externo – UnB

Prof. Dr. Janes Cleiton Alves Oliveira
Examinador interno – UnB

Agradecimentos

À Deus, primeiramente, pela sua benevolência e imensa misericórdia. “Aperfeiçoe-vos em toda a boa obra, para fazerdes a sua vontade, operando em vós o que perante ele é agradável por Cristo Jesus, ao qual seja glória para todo o sempre. Amém”. (Hebreus 13:21).

À minha família, pelo apoio e carinho, especialmente minha mãe e meu pai, pelas constantes orações e pensamentos positivos. Aos meus filhos, Marcela, Mariana e João Mateus, pela compreensão e pelo carinho e amor.

Especial agradecimento à minha querida esposa, Lorena, pelos incansáveis conselhos, pela paciência e pelas belas palavras de incentivo.

Aos estudantes e professores entrevistados, aos colaboradores e incentivadores. A todos que, de uma forma direta e indireta, contribuíram com a pesquisa e o desenvolvimento do trabalho.

Ao professor Márcio Buzar, por acreditar nas boas intenções e no potencial desta pesquisa.

Sumário

AGRADECIMENTOS	4
SUMÁRIO	5
LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE PLANILHAS	9
RESUMO	10
ABSTRACT	11
1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Considerações iniciais	13
1.1.1 Tecnologia e sociedade	13
1.1.2 Tecnologia e arquitetura	15
1.1.3 A tecnologia e o ensino-aprendizagem da arquitetura.....	18
1.2 Problemática	23
1.3 Hipótese	26
1.4 Justificativa	27
1.5 Objetivo geral	29
1.6 Contribuições da pesquisa	30
2 CONTEXTUALIZAÇÃO TEÓRICA	31
2.1 Considerações temporais: a representação e a obra	32
2.2 Transição: novos instrumentos, velhos hábitos	51
2.3 A modelagem com Informação: a virada estrutural	61
2.4 Estado da arte: modelo único	68
2.5 Exequibilidade do modelo digital	76
2.6 Formação acadêmica ou academicismos?	85

3	MÉTODO DE INVESTIGAÇÃO	96
3.1	O estudo de campo.....	97
3.2	As variáveis.....	98
3.3	População de amostra	99
3.4	Estratégias para coleta dos dados	101
3.5	O monitoramento	102
3.6	O registro.....	102
3.7	Pré-testes	103
3.8	Análises dos dados	103
3.9	Procedimentos	104
4	ANÁLISE DOS RESULTADOS DAS PESQUISAS	105
4.1	Análise da entrevista com alunos que usam BIM e os orientadores	108
4.1.1	Dados sobre o uso e aprendizagem de BIM	109
4.1.2	Dados sobre o uso da ferramenta no trabalho.....	111
4.1.3	Sobre o modo como os estudantes trabalham com sistemas BIM	113
4.1.4	Sobre a escolha da tecnologia construtiva aplicada ao projeto	118
4.1.5	O processo de definição dos elementos construtivos em BIM.....	121
4.1.6	Sobre os conhecimentos de tecnologia	126
4.1.7	A maneira como aprendeu sobre o processo construtivo e BIM.....	131
4.1.8	Dados sobre os elementos construtivos na definição do projeto.....	134
4.1.9	Dados sobre aprendizado no ramo tecnológico	140
4.2	Análise da entrevista com estudantes sem BIM	142
4.2.1	Dados sobre o uso de <i>softwares</i> em projetos acadêmicos	142
4.2.2	O que se aprende e o que se usa nos projetos acadêmicos	144
4.2.3	O uso da tecnologia e ferramenta digital no projeto arquitetura	146

4.2.4	Como você trabalha com elementos construtivos	147
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	150
5.1	Sobre o tema.....	151
5.2	Sobre a pesquisa	157
5.3	Conclusão	163
6	REFERÊNCIAS.....	165
6.1	Obras citadas.....	166
6.2	Outras referências	169
6.3	Revistas especiais, Artigos, Anais, vídeos e Periódicos.....	171
6.4	Sites pesquisados.....	171
7	ANEXOS	173

Lista de figuras

Figura 1. Prototipagem por subtração em montagem de modelo em escala reduzida. Fonte: http://www.veengle.com	20
Figura 2. Planta de uma casa em Djoka, dos sumérios, Mesopotâmia, 2.150 a.C. Fonte: Silva, 2010, p. 27.	32
Figura 3. Parthenon, Atenas, 448-432 a.C. Fonte: Fazio, 2008, p. 49.	33
Figura 4. Desenho da Catedral de Reims, França, cerca de 1230. Fonte; Silva, 2010, p. 46.	35
Figura 5. Palácio Sansedoni, Itália, 1340. Fonte: Silva, 2010, p. 51.	36
Figura 6. Michelangelo, estudo da planta para San Giovanni dei Fiorentin (1559-1560). Fonte: Silva, 2010, p. 91.	37
Figura 7. Interior da Villa Rotonda, Andrea Palladio, Vicenza, Itália, 1591. Fonte: www.villalarotaonda.it	38
Figura 8. Corte transversal da cúpula da Catedral de Florença, Itália. Fonte: Fazio, 2008, p. 288.	41
Figura 9. Opera de Sdney, Austrália. Fonte: http://www.sydneyoperahouse.com/	49
Figura 10. Terminal TWA, NYC, EUA. Fontes: http://www.nyc-architecture.co	49
Figura 11. Chapel at Ronchamp, França. Fonte: Darling, 2000, p. 57.	49
Figura 12. Atlantida Church, Uruguai. Fonte: www.docomomo.org.br	49
Figura 13. Einsteinturm Tower at Potsdam, Alemanha. Fonte: Fazio, 2008, p. 470.	50
Figura 14. Catedral da Sagrada Família, Barcelona, Catalunha, Espanha. Fonte: Autor	50
Figura 15. Museu Guggenheim de New York, EUA. Fonte: Fazio, 2008, p. 498.	50
Figura 16. Catedral Metropolitana de Brasília, Brasil. Fonte: Autor.	50
Figura 17. Computadores IBM, PC XT 286, anos 1980. Fonte: Wikipédia.	51
Figura 18. Imagem de desenhos genéricos 2D- Fonte: Autodesk.	56
Figura 19. Centro Aquático, Olimpíadas de Londres, 2004-2012, arquiteto Zaha Hadid. Fonte: http://www.piniweb.com.br	58
Figura 20. Croquis de Frank Gehry para o Concert Hall Disney, Los Angeles, EUA. Fonte: http://www.archdaily.com.br/	69
Figura 21. Prototipagem por adição para modelos 3D. Fonte: fabricante genérico - internet	69
Figura 22. Modelo 3D, da Autodesk Revit. Fonte: Autodesk	71
Figura 23. Chesa Futura, Casa de madeira, Arq. Norman Foster, St Moritz, Suíça. Fonte: Whitehead apud Kolarevic, 200, p. 99.	75
Figura 24. Modelo tridimensional do Boeing 777, em ambiente BIM. Fonte: Kolarevic, 2009, p. 10.	77
Figura 25. Guggenheim de Bilbao, País Basco, Espanha, 1992-1997. Fonte: http://www.guggenheim.org/bilbao	78
Figura 26. Concert Hall of Disney, Los Angeles, EUA, 1987-2003. Fonte: http://www.laphil.com	79
Figura 27. Escaneamento manual, da maquete para programa digital CATIA. Fonte: Kolarevic, 2009, p. 106.	79
Figura 28. City Hall of London, Norman Foster, Inglaterra, 2006. Fonte: Catalogue Foster and Partner, 2005, p. 191.	81
Figura 29. City Hall, montagem controlada com tarjas holográficas e customizadas. Fonte: Kolarevic, 2009, p. 92.	82
Figura 30. Fresadora por subtração, produção de peças customizadas. Fonte: Koralevic, 2009, p. 34.	83
Figura 31. Torre de T.V. de kautzuo, China, arquiteto Mark Hemel. Fonte: http://www.iba-bv.com	83
Figura 32. Fluxograma 1 – projetos sem BIM. Fonte: Autor.	90
Figura 33. Fluxograma 2 - Cadeia de projetos com BIM. Fonte: Autor.	91

Lista de planilhas

<i>Planilha 1. Dados sobre o uso e aprendizagem de BIM.</i>	109
<i>Planilha 2. Pergunta aos orientadores sobre os softwares utilizados pelos estudantes.</i>	110
<i>Planilha 3. Dados sobre o uso das ferramentas pelos alunos que utilizam BIM.</i>	111
<i>Planilha 4. Pergunta aos orientadores sobre o uso das ferramentas BIM.</i>	112
<i>Planilha 5. Dados sobre a maneira dos estudantes trabalharem com BIM.</i>	114
<i>Planilha 6. Pergunta aos orientadores sobre a maneira dos estudantes projetarem.</i>	117
<i>Planilha 7. Dados sobre a escolha da tecnologia aplicada nos projetos.</i>	118
<i>Planilha 8. Pergunta aos orientadores sobre a escolha da tecnologia pelos alunos.</i>	120
<i>Planilha 9. Dados sobre a definição dos elementos construtivos em BIM.</i>	121
<i>Planilha 10. Pergunta aos professores sobre a definição dos elementos construtivos pelos estudantes em BIM.</i>	125
<i>Planilha 11. Dados sobre os conhecimentos de tecnologia em BIM.</i>	127
<i>Planilha 12. Pergunta aos professores sobre os conhecimentos dos alunos em tecnologia.</i>	130
<i>Planilha 13. Dados sobre como o estudante aprendeu o processo construtivo e BIM.</i>	132
<i>Planilha 14. Pergunta aos professores sobre como o aluno aprendeu o processo construtivo em BIM.</i>	133
<i>Planilha 15. Dados sobre os elementos construtivos na definição do projeto em BIM.</i>	135
<i>Planilha 16. Pergunta aos professores sobre os elementos construtivos na definição do projeto em BIM.</i>	138
<i>Planilha 17. Dados sobre aprendizagem de tecnologia.</i>	140
<i>Planilha 18. Dados sobre o uso dos softwares pelos estudantes que não usam BIM.</i>	142
<i>Planilha 19. Dados sobre o que se aprende e se usa nos projetos acadêmicos para alunos sem BIM.</i>	144
<i>Planilha 20. Dados sobre o uso da tecnologia e o uso da ferramenta no projeto.</i>	146
<i>Planilha 21. Aplicada aos estudantes que não utilizam BIM em seus projetos.</i>	148

Resumo

Este trabalho aborda as relações das interfaces das ferramentas computacionais, mais precisamente nos procedimentos a serem seguidos no ensino-aprendizagem do processo do projeto de arquitetura. Inicialmente traz uma abordagem geral dos impactos das facilidades da ferramenta digital no campo de trabalho e no aprendizado do arquiteto. Examina, historicamente, a importância do desenho como meio de interação do arquiteto, focando as principais mudanças do seu significado. Contextualiza as potencialidades e as possibilidades das ferramentas digitais no papel da arquitetura atual, realçando a importância diferenciada dos elementos estruturantes. Questiona a necessidade de se produzir desenhos bidimensionais para a representação das ideias da concepção de projeto para interação professor-aluno, considerando que as ferramentas tridimensionais digitais de informações, especialmente os modelos únicos, seriam suficientemente capazes de representar, apresentar e materializar as abstrações iniciais. Investiga, a partir das consequências das análises das atuais interfaces da prática do ensino do projeto nas faculdades de arquitetura, principalmente, protagonizando o uso das estruturas, as reais chances das ferramentas BIM serem o agente capaz de alavancar a reconstrução do paradigma¹ de aprendizagem, redirecionando-o, como o caminho desejável, para processo da fabricação e produção do edifício.

¹ Paradigma, do grego *paradigma*, se traduz literalmente para modelo. É um exemplo que serve como padrão a ser seguido. Segundo Thomas Kuhn (2000, p. 219), “é aquilo que os membros de uma comunidade partilham e, inversamente, uma comunidade científica consiste em homens que partilham um paradigma”.

Abstract

This paper treats the relationships of computer tool interfaces, specifically with regards to the procedures prescribed for the teaching-learning activities involved in an architecture project. Firstly, it deals with the impacts of the accessibility of digital tools in the architect's learning process and in his work. It examines, from a historical standpoint, the importance of drawing as a means used by the architect to interact, and focuses on the principal changes in meaning that have taken place. The paper also contextualizes the potentialities and the possibilities of digital tools in the current role played by architecture, highlighting the particular importance of structural elements. It questions the need to produce bi-dimensional drawings to represent conceptual ideas for a given project in order to enable the professor-student interaction, by considering that digital tridimensional information tools, specially designed for unique models, would be sufficient to represent, present and cause the initial abstractions to materialize. Taking as basis the consequences of an analysis of the current interfaces seen in the project teaching praxis of our schools of architecture, the paper investigates the very real chance that BIM tools could become the agent which would be capable of leveraging the reconstruction of the learning paradigm¹, and thus redirect it, as the desirable path for the construction and production process of a building.

1 Introdução

1.1 Considerações iniciais

1.1.1 Tecnologia e sociedade

Desde o final do século passado os computadores pessoais passaram a fazer parte da vida das pessoas. Ampliaram-se as possibilidades de diagnóstico na área da medicina, da visibilidade cartográfica, da automação da indústria automobilística, da área educacional etc. A internet, um dos maiores benefícios do computador, melhorou e amplificou a comunicação entre as pessoas, permitiu a disseminação dos dados, das pesquisas, dos conhecimentos e das notícias.

Com o computador o mundo se redescobriu e se abriu, definitivamente, para novas possibilidades da tecnologia digital.² As pessoas se relacionam mesmo a distância, diminuindo as barreiras físicas, ainda que não estejam presentes. Socializar-nos-emos em bairros digitais, nos quais o espaço físico será irrelevante e o tempo desempenhará um papel diferente (NEGROPONTE, 1995, p. 12).

Os computadores pessoais deram maior flexibilidade aos seus usuários, que a qualquer momento podem se conectar com outras pessoas, em outros lugares e pesquisar a respeito de outros saberes. Já é possível acessar os arquivos das bibliotecas, ler jornais *on-line*, acessar as pesquisas das Universidades, ver os índices das bolsas de valores e até visitar virtualmente as obras dos museus em qualquer parte do planeta. Existe um grande banco mundial de dados virtuais que está disponível em praticamente todos os idiomas, informando, instruindo e proporcionando conhecimento.

Mas o papel da computação não é apenas uma mão de sentido único. Ele também se presta ao contraditório, à contestação, para promover mudanças e estabelecer comparações. Lévy (2004, p. 8) argumenta:

Parece-nos, entretanto, que a informatização das empresas, a criação da rede telemática ou a introdução dos computadores nas escolas podem muito bem prestar-se a debates de orientação, dar

² Digital: tecnologia eletrônica que produz, armazena, processa e trabalha com valores binários.

margem a múltiplos conflitos e negociações onde a técnica, política e projetos culturais misturam-se de forma inextrincável.³

Há, de fato, por causa do computador uma mudança comportamental perceptível em praticamente todas as áreas do conhecimento. A informática modificou até o modo das pessoas se relacionarem. Costa (2005, p. 31) enfatiza a possibilidade de mudanças comportamentais provocadas pelos instrumentos digitais: “Até mesmo o desenvolvimento tecnológico, que se torna cada vez mais acelerado, revoluciona a maneira de olhar o mundo, provocando mudanças nas relações humanas e na produção material da vida”. Há, no entanto, um perigo real da padronização dos valores, da subjugação das pessoas ao mesmo pêndulo daquilo que se vê e não se vivencia.

As áreas de conhecimento, principalmente aquelas que convivem diretamente com a criatividade, precisam ter liberdade de expressão em toda a sua essência e a padronização não parece ser o melhor caminho. Virilio (1993, p. 40, grifo do autor), um grande crítico das relações sociais na internet e suas consequências, alerta para o perigo do desequilíbrio entre os sentidos da formação pessoal e os valores adquiridos ou transferidos pelos meios tecnológicos: “[...] do objeto para a sua figura, da forma para a sua imagem, assim como dos episódios de nossa história para sua tendência estatística, de onde o grande risco tecnológico de um *delírio* generalizado de interpretação”. Não dá para mensurar quantos equívocos já foram cometidos pelas redes digitais.

Os valores vão se adaptando para formação de um pensamento coletivo baseado em valores imediatos, atemporal e de um julgamento superficial, calcado naquilo que se vê e não no que é percebido. Costa (2005, p. 235), mesmo considerando outros agentes interagentes, protagoniza as informações tecnológicas nas relações sociais do mundo globalizado. Segundo ele, há um grande perigo na aceitação dos novos valores sem os questionamentos adequados. Isso porque nem tudo que se publica nos meios digitais tem uma verdade relacionada ao seu tempo, podendo corresponder a outro momento, diferente do atual.

³ Segundo Houaiss é o que não se pode dissociar ou desembaraçar; indestrinçável.

Conhecimento é muito diferente de informação, principalmente se esta não tiver referência e nem propiciar a oportunidade do contraditório. Diz Costa (2005, p. 234): “Informação é todo dado que tem significado”. O conhecimento precisa ser construído a partir de determinadas informações, deve possibilitar correlações com outros saberes e reverberar os seus valores. A criatividade, nesse sentido, não pode se subjuguar à padronização das relações midiáticas. É preciso garantir liberdade de valores e de expressão. Mesmo que seja necessário utilizar os mesmos meios, os resultados não precisam ser semelhantes.

Dificuldades são perceptíveis quando se está passando por um momento histórico de transição, na mudança de uma parte da sociedade, dos seus valores e nas suas perspectivas de sociedade. Greenfield (2006, p. 16) atesta uma dessas grandes mudanças afirmando: “Este senso de uma transição tecnológica arrastando uma alteração fundamental na visão de mundo e talvez até mesmo um novo estado do ser é plenamente justificado” (tradução nossa).⁴ A arquitetura, como qualquer outra ciência, não é diferente, pois que está inserida neste contexto e sofre enormemente o reflexo dessa transição. A maneira como as pessoas viam e percebiam os edifícios antes da intensificação das múltiplas redes também está diferente e continua mudando aceleradamente.

1.1.2 Tecnologia e arquitetura

Os arquitetos de hoje estão mais conectados com os novos conceitos e novos valores. Os escritórios e ateliês não são mais os mesmos. Eles estão cheios de computadores pessoais (*laptop, tablet, netbook e notebook*) interligados e ligados à internet, às suas potencialidades, às facilidades, às coisas positivas e também às negativas.

Com o surgimento das ferramentas computacionais CAD (*computer-aided-design*), como era possível prever, os instrumentos de desenho tradicionais – régua T, esquadros, compassos etc. – iriam desaparecer de cena e, hoje, praticamente não existem mais, pelo menos com a mesma importância que tinham no passado.

⁴ “Its sense of a technological transition entraining a fundamental alteration in worldview, and maybe even a new state of being, is fully justified”.

Ocorreram mudanças definitivas nos procedimentos habituais do projeto, na velocidade, na maneira de se interagirem e principalmente nas relações do trabalho do arquiteto com seus colaboradores. “A informatização acabou gerando modificações radicais nos procedimentos produtivos”, refere Costa (2005, p. 235). As relações do processo produtivo do arquiteto, da forma como conhecíamos, tinham tradição de séculos, mas que foram quebradas em pouco mais de duas décadas, proporcionando uma transformação drástica. Como sugere Kuhn (2000, p. 116), “a transição de um paradigma para o outro, do qual pode surgir uma nova tradição de ciência formal, está longe de ser um processo cumulativo obtido através de uma articulação do velho paradigma”. Muitas práticas dos velhos procedimentos do fazer da arquitetura desapareceram, outras foram substituídas por uma maneira mais apropriada e outras foram adquiridas por força do uso dos novos equipamentos, outras ainda estão em mudanças constantes.

Essas transformações causadas pela informatização da profissão do arquiteto recombinaram-se também nas relações de comunicação dos arquitetos e seus colaboradores. Elas sofreram fortemente os impactos da substituição mediática, dos novos vocabulários e das novas ferramentas facilitadoras, mais acentuadamente as alterações dos procedimentos interpessoais. Todas as bases sociais mudaram definitivamente. Kuhn (2000, p. 189) reforça a mudança de um padrão prático de ações como uma apropriação dos velhos procedimentos, incorporando-os à nova realidade, uma vez “que os novos paradigmas nascem dos antigos, incorporam comumente grande parte do vocabulário e dos aparatos, tantos conceituais como de manipulação, que o paradigma tradicional já empregara”. Embora essa mudança não possa ser medida, ela pode ser percebida, analisada e avaliada. O resultado dessa transformação, apesar de visível, pode ter ocorrido apenas de forma superficial, ou seja, na produção da representação da arquitetura. O que se verificou, de fato, foi tão somente um ganho na produtividade, pois não se pode concluir, pelo menos até agora, que a qualidade do projeto melhorou com as ferramentas computacionais.

Com as inovações das tecnologias computacionais seria previsível e perfeitamente normal o usuário ter de passar por um longo período de aceitação,

treinamento e tempo para investir na adaptação às novas ferramentas computacionais. Esse foi um período de experimentações, indagações e poucas respostas. Os saudosistas poderiam até alegar que os treinamentos dos desenhos utilizando-se instrumentos tradicionais eram mais suaves e sabia-se exatamente aonde chegar. Em outras palavras, aprendia-se apenas uma vez e esse aprendizado valia para toda a vida, sempre a mesma coisa. Se por um lado era “vantajoso” não precisar atualizar-se, constantemente, no uso dos instrumentos de trabalho, por outro, a obrigação da prática na profissão por toda uma vida, sempre da mesma maneira, sem nenhuma mudança significativa, tornava, pelo menos do ponto de vista atual, o trabalho do arquiteto muito cansativo e chato.

Hoje, para a utilização das ferramentas computacionais são necessárias certas habilidades extras, além dos conhecimentos regulares de geometria e das técnicas do desenho convencional. Para dominar e manter essas “novas” habilidades é indispensável estar em um processo contínuo de realimentação, treinamento e aperfeiçoamento, pois essas tais ferramentas computacionais estão constantemente evoluindo e ampliando as suas utilidades. Menges (2010, p. 34) comenta as fundamentações lógicas necessárias para o arquiteto que trabalha com ferramentas paramétricas computacionais atuais.

Para chegar a este nível de expressão e de controle, o projetista teve de ser habilidoso na lógica do projeto, no sentido de definir e aperfeiçoar um sistema de geometria e álgebras complexas, e de relações lógicas, que é a base fundamental deste processo. (Tradução nossa).⁵

O arquiteto deve, além de dominar o processo projetual, ser um grande conhecedor das relações geométricas, como recomendava Vitruvius, há dois mil anos, para ir além da representação do desenho da arquitetura, em outras palavras, para coordenar toda a cadeia do processo construtivo.

⁵ “To arrive at this level of expression and control required that the designer had to be skilled in the logic of design, in order to define and refine the complex system of geometric, algebraic, and logical relationships that is the essential foundation of this process”.

1.1.3 A tecnologia e o ensino-aprendizagem da arquitetura

Toda lógica da informatização do processo do projeto relacionada ao exercício da profissão pode, também, de um jeito mais apropriado, ser aplicada ao ensino da arquitetura, pois a academia, a princípio, deveria estar na vanguarda dos conhecimentos e das transformações. Pensando nas várias relações que constituem a academia, a pergunta, inevitável, que se deve fazer no momento não é mais se as ferramentas computacionais de auxílio ao ensino do processo de projeto continuarão mudando, mas de que forma essas mudanças se realizarão.

As primeiras ferramentas computacionais CAD objetivavam, basicamente, a representação e apresentação do projeto. Mesmo sendo uma mudança significativa, tinha-se o sentimento de que elas poderiam evoluir muito mais do que elas proporcionaram no primeiro instante, e é o que se está presenciando nesse momento. Além das novas expectativas para o processo do projeto, provavelmente, as ferramentas computacionais também evoluirão no sentido de se promover uma melhor interação nas relações entre os agentes do ensino-aprendizagem. Mas para que as academias usufruam dessas inovações é preciso que elas se preparem mais adequadamente para o que virá, diferentemente do que tem ocorrido até agora.

Desde as primeiras inserções das ferramentas computacionais na prática do ensino do projeto de arquitetura, no início da década de 1990, elas sofreram mudanças significativas. Elas melhoraram a velocidade de processamento, a confiabilidade, capacidade de armazenagem e principalmente a potencialidade. Com todas essas transformações, elas melhoraram visivelmente o desempenho da representação e estão envolvidas de diversas maneiras no trabalho do arquiteto e do estudante. Nas academias a inserção das ferramentas computacionais foi bastante gradativa, e consolidou-se depois de um processo muito intenso de convencimento e de muitas expectativas frustradas. Não foi um processo fácil!

Mais recentemente, principalmente nos últimos cinco anos, houve mudanças importantes nos rumos das ferramentas computacionais. As inovações e os

aprimoramentos dos *softwares* concentraram-se mais acentuadamente nas ferramentas tridimensionais. Essas mudanças aconteceram, sobretudo, na modelagem digital das informações, que permitem, preferencialmente, agregar valores e especificações que vão além dos próprios parâmetros geométricos dos objetos. Essas informações contidas a partir da modelagem tridimensional digital são capazes de realizar a materialização, quer seja por meio de maquetes prototipadas, quer seja na fabricação de elementos estruturantes em tamanho real. De certa forma, as academias, com raríssimas exceções, estiveram a reboque dessas experimentações e ainda hoje têm as ferramentas CAD da primeira geração como a base do ensino computacional, fundamentalmente, ainda focadas na representação dos projetos.

Os *softwares* utilizados hoje para as modelagens tridimensionais de informações digitais são bastante diferentes daquelas ferramentas CAD do início da década de 1990. Esses novos *softwares*, chamados de BIM⁶ (*building information modeling*), mais bem traduzidos para programas de produção das modelagens de informações para construção, são mais específicos para o processo de produção e fabricação do edifício do que para a representação do projeto. Krygiel (2010, p. 45) destaca que a informação e o processo de trabalho são os maiores benefícios do BIM: “[...] podemos utilizar BIM não apenas como uma ferramenta de documentação, mas como um meio de comunicação. BIM é uma metodologia de refinamento contínuo, não de uma mudança drástica” (tradução nossa).⁷ Esta referência que Krygiel traz tem de ser avaliada do ponto de vista dos processos metodológicos que cada instituição pode oferecer. A mudança não será drástica para as IES que direcionam o aprendizado para o processo construtivo. Isso seria, portanto, uma feliz coincidência.

Existem atualmente no mercado de *software* vários fabricantes de BIM, cada qual com as suas especificidades, vantagens e desvantagens. Esses programas de sistemas BIM podem ser utilizados associativamente com outros *softwares*, que têm

⁶ BIM – *building information model* – representação digital dos componentes construtivos e do processo de construção para facilitar o intercâmbio e a interoperabilidade de informação em formato digital.

⁷ “[...] we can utilize BIM as not only a documentation tool, but a medium of communication. BIM is a methodology of continual refinement, not one of drastic change”.

outras competências, e assim ampliar as suas utilidades para a arquitetura. Argumentam Eastman et al. (2008, p. 286):

O grande cenário é que BIM vai facilitar a integração antecipada da concepção do projeto com as equipes da construção, aproximando os outros colaboradores. Isso ajudará a tornar o processo de finalização da obra mais rápido, menos oneroso, mais confiável e menos propenso a erros e riscos.

Dependendo do que se pretende, pode-se trabalhar com BIM em todas as etapas do processo da construção do edifício, variando da concepção até a produção de elementos fabricados e dirigidos por computadores diretamente para obra. Mesmo estando dentro de uma academia, onde o processo de aprendizagem da execução apresenta limitações de ordem física e financeira, é possível realizar simulações, por meio de prototipagem (Figura 1), ou mesmo fazer experimentos em escala reduzida e, assim, obter resultados acadêmicos expressivos.



Figura 1. Prototipagem por subtração em montagem de modelo em escala reduzida.
Fonte: <http://www.veengle.com>

Atualmente, na arquitetura e em outras áreas de conhecimento como aeroespacial, naval e automotiva, por exemplo, já é bastante significativo o uso das ferramentas de modelagens tridimensionais de informações digitais (BIM) automatizando todo processo de produção e fabricação. É um processo de mudança conceitual nos padrões do planejamento e da fabricação, inserindo novas referências e novos meios. Com todas essas credenciais apresentadas pelas ferramentas de modelagens tridimensionais de informações digitais (BIM), seria inevitável que elas estivessem presentes nos ateliês de arquitetura. E realmente já estão!

Elas também estão presentes nas escolas de arquitetura brasileiras, porém, ainda de forma incipiente, pouco, ou quase nada, estudadas quanto ao seu aproveitamento na prática do ensino, mas ainda de forma bastante difusa. O uso de BIM pelos estudantes na produção de objetos para fabricação e produção de objetos para estudos ainda é quase inexistente, salvo algumas raríssimas exceções, e não foram incorporadas ao processo do ensino do projeto. Gauchat (2009, p. 33), que é um otimista das oportunidades que BIM oferece, ainda não está convencido se as ferramentas BIM farão dos arquitetos o centro do processo construtivo:

Ainda não está claro se BIM vai levantar arquitetos para novos patamares, ou se isso conduzirá a uma maior marginalização. Ao contrário do CAD, o seu poder transformador sobre a profissão será muito mais rápido e, portanto, mais consequente. (Tradução nossa).⁸

O uso das ferramentas BIM nos ateliês das academias brasileiras se efetiva de forma esporádica, sem controle das IES, tampouco dos professores-orientadores, que, normalmente, as tratam como mais uma ferramenta de CAD ou de modelagem comum, sem controle de informação para a produção e fabricação do edifício ou de peças estruturantes.

Se por um lado as ferramentas computacionais mudaram substancialmente desde os primeiros programas CAD, por outro, a prática do ensino do projeto de arquitetura não modificou muito. Praticamente continua da mesma forma como era no passado, quando ainda se utilizavam os instrumentos tradicionais – prancheta, régua, esquadros e compasso –, criando um abismo lógico entre a prática do ensino e as atuais tecnologias disponíveis. “Enquanto o CAD mudou a maneira como a maioria dos arquitetos criava os desenhos de construção, não houve uma mudança imediata do papel desses desenhos na produção do edifício” (WILLIS; WOODWARD, 2010, p. 180, tradução nossa).⁹ Dessa forma, o que se percebe, mesmo ainda que de forma preliminar, é um grande choque de procedimentos no

⁸ “It is not yet evident whether BIM will lift architects to new heights or whether it will lead to further marginalization. Unlike CAD, its transformative power on the profession will be far swifter and thus more consequential”.

⁹ “While CAD changed the way most architects created construction drawing, it did not immediately change the role of these drawings in the production of building”.

atual ensino do projeto de arquitetura, muito maior do que ocorre na primeira fase da inserção das ferramentas CAD no início dos anos 1990, quando os programas de CAD invadiram os ateliês.

De um lado, vemos a atual prática centrada nos procedimentos que se estruturam na representação do projeto, historicamente construída para que o arquiteto dominasse preferencialmente a etapa do projeto. Nesse contexto as interações professor-aluno ficam envolvidas, basicamente, nas suposições e deduções da produção dos desenhos e suas variações, havendo pouco espaço para discussão da tecnologia, dos elementos estruturantes e da execução do edifício. Do outro, temos a aproximação de uma ferramenta inovadora (BIM), que se estrutura, sobretudo, nas informações dos elementos geométricos para a fabricação e produção do edifício, capaz de resgatar o papel do arquiteto-coordenador do processo construtivo. Além de todos esses benefícios aparentes, pode-se ainda imaginar um cenário mais favorável, além das fronteiras das suposições e deduções, para as interações professor-aluno no ensino do projeto de arquitetura, mais centrado nas questões da tecnologia da arquitetura.

Será, inevitavelmente, um choque entre padrões de procedimentos com embasamentos diferentes. Não se trata de adaptações ou precipitações, mas de conflitos estabelecidos pelas diferenças dos objetivos do aprendizado e da formação do arquiteto. Além do mais, é sabido que, para ocorrer avanços, resistências enormes deverão ser superadas, pois, por motivos óbvios, há ainda os que acreditam no paradigma estabelecido. E, segundo Kuhn (2000, p. 190-192), em alguns momentos não são apenas resistências, pois que se chega às raias da obstinação e da teimosia. De sorte que, para o alcance do sucesso – o processo da substituição do padrão estabelecido –, a transição não pode ser forçada e nem tampouco feita passo a passo, mas de forma súbita, ou então, não ocorrerá jamais. Em alguns casos essa resistência pode perdurar até por uma geração, posto que os mais velhos tendem a resistir indefinidamente. Esse panorama de conflito se estabelece porque não se pode apenas substituir parcialmente padrões antagônicos. Pode-se apenas aproveitar se de algumas referências. É preciso um estudo mais direcionado e aprofundado.

Esse novo panorama desconexo entre a prática atual, da maioria das academias de arquitetura brasileiras, do ensino do projeto e as ferramentas de interação BIM exige a superação de grandes desafios. Em outras palavras, é preciso que as academias estejam abertas às novas oportunidades. Elas precisam experimentar o novo de uma forma intensa, sem culpas e ressentimentos.

Os estudantes, cada vez mais, interagem com as tecnologias disponíveis e há, nesse sentido, mudanças constantes no comportamento que objetiva acompanhar e apropriar-se das inovações e dos seus benefícios. Coser (2010, p. 12), citando Willians e Edge no livro *A concretização da tecnologia social*, realça a necessidade de os estudiosos contemporâneos “estarem unidos por uma insistência de que a caixa-preta da tecnologia deva ser aberta, para permitir que os padrões socioeconômicos sejam incorporados” (tradução nossa).¹⁰ Vale dizer, abrir a caixa-preta no sentido de expor e analisar os conteúdos e o processo de inovação. A insistência é positivista, pois busca ampliar a discussão e achar caminhos para novas oportunidades. Porém, não se observam, pelo menos até agora, mudanças significativas na prática atual do ensino do projeto de arquitetura que sustente e se adéque às inovações trazidas pelas novas tecnologias, incluindo BIM. Este é o desafio a ser superado!

1.2 Problemática

O atual ensino brasileiro do projeto da arquitetura, depois da inserção das ferramentas computacionais substituindo os desenhos convencionais feitos manualmente, atravessa outro momento importante de transformação, mas que, surpreendentemente, ainda não sobreveio, esbarrando em suas próprias dificuldades. Mesmo com o visível avanço que as ferramentas digitais trouxeram ao aprendizado da arquitetura, elas, até agora, não modificaram a essência de como o espaço construído pode ser elaborado, como, de fato, se esperaria.

¹⁰ “[...] are united by an insistence that black-box of technology must be opened, to allow the social economic patterns embedded”.

A realidade do estado da arte das tecnologias digitais no ensino das escolas de arquitetura brasileiras tem mostrado um cenário desanimador, onde ainda prevalecem, basicamente, de um lado os desenhos ortográficos, gerados a partir dos sistemas CAD bidimensionais e, por outro, os sistemas CAD tridimensionais genéricos, modeladores das entidades geométricas de forma global.

No primeiro caso, os desenhos bidimensionais, mesmo elaborados em sistemas CADD, continuam ambíguos, tais quais os desenhos feitos manualmente no passado recente, podendo ser interpretados de diferentes maneiras. Em outras palavras, eles representam vistas parciais e independentes das suas entidades geométricas. Esse processo de representação, mesmo que ainda digital, foi uma herança histórica dos desenhos predominantemente artísticos, como os de Sansedoni, que serviam, precariamente, para ilustrar o processo construtivo. Neste caso, podemos incluir as representações e decisões das estruturas nos projetos acadêmicos, onde normalmente são representados de forma parcial e genericamente, sem a consistência e a coerência que esse assunto merece.

No segundo caso, a modelagem tridimensional, mesmo não havendo, a princípio, ambiguidade na representação da sua geometria, ela não incorpora os dados e nem as propriedades dos materiais supostamente utilizados, apenas simula as suas características visuais. Portanto, pode-se afirmar que nesses aspectos as representações ainda continuam genéricas e comprometem o comportamento nas inter-relações, podendo, como os desenhos bidimensionais, serem interpretadas de diferentes maneiras. Há, sem dúvida, um avanço considerável em relação à representatividade bidimensional, mas que ainda não preenche, por completo, a previsibilidade da dinâmica do processo da construção do edifício, destacadamente as estruturas digitais; apenas tangencia-o.

De uma maneira diferente dos métodos anteriores, os sistemas BIM vêm preencher essa lacuna e introduzir novas possibilidades no processo projetual, pois representam, sem nenhuma ambiguidade, os componentes construtivos específicos, não só quanto a sua geometria, mas também quanto às propriedades tecnológicas e das informações de seus materiais, comportando de maneira lógica nas suas inter-relações. Nesse caso específico das ferramentas BIM cria-se uma expectativa

positiva, esperando que os estudantes, cada um a seu tempo, apliquem os conhecimentos adquiridos nas disciplinas tecnológicas, observando a lógica curricular, na solução estrutural do projeto de arquitetura.

Segundo as expectativas de especialistas e pesquisadores da área da fabricação digital, as ferramentas de modelagem tridimensionais de informações BIM tornar-se-ão uma realidade irreversível no processo projetual da arquitetura, consolidando-se como uma nova maneira de pensar e criar espaços, conectadas ao processo construtivo, reaproximando, como foi no passado remoto, o arquiteto à obra.

Nas escolas de arquitetura brasileiras, esse segundo momento de transição para os sistemas BIM ainda está ocorrendo de forma muito incipiente e, aparentemente, sem levar em conta os aspectos importantes e que os diferenciam das outras ferramentas de modelagem genéricas. Os currículos dos cursos de arquitetura ainda continuam focados nas representações ortogonais do projeto, uma lógica incompatível com as necessidades do sistema BIM. O sistema BIM, definitivamente, não é uma evolução do sistema CADD¹¹, como poderia aparentar, pois trabalha em plataforma e lógicas bastante diferentes, representando entidades específicas de forma não ambígua.

Para se estabelecer uma sistemática BIM no processo do aprendizado do projeto de arquitetura há a necessidade de se reconstruir um cenário mais apropriado e diferente da forma como ocorre atualmente. Hoje, geralmente, os alunos veem primeiro as qualidades geométricas genéricas e abstratas dos artefatos arquitetônicos e, desconexamente, as qualidades construtivas de forma progressiva e ao longo do curso.

Diante desse quadro curricular anacrônico e a iminente introdução dos sistemas BIM no ensino do projeto da arquitetura nas faculdades brasileiras, esta pesquisa se propõe a contribuir investigando a atual produção acadêmica para desvendar se as ferramentas BIM estão sendo utilizadas de forma coerente com os respectivos conhecimentos relativos dos elementos estruturais e sistemas

¹¹ CAAD – Computer Aided Draw and Designer.

construtivos, independentemente da coexistência de outras ferramentas para produção do espaço arquitetônico. Para tanto, comparam-se estudantes que utilizam as ferramentas BIM em seus projetos com aqueles que não as utilizam. São pesquisados estudantes prioritariamente em fim de curso, ou nos estágios mais avançados de cada IES de arquitetura. Objetivamente, esta pesquisa busca relacionar os conteúdos dos projetos acadêmicos com o que os estudantes experimentam na disciplina do aprendizado do processo construtivo, principalmente quanto às definições dos elementos estruturais. Então, o que se busca saber, de fato, é: *Há, comparativamente, diferenças conceituais consistentes no uso dos elementos estruturais e construtivos nos projetos acadêmicos dos estudantes de arquitetura que utilizam e os que não utilizam as ferramentas de modelagem BIM?*

1.3 Hipótese

De um modo geral, o sistema CAD foi adotado nas escolas brasileiras de arquitetura basicamente como uma ferramenta de desenho. No entanto, na abordagem de ensino do projeto arquitetônico as ferramentas CAD são utilizadas, sobretudo, para apresentar os desenhos bidimensionais obrigatórios e, no máximo, para fazer perspectivas hiper-realistas (ou uma sequência delas), geradas a partir de um modelo 3D, geralmente elaborado depois do projeto pronto (CAIXETA, 2007).

Esse panorama ficou estabelecido dessa maneira porque as ferramentas computacionais foram, simplesmente, acomodadas na prática do ensino da arquitetura apenas substituindo os desenhos convencionais feitos à mão, não “necessitando”, por conseguinte, de mudanças significativas. Outras expertises das ferramentas computacionais, como a animação, por exemplo, ficaram legadas ao segundo plano como uma espécie de efeitos especiais complementares ou concorrentes das tradicionais maquetes físicas.

Se no primeiro momento, até pela novidade, as capacidades das ferramentas computacionais possivelmente foram negligenciadas, hoje, percebe-se, até pelos exemplos de sucessos que surgem a cada instante em todo o mundo, um ambiente bem menos hostil à aceitação das suas qualidades. Nesse sentido, o modelo atual de interação, da grande maioria, na prática do ensino do projeto de arquitetura está

se tornando, rapidamente, um modelo superado e ineficiente. Saffer (2010, p. 4) explica: “A interação, em si, acontece entre pessoas, máquinas e sistemas, em uma variedade de combinações” (tradução nossa).¹² Para que as ferramentas de interação BIM sejam incorporadas oficialmente e tenham um aproveitamento adequado de suas capacidades, é imprescindível harmonizá-las ao conhecimento tecnológico dos materiais e do processo construtivo, principalmente, dos elementos estruturantes.

No contexto da atual prática do ensino do projeto de arquitetura da maioria das faculdades brasileiras e considerando o que os estudantes conhecerão sobre os respectivos conteúdos programáticos do ramo tecnológico, imagina-se que os estudantes que utilizam ferramentas BIM possam apresentar indícios de terem maior consistência estrutural em seus projetos acadêmicos de arquitetura, comparativamente com aqueles que não utilizam BIM, independentemente da metodologia do ensino tecnológico dos seus cursos.

Por isso, suspeita-se que as ferramentas de modelagens tridimensionais de informações digitais BIM e suas conexões estejam forçando positivamente os estudantes a criarem um vínculo lógico entre os conhecimentos específicos de cada disciplina, integrando as qualidades necessárias à definição do processo construtivo, principalmente as informações paramétricas dos elementos estruturais para fabricação e produção do edifício.

Para comprovação da hipótese, desenvolve-se pesquisa por meio de entrevistas aos estudantes e aos orientadores das faculdades de arquitetura da PUC Goiás, Universidade Estadual de Goiás e Universidade Federal de Goiás.

1.4 Justificativa

A escolha do tema deve-se a uma grande preocupação do pesquisador sobre o aproveitamento adequado das ferramentas de modelagens tridimensionais de informações digitais nas escolas de arquitetura brasileiras. No passado, as ferramentas CAD foram absorvidas de maneira equivocada, sem um estudo mais

¹² “The interaction itself takes place between people, machines, and systems, in a variety of combinations”.

aprofundado quanto as suas reais possibilidades, foram, simplesmente, acomodadas como instrumento de desenho, praticamente substituindo os antigos desenhos tradicionais feitos à mão (CAIXETA, 2007). Nesse processo todo, foi perdido muito tempo com discussões inócuas, distorcendo o foco do que realmente interessava, ou seja, com o que e até onde as ferramentas computacionais poderiam contribuir com a arquitetura, o que de fato não foi feito.

Hoje, após quase vinte anos da inserção das ferramentas computacionais no ensino de arquitetura, a sua utilização no processo de produção do projeto praticamente não se alterou. Salvo algumas heroicas exceções, experiências que ainda são incipientes e pulverizadas, não se pode afirmar que se esteja conquistando avanços significativos no uso das ferramentas computacionais no ensino do projeto, apesar de elas atualmente terem outras e melhores capacidades. Não se podem mais ignorar os reais ganhos de produtividade que as ferramentas computacionais são capazes de trazer para o processo do projeto e do ensino de arquitetura. Mais especificamente para esta pesquisa, o trabalho trata da importância da definição dos elementos estruturantes na solução do processo construtivo, mais especificamente das complexidades do aço e seus esforços e possibilidades da montagem e a fabricação em sistemas de pré-montagem.

Essa preocupação se justifica porque a arquitetura no mundo está sofrendo grandes e rápidas transformações, buscando agregar informações aos componentes tecnológicos da arquitetura, principalmente os elementos estruturantes. O processo de fabricação e produção dos edifícios e das obras de exceção está dependendo, cada vez mais, das ferramentas computacionais BIM, ou o que elas proporcionam: a qualidade, eficiência, precisão e agilidade. Como afirma Krygiel (2010, p. 43), os “edifícios têm-se tornado muito mais complexos, com muitos mais sistemas integrados e inter-relacionados” (tradução nossa).¹³

O que mais estimula pesquisar e estudar este assunto em uma tese de doutorado é a oportunidade de se entender o porquê de as ferramentas computacionais estarem, constantemente, produzindo abaixo de suas reais capacidades e, sabidamente, o seu aproveitamento no ensino ainda não tenha

¹³ “Buildings have become much more complex with many more interrelated and integrated systems”.

produzido resultados extraordinários que justificassem a inércia e paralisia tecnológica atual. Entende-se, portanto, que se devem estudar, mais adequadamente, as condições de aprendizagem das questões tecnológicas para que, finalmente, as academias brasileiras possam-se agregar às novas ferramentas computacionais atuais BIM, de maneira apropriada e, assim, possibilitar novas e ricas experiências, inovando, produzindo e fabricando.

Nesse sentido, esta pesquisa é também importante, porque ela poderá nortear, corretamente, as escolas na discussão e implantação das ferramentas de modelagens tridimensionais de informações digitais (BIM) na prática do ensino do projeto de arquitetura. Portanto, neste “novo” cenário, as relações professores-alunos poderiam se desenvolver no campo das ideias, sem as atuais suposições, presunções ou interpretações subjetivas, próprias dos desenhos bidimensionais tradicionais.

1.5 Objetivo geral

Averiguar, em caso positivo da comprovação da tese, se as ferramentas de modelagens tridimensionais de informações digitais BIM podem ser utilizadas oficialmente como instrumento eficientemente, aproveitando toda sua capacidade, na atual prática do ensino do projeto de arquitetura das faculdades brasileiras, ampliando e melhorando a interatividade das diversas áreas do conhecimento da arquitetura, ou pelo menos as que são relacionados nos currículos. Ou, em caso negativo, e independente da mídia utilizada, procura-se mostrar a falta de conexão entre o que se ensina nas disciplinas de projeto e nas disciplinas tecnológicas, principalmente no que diz respeito aos estudos dos elementos estruturais. Neste caso, haveria a necessidade de um estudo mais aprofundado das mudanças necessárias para as adequações dos conteúdos a serem aplicados, levando-se em consideração que as ferramentas de modelagem BIM são de fato uma realidade inevitável.

1.6 Contribuições da pesquisa.

Este trabalho antecipa algumas discussões a respeito da inserção das ferramentas de modelagens tridimensionais de informações digitais na atual prática do ensino de projeto de arquitetura. Dentre outros fatores, espera-se encontrar possíveis inconformidades entre o uso e as reais vantagens dessa ferramenta, de forma que aponte a necessidade de se fazer ajustes no conteúdo programático, principalmente quanto à deficiência de conhecimento dos elementos estruturantes, da representação do projeto e do processo de produção do edifício, para que as ferramentas digitais BIM sejam, na prática do ensino do projeto, um aliado importante, principalmente possibilitando a aproximação do arquiteto à obra.

Esta pesquisa fornece subsídios necessários para possibilitar mudanças significativas no ensino da arquitetura atual, quanto aos seus procedimentos processuais do projeto, focando prioritariamente na fabricação digital. Por consequência, poder-se-ia, além de eliminar o tempo gasto com os atuais registros bidimensionais da ideia, que são longos e cansativos, melhorar a interatividade das relações professor-aluno. Essa possibilidade de reconstrução da abordagem da forma de se fazer e se apresentar os projetos utilizando-se preferencialmente os modelos tridimensionais de informações digitais BIM permite a obtenção de projetos mais consistentes e mais experimentados. Neste novo cenário digital “desejável” os estudantes dispensariam mais tempo com os estudos da forma, com os condicionantes do projeto, como análises das influências da estrutura, custos, da eficiência energética e do meio ambiente.

2 Contextualização Teórica

2.1 Considerações temporais: a representação e a obra

Os desenhos foram uma das primeiras manifestações do homem. Ainda nas cavernas (Altamira, Espanha), por volta de 16.000 a.C., o homem primitivo desenhava na tentativa de transcrever cenas do cotidiano, seu modo de vida, das suas percepções, suas crenças e seus pensamentos. A escrita, outra manifestação do homem, apropriou-se dos desenhos iconográficos (sumérios e acadianos por volta de 4.000 a.C.) para criar outra forma pictural de comunicação (Figura 2), utilizando-se das formas figuradas para simbolizar determinados temas ou ações e para construir as primeiras cidades.

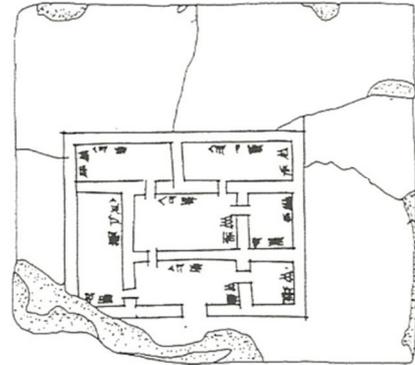


Figura 2. Planta de uma casa em Djoka, dos sumérios, Mesopotâmia, 2.150 a.C.
Fonte: Silva, 2010, p. 27.

Os egípcios relacionam, pela primeira vez, as formas geométricas aos problemas de matemática (Papiro de Rhind, em aproximadamente 1.650 a.C.) para solucionarem problemas construtivos das pirâmides. Os gregos foram grandes desenvolvedores da geometria, da perspectiva e da arquitetura. Costa (2005, p. 17) explica que esses conhecimentos foram resultado das rupturas com o passado místico e das crenças nas forças sobrenaturais, mediante o desenvolvimento de “uma reflexão laica e independente, própria do espírito especulativo, que se debruçava sobre o mundo procurando entendê-lo em sua objetividade”. Isso sem contar os grandes avanços nos conhecimentos sobre a natureza e a astronomia.

Para assegurar que o Parthenon (Figura 3) (448-432 a.C.) parecesse perfeitamente reto e na proporção exata, ao olho humano, os arquitetos gregos Ictino, responsável pelo projeto e a obra, e Calícrates fizeram uso de técnicas de “refinamentos”. Entre elas a mais conhecida era a êntase, uma curvatura para fora do fuste da coluna, que deforma levemente as colunas e arquitraves das fachadas e as laterais.

Lawrence (1998, p. 125) descreve este efeito: “Até certo ponto pode-se considerar esse recurso um corretivo da ilusão ótica, porque a coluna com suas

laterais em perfeitas linhas retas, vistas contra a luz, parecem mais delgadas no meio do que no topo e na base”. A êntase diminuía a tendência de os olhos se direcionarem, exclusivamente, ao longo do fuste, para baixo e para cima. Ainda segundo Lawrence, essa técnica se baseou na redução natural dos troncos de árvores, que eram utilizados como colunas, mas perpetuados pelos gregos em pedra pelos evidentes efeitos estéticos. Mas o efeito mais perseguido pela êntase é, sem dúvida, a busca do aumento da altura aparente do edifício, reduzindo o efeito da correção da distância e da escala do olho humano. Todas as técnicas gregas eram executadas pela representação dos desenhos aplicados nos processos da fabricação das peças, garantidas pelo conhecimento da matemática e da geometria.



Figura 3. Parthenon, Atenas, 448-432 a.C.
Fonte: Fazio, 2008, p. 49.

Pitágoras (grego do século V a.C.) foi mais do que um matemático. Ele desenvolveu vários fundamentos da forma geométrica, principalmente as proporções das dimensões do pentagrama, que também é a relação da escala musical. Euclides de Alexandria, que também era grego (século IV a.C.), é considerado o pai da geometria, revelador do espaço imutável, simétrico e geométrico, teórico contundente da espacialidade e dos números. Os ricos conhecimentos culturais da Grécia Clássica continuam encantando até hoje e influenciaram fortemente outros povos da antiguidade, principalmente os romanos. Marco Vitruvius Polião, um

admirador da arquitetura grega, era romano, arquiteto e engenheiro que viveu no primeiro século a.C. Ele escreveu dez livretos intitulados *De architectura libri decem*, primeiro tratado sobre a arquitetura que se tem notícia na história. No primeiro livro, Capítulo 1, “Preliminares a um estudo futuro de Vitruvius” (KATINSKY, 1997, p. 50), descreve em seus apontamentos passos, como uma cartilha a ser seguida, para construir os edifícios utilizando-se os instrumentos de desenho.

É necessário que o arquiteto saiba ler e escrever para que possa, com o auxílio de apontamentos, tornar mais eficiente sua memória; depois ter a ciência do desenho, com a ajuda do qual disporá de reproduções figuradas mais facilmente do que se quisesse esboçar o contorno da obra. Por seu turno, a geometria presta uma grande ajuda à arquitetura: primeiramente ela trouxe o uso da régua e do compasso, com os quais se descrevem muito mais facilmente o projeto dos edifícios nos terrenos e o alinhamento dos esquadros, dos níveis e dos prumos. Do mesmo modo, pelo estudo da ótica, a luz é conduzida corretamente nos edifícios a partir de determinadas direções do céu.

Percebe-se a importância do conhecimento da geometria para o arquiteto de sua época, bem como o uso dos seus instrumentos de matemática e da representação do desenho para a garantia da excelência da obra. Em outro trecho, também no primeiro livro, Capítulo 2, Vitruvius (KATINSKY, 1997, p. 54) relata, com clareza, as relações dos desenhos e da perspectiva, como forma de representação, para a execução do edifício:

As imagens da disposição, que em grego chamam-se *ιδέαι*, são estas: planta, elevação e perspectiva. Planta é o uso metricamente definido da régua e do compasso, pelo qual se descrevem as formas das áreas do solo. Elevação, por sua vez, é a imagem da fachada metricamente representada segundo o partido da futura obra, assim como perspectiva é o esboço da fachada e das laterais em fuga, concorrendo todas as suas linhas para o ponto central de uma circunferência. (Grifo do autor).

Essas e outras observações temporais contidas nos dez livros de Vitruvius revelam que provavelmente o livro tenha sido escrito 40 a.C., mas que ficaram perdidos por vários séculos. Em vários trechos do livro de Vitruvius, há descrições minuciosas dos processos construtivos da arquitetura grega e romana. Em uma passagem específica ele relata as curvaturas, por meio de medidas matemáticas, das partes das colunatas do Parthenon de Ictino. Embora os manuscritos de Vitruvius tenham sido descobertos em 1414, só foram publicados pela primeira vez, em italiano, em 1521 (KATINSKY, 1997), bem depois do tratado de Leon Battista Alberti, que foi escrito em 1452, mas só publicado em 1485.

Sobre o período conhecido hoje como Idade Média, subsequente à queda do Império romano até o período gótico, há com poucos relatos de desenhos relacionados à representação da arquitetura, tampouco há imagens onde um edifício seja desenhado em plantas ou fachadas com relativa precisão. Até então, o que se conhece desse período são as plantas de alguns edifícios, principalmente os religiosos. Silva (2010, p. 37) explica: “Antes da época gótica não existiam senão desenhos sumários”. Efetivamente, os desenhos relacionados ao processo construtivo só aparecem na catedral de Reims (Figura 4), França (século XIII),

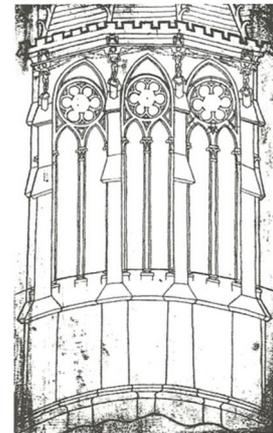


Figura 4. Desenho da Catedral de Reims, França, cerca de 1230.
Fonte; Silva, 2010, p. 46.

deixados por Villard de Honnecourt, ainda sem uma confirmação se estariam sendo utilizados para a execução da obra ou simplesmente para uma representação tardia, possivelmente para captação de recursos financeiros, prática bastante comum para época. Os desenhos de Sansedoni (Figura 5), descobertos por Franklin Toker (1340 d.C.), representam um marco na representação da arquitetura, pois são claramente desenhados à escala, com ortogonalidade, cotas e textos explicativos e orientativos. Apesar de todas essas novidades, não eram suficientemente detalhados para serem utilizados como instrumento único da execução do edifício, pelo menos da forma como interpretamos hoje. Provavelmente, se prestavam, como argumenta Robbins (1997, p. 13) sobre as afirmações de Toker, à transmissão das ideias da concepção, um princípio, nesse sentido, mais que apenas um guia.

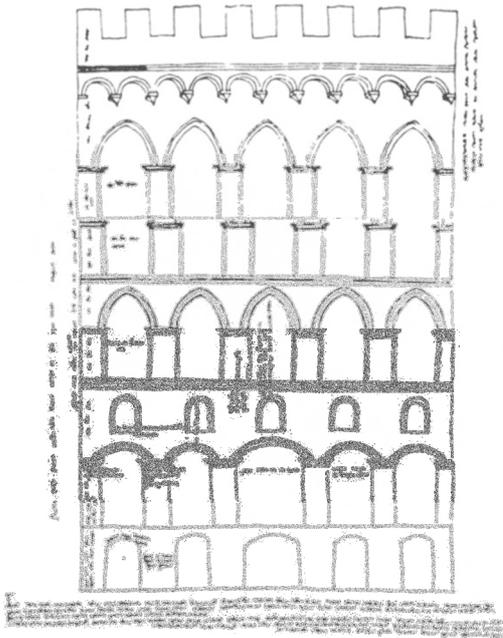


Figura 5. Palácio Sansedoni, Itália, 1340.
Fonte: Silva, 2010, p. 51.

As evidências salientadas pelas elevações de Sansedoni podem sugerir que já estaria se desenvolvendo uma nova relação entre arquitetos que projetavam e os mestres-constructores (ROBBINS, 1997, p. 15). As decisões acerca da construção seriam, ainda por muitos anos, deixadas aos mestres de obra, confiando que os pedreiros e outros artesãos trabalhariam dentro dos princípios convencionais da forma, estrutura e expressão arquitetônicas (SILVA, 2010, p. 50).

O Renascimento Europeu

(aproximadamente entre 1300 e 1650) foi um período efervescente e de grandes descobertas, muito fértil para as artes de um modo geral, destacando-se as pinturas e esculturas. Costa (2005, p. 30) confirma: “O conhecimento deixa de ser encarado como uma revelação, resultante da contemplação e da fé, para voltar a ser, como o fora para os gregos e romanos, o resultado de uma bem conduzida atividade do pensamento”. A arquitetura também era considerada um tipo de arte, com os artesãos-constructores, detentores dos conhecimentos do desenho, que tinham *status* de nobreza. A necessidade de atender ao aumento da demanda crescente, o apego ao domínio da representação do edifício, provocou o início da separação do desenho de representação do processo construtivo. Garber (2009, p. 92) imputa grande parte dessa separação a Alberti e suas convicções e contradições a Vitruvius.¹⁴

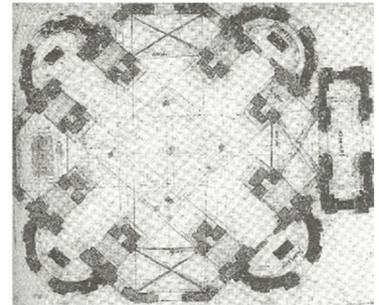
Ao escrever seu tratado, Alberti se tornou um defensor dos arquitetos envolvidos com o projeto, mas não na construção. Este codificou

¹⁴ “In writing his treatise, Alberti became an advocate of those architects engaged in design but not in construction. This codified a split, or gap, between design and making that still exists today, more than 600 years later, and frequently puts architects at odds with those who build their work”.

uma divisão, ou uma lacuna entre o projeto e o fazer que existe até hoje, mais de 600 anos depois, e frequentemente coloca os arquitetos em desacordo com aqueles que constroem o seu trabalho. (Tradução nossa).

Simultaneamente a esse rompimento com a obra houve a aproximação dos arquitetos com as artes, pintura e escultura, provavelmente um marco no retrocesso da profissão do arquiteto como construtor. No entanto isso permitiu que a fase do projeto alcançasse a sua autonomia, relegando a execução para uma atuação derivativa (SILVA, 2010, p. 100).

Os grandes pintores renascentistas, como Da Vinci, Michelangelo, Vassari e Raphael, também trabalhavam como arquitetos e projetaram obras importantes. Michelangelo, um dos maiores pintores e escultores de todos os tempos, também se dedicou à arquitetura (Figura 6). Ele construiu a cúpula da Catedral de São Pedro do Vaticano (Roma) e remodelou todo o seu espaço interno.



**Figura 6. Michelangelo, estudo da planta para San Giovanni dei Fiorentini (1559-1560).
Fonte: Silva, 2010, p. 91.**

Não havia uma separação formal entre as profissões. Permeava-se entre os saberes espontaneamente, dependendo dos desafios que eram apresentados. Costa (2005, p. 30) reafirma a aproximação das ciências e das técnicas e filosofia: “Assim, filosofia, ciência e arte se voltaram para a realidade concreta, para o mundo, numa ânsia para conhecê-lo, analisá-lo, medi-lo, quer por meio de instrumentos e técnicas, quer por meio da pena e do pincel”. Grandes personagens do Renascimento acumularam conhecimentos filosóficos, sociológicos e das artes gregas como doutrina e princípios de vida, contrapondo a fé religiosa, apesar das ligações com a Igreja e Estado. Independentemente da arte a ser executada, os grandes mestres renascentistas utilizavam-se de toda a tecnologia que se conhecia para fazer a melhor obra possível.

Grandes arquitetos renascentistas como Brunelleschi, Alberti e Palladio também tinham atuações destacadas nas artes – às vezes eram escultores (Figura 7) e outras, pintores. Desde então, essa relação da arquitetura, desenhos e arte tornou-se bastante próxima e complementar, por vezes confundindo-se em sua essência, ou seja, o da representação como forma de expressão de uma ideia.



Figura 7. Interior da Villa Rotonda, Andrea Palladio, Vicenza, Itália, 1591. Fonte: www.villalarotaonda.it

O desenho era o instrumento pelo qual os arquitetos podiam ser reconhecidos, tanto como elemento de comunicação quanto na produção de seu trabalho e expressão de seu conhecimento. Robbins (1997, p. 19) explica que o instrumento de representação era muito diferente da práxis atual:

É suficiente dizer que no século XVI o desenho tornou-se o meio pelo qual os arquitetos poderiam transformar suas ideias de projeto em forma construída. Ao mesmo tempo, eles poderiam e fizeram o uso de desenho para ajudar a direcionar a transformação da divisão social do trabalho por meio do qual a arquitetura foi produzida. Se este processo não estava completo, ele estava longe do modo como se tornaria na prática contemporânea da arquitetura. (Tradução nossa).¹⁵

O livro de Alberti foi uma revelação muito influente, para a época, pois ele expunha, com detalhamentos matemáticos, os principais elementos da arquitetura (GLANCEY, 2001, p. 68). Há de se ressaltar que até aquela época não existia nenhuma referência escrita sobre os princípios do desenho e da execução obra.

¹⁵ “Suffice it to say that by the sixteenth century the drawing had become the means by which architects could transform their design ideas into built form. At the same time, they could and did use drawing to aid in directing the transformation of the social division of labor through which architecture was produced. If this process was not complete, it was far on its way to what it would become in the contemporary practice of architecture”.

A falta de evidências de que os desenhos de representação tenham se alterado desde o período Clássico da arquitetura leva Robbins (1997, p. 11) a supor que o “papel do desenho, provavelmente, não mudou muito depois da queda de Roma. Se algo mudou, foi para pior, apesar de os arquitetos medievais terem feito uso de desenho em seu trabalho” (tradução nossa).¹⁶

A arquitetura não era uma profissão regulamentada como é hoje. O ofício era praticado por pedreiros/mestres de obras e sem nenhuma ingerência governamental. Os métodos e as técnicas de construção eram simplesmente passados por gerações empiricamente. Robbins (1997, p. 12), refletindo a esse respeito, afirma:

Eu acredito que ainda é correto afirmar que na construção medieval não havia um desenvolvimento organizado das práticas da construção moderna e do desenho arquitetônico, através das oficinas de desenho, para conceber e construir os modelos dos pedreiros. (Tradução nossa).¹⁷

Provavelmente foi deste estado de desregulamentação dos procedimentos que surgiu, mais tarde no Iluminismo francês, a necessidade de se organizar (academicamente) as normas, para que pudessem orientar e dar credibilidade aos métodos de se fazer e construir o edifício.

No entanto, a valorização dos conhecimentos através da organização dos desenhos, de certa forma, também contribuiu para que a profissão dos arquitetos fosse valorizada, diferenciando-se daqueles que praticavam a arquitetura, mas que detinham apenas a força braçal. Robbins (1997, p. 16) explica:

Desenho poderia ser, no entanto, um instrumento fundamental em que arquitetos poderiam se apropriar do processo de tornarem-se predominantemente projetistas e trabalhadores intelectuais. O desenho poderia ser utilizado para separar o arquiteto daqueles que

¹⁶ “The role of drawing probably did not shift much after the fall of Rome. If anything, its use may well have declined, though medieval architects did use drawing in their work”.

¹⁷ “I believe it still correct to say that in medieval building there was not the ordered progression of modern building practice, from the architectural drawing through the shop drawing to the design and construction of mason’s templates”.

realizavam o projeto através de seu trabalho braçal. (Tradução nossa).¹⁸

Os princípios do tratado de Alberti pregam as competências do arquiteto e os conhecimentos necessários que deveria ter para exercer a profissão. Mesmo assim, era bastante confuso ou mesmo indefinido o papel de quem faria os desenhos e de quem construiria, pois, como esclarece Robbins (1997, p. 17), as transformações das relações entre o construtor e do projetista de como se conhecem hoje não aconteceram de maneira abrupta e tampouco estavam resolvidas.

A transformação do papel do arquiteto não poderia ser rápida. Alberti, no começo do século XV, teria sugerido que o arquiteto tem por necessidade projetar, ao passo que o construtor realizar o projeto; o desenho deveria *guiar* essa relação. Contudo, não está claro que esse relacionamento ainda foi instituído. (Tradução nossa, grifo do autor).¹⁹

Nesse rico período da Renascença, além das descobertas e das efervescências das artes e da arquitetura, desenvolveram-se valiosas revelações e mudanças significativas no comportamento das pessoas. A organização dos trabalhos na construção permitiu que os arquitetos pudessem, por meio dos desenhos, desenvolver e acompanhar mais de uma obra ao mesmo tempo, melhorando e ampliando o seu campo de atuação. Robbins (1997, p. 15) afirma:

No sentido de trabalhar longe do local da obra, o arquiteto precisava de um meio para comunicar as ideias centrais que poderiam definir a concepção do projeto. O desenvolvimento conjunto do desenho em

¹⁸ "Drawing would be, nonetheless, a critical instrument that architects would appropriate in the process of making themselves predominantly designers and mind workers. The drawing would be utilized to separate the architect from those who realized the design through their hand work".

¹⁹ "The transformation of the architect's role would not be rapid. Alberti, by the early fifteenth century, would suggest that the architect must of necessity design while the builder must realize the design; the drawing would guide such a relationship. However, it is not clear that this relationship was as yet instituted".

escala e dos modelos matemáticos para o projeto tornou tal controle possível. (Tradução nossa).²⁰

Obviamente que o tempo dedicado a cada uma delas seria menor. Com isso os desenhos passam a ter um valor que não tinham na obra. No entanto, a obra ficaria à mercê das interpretações dos colaboradores, que nem sempre estavam preparados para entendê-los ou mesmo segui-los.

Alberti, quando escreveu seu tratado, tinha conhecimento dos livros de Vitrúvio e chega a fazer referências negativas sobre a forma como fora escrito. “Ora, Alberti não só sugere que não há nada a aprender no livro de Vitrúvio, como julga que ele é mesmo totalmente incompreensível” (KATINSKY, 1997, p. 9). Apesar de todo mérito, provavelmente a fama de Alberti só tenha aflorado pelas influências marcantes de Brunelleschi, seu antecessor, ao qual são atribuídos o projeto e a construção da primeira cúpula edificada.

Brunelleschi viabilizou, por meio de um inventivo método original de sustentação por formas de madeira e suportes de arcos e abóbodas, a Catedral Duomo de Santa Maria Del Fiori de Florença (Figura 8) entre 1420 e 1436 d.C. (GLANCEY, 2001, p. 68). Mas a sua fama se espalhou, sobretudo pelo desenvolvimento dos princípios da perspectiva,²¹ que estabelecia o conceito do

ponto de fuga, e a relação entre a distância e a redução do tamanho dos objetos, embora a perspectiva já fosse conhecida dos gregos e, posteriormente, dos

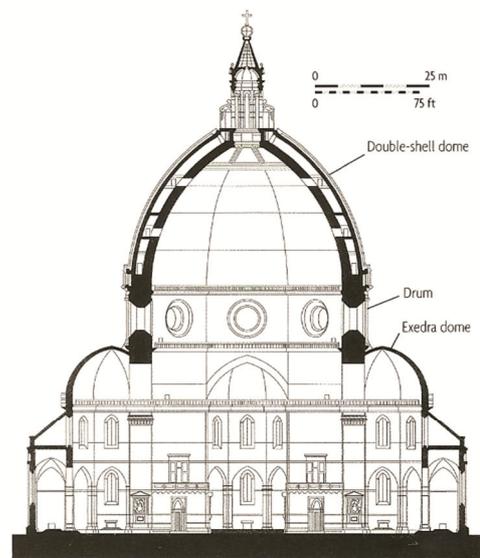


Figura 8. Corte transversal da cúpula da Catedral de Florença, Itália. Fonte: Fazio, 2008, p. 288.

²⁰ “In order to work away from the site, the architect needed a means to communicate the central ideas that would define the project’s design. The development of the scaled drawing along with mathematical models for design made such control possible”.

²¹ Perspectiva – A técnica de representação bidimensional que possibilita a ilusão da tridimensionalidade, espessura e profundidade das figuras, a partir da projeção das linhas paralelas do primeiro plano para um ponto de fuga, de maneira que haja uma diminuição das figuras que ocupam o segundo plano da obra.

romanos, mas esquecida durante toda a Idade Média. Confirmando essa importância da “descoberta” da perspectiva por Brunelleschi para a arquitetura e artes, Zevi (1996, p. 20) comenta: “Nesse sentido, tanto arquitetos quanto artistas do século XV d.C. acreditavam que a representação gráfica das três dimensões, altura, profundidade e largura, possuíam finalmente as dimensões da arquitetura e o método para representá-la”.

No Alto Renascimento, século XVI, o desenho já era o meio pelo qual os arquitetos poderiam expressar as suas ideias do edifício construído e distinguir-se dos demais construtores. Os arquitetos usavam os desenhos para mostrar conhecimento do fator de escala, a divisão das plantas e as elevações. “Isso significou, naturalmente, que as ideias arquitetônicas podiam viajar independentemente do próprio arquiteto e que este não era mais um *escravo* do canteiro de obras. Isso, porém, sempre se mostraria simultaneamente uma bênção e uma maldição” (GLANCEY, 2001, p. 68, grifo do autor).

Embora o redescobrimto da perspectiva, uma das invenções mais celebradas do Renascimento, e a organização dos desenhos ortográficos tenham se constituído em um grande avanço para a representação do projeto de arquitetura, da pintura e para a construção dos edifícios, significaram, paradoxalmente, o início da dissociação da arquitetura e do edifício (KORALEVIC, 2009, p. 57). Por conseguinte, a separação da técnica do projeto geraria, para o futuro da profissão, consequências desastrosas, mas naquele momento elas poderiam até ser avaliadas como positivas, segundo afirmou Robbins. Essas transformações ocorreram por séculos, modificando, até agora, a maneira do fazer da arquitetura, distanciando-se da prática do fazer do edifício, o que, sem dúvida, empobreceu o conhecimento de tecnologia dos arquitetos. Graeff (1995, p. 130, grifo nosso) avalia:

O saber fazer arquitetura vai dando lugar, na formação do arquiteto, ao saber desenhar e discursar sobre arquitetura. Assim o divórcio entre arte e técnica na arquitetura começa com o distanciamento entre a *teoria e a prática*, o desenho/proposta teórica e a construção/realização prática da obra, vale dizer, do espaço.

Essa mudança de *status* da profissão e da condição de “arte nobre” ficou impregnada até os tempos modernos. Muitas escolas de arquitetura no mundo e também no Brasil, principalmente as primeiras, surgiram dos Institutos de Belas Artes ou, de certa forma, ainda mantêm uma ligação muito próxima com a pintura e com os desenhos à mão livre. Silva (2010, p. 100), argumentando sobre a lógica da formação do arquiteto, lembra que, a partir do Alto Renascimento, o “desenho torna-se linguagem autônoma de expressão artística, e até documento fundamental, a par com as obras pictóricas, escultóricas e arquitetônicas, para o estudo da arte e para formação do artista”. Não obstante a sua importância como ferramenta nos estágios iniciais do projeto ou até mesmo em estágios mais avançados do desenvolvimento do projeto, atualmente há alternativas digitais viáveis que podem auxiliar os arquitetos em praticamente todas as fases do projeto, apesar disso os croquis ainda têm a preferência dos arquitetos, muito provavelmente fruto de uma herança “maldita”.

A tarefa de delinear os fatos na história da arquitetura e mais precisamente os momentos em que se desenvolvem as rupturas e as mudanças dos usos das técnicas de se construir o edifício não é fácil. A história não é construída apenas de narrativas e acontecimentos grandiosos. O que existe é uma narrativa imprecisa dos fatos fragmentados e que se fundamentam muito mais nas evidências do que nas provas. As páginas da história precisam de tempo para ser atestadas.

A situação da condição do arquiteto, agente participativo, conhecedor da técnica, da arte e do desenho, se perpetuou até o surgimento da necessidade humana de se construir outros tipos de espaços, diferentes das catedrais e dos palácios, provavelmente mais adequados aos novos tempos modernos, onde a fé e o Estado não eram mais absolutos. Frampton (1997, p. 1), analisando essa dificuldade de se estabelecer o momento exato em que a arquitetura se fragmenta oficialmente e se torna definitivamente, pelo menos até agora, distante dos conhecimentos da arte de construir, enaltece as preocupações mais emergentes dos arquitetos.

Contudo, quando mais rigorosamente se procura a origem da modernidade, mais atrás ela parece estar. Tende-se a recuá-la, se não à Renascença, pelo menos àquele momento de meados do século XVIII em que uma nova visão da História levou os arquitetos a questionar os cânones clássicos de Vitrúvio [...]. Isso, junto com as extraordinárias mudanças técnicas que se sucederam ao longo do século, sugere que as condições necessárias da arquitetura moderna aparecem em algum momento entre o desafio feito [...] à validade universal das proporções de Vitruvius e a cisão definitiva entre a engenharia e arquitetura, em momento que costuma remontar à fundação, em Paris, da École des Ponts ET Chaussées, a primeira escola de engenharia, em 1747.

Na França, por volta de 1794, a partir da organização dos desenhos por meio da geometria descritiva feita por Gaspar Monge²² e do surgimento quase simultâneo das escolas politécnicas (engenharia) francesas e das academias de arquitetura, rompe-se oficialmente a tecnologia do projeto, centralizando o conceito da formação do arquiteto no desenho bidimensional projetivo e a perspectiva, que passa a fazer o papel da conexão com o construtor. Em um dos ensinamentos dados por J.N.L. Durand nas aulas de arquitetura da Ecole Polytechnique de Paris, Montaner (2001, p. 63) relata a importância da teorização dos estudos do desenho como forma de se aprender o espaço e não do processo da execução do edifício.

A teoria converte-se em metodologia com o *Précis de leçons d'architecture* (1802-1805). O sistema é analítico e de projeto ao mesmo tempo. De maneira cartesiana a arquitetura reduziu-se a elementos e partes essenciais e estas podem ser articuladas sobre uma retícula horizontal e outra vertical, até conformar o todo de maneira racional e clara.

²² Gaspard Monge – Conde de Péluse, criador da geometria descritiva, que a definiu como sendo a parte da matemática que tem por fim representar sobre um plano as figuras do espaço, de modo a poder resolver, com o auxílio da geometria plana, os problemas em que se consideram as três dimensões.

À medida que os estudos dos desenhos se aprofundavam, a arquitetura formalizava-se como profissão, consolidando-se no processo histórico como arte, da técnica do desenho para comunicação das construções de grandes espaços. Foi um processo contínuo, sucessivo e faz parte das habilidades e capacidades desenvolvidas ao longo de um aprendizado e da prática que fora transmitida de um mestre para um aprendiz, independentemente do surgimento de algumas faculdades de arquitetura. Nomes como Frank Lloyd Wright, Le Corbusier e mais recentemente Tadao Ando são exemplos clássicos dessa prática informal do aprendizado que se perpetuou até pouco mais da metade do século XX. No Brasil até 1966, com a publicação da Lei federal nº 5.194, que regulamentou a profissão de arquitetos e engenheiros, fortaleceu-se e foi criada a fiscalização profissional.

Independentemente de a formalidade do aprendizado ter ou não ter contribuído para o afastamento da arquitetura do processo construtivo, o fato é que essa escolha fora feita bem antes, precisamente no Renascimento, quando o conhecimento da técnica da representação tinha mais *status* que o conhecimento da execução do edifício. Tarefa que ficou delegada a outros profissionais, até os dias atuais. Segundo Graeff (1995, p. 9),

[...] os arquitetos não se teriam mostrado capazes de incorporar às práticas do seu ofício o desenvolvimento tecnológico facultado pela revolução científica dos séculos XVI, XVII e XVIII e requerido pela Revolução Industrial em curso no século XIX. Dessa incompetência teria resultado o referido divórcio, passando os engenheiros – recém-nascidos com profissionais – a assumir a vanguarda do desenvolvimento tecnológico na área da construção e, inclusive, da arquitetura.

A arquitetura, que era uma arte essencialmente centralizada na obra, muda o seu eixo conceitual para o projeto, ou melhor, para o registro do projeto, que é apenas parte preliminar do processo construtivo, abrindo mão do acompanhamento da execução da obra. Embora não exista essencialmente uma data indicando o momento histórico em que esse rompimento tenha acontecido, a maioria dos autores, incluindo Robbins (1997), Graeff (1995) e Santos (2007), consideram que esse distanciamento ocorreu no Alto Renascimento, principalmente com a aproximação dos arquitetos aos artistas, pintores e escultores.

Embora esse distanciamento formal entre arquitetura e a obra não seja recente, no percurso da história houve poucos momentos oportunos, como o que estamos vivenciando agora, para uma reaproximação dos arquitetos ao processo da construção do edifício. A formalização da separação da arquitetura e da engenharia reprocessou a formatação do papel de cada um. Na prática, ocorreu o abandono por parte dos arquitetos e a aproximação dos engenheiros aos cálculos e aos experimentos dos novos materiais, tal como se verificou historicamente com o aço. “Contudo, arquitetos abandonaram, séculos atrás, seu papel direto no processo de construção e confiaram, preferivelmente, em desenhos 2-D para descrever suas visões para os construtores especializados”²³ (CELENTO, 2010, p. 66, tradução nossa.). Embora a história contada não faça muita distinção de qual dos dois tipos de profissionais, arquitetos ou engenheiros, tenha o papel absoluto de fazer projetos e obra, os novos edifícios do mundo modernos, as pontes e os monumentos foram surgindo e com eles segundo as especialidades de cada um.

O papel de cada qual foi se aperfeiçoando principalmente nas academias, que passariam a ser o sustentáculo da arquitetura, muito embora ainda existissem muitos arquitetos aprendizes e autodidatas. Alguns desses arquitetos que não frequentaram a academia se destacaram e fizeram belos trabalhos, até a regulamentação das profissões. No Brasil, além de Roberto Burle Max, o caso mais conhecido foi o do arquiteto Zanine Caldas (1919-2001), que após trabalhar por anos com grandes arquitetos brasileiros foi centro de uma grande polêmica com o Instituto de Arquitetos do Brasil (IAB), mas acabou recebendo o título de *honoris causa* pelo próprio Instituto, já aos 72 anos de idade, pelo domínio da técnica e dos materiais, recebido das mãos de Lucio Costa, no 13º CBA 1983, na cidade de São Paulo.

A partir do final do século XIX, a arquitetura se viu obrigada a acompanhar a velocidade do crescimento das necessidades, principalmente o processo da industrialização retomado após a I e II grandes Guerras, que se tornara urgente, mudando o panorama caótico na Europa. Havia um predomínio das práticas da pré-

²³ “ However, architects relinquished their direct role in the building process centuries ago and have instead relied on 2-D drawings to describe their visions to specialized builders”.

fabricação e não havia tempo para os ornamentos e nem processos artísticos. O movimento moderno encarnou essa trajetória, apropriou-se das técnicas das máquinas e formalizou-se pelo absolutismo do racionalismo: menos é mais! Empurrando para dentro dos ateliês a supremacia do processo da fabricação repetitiva dos detalhes construtivos, subjugando o princípio da excepcionalidade. Provavelmente esse seria o momento mais tênue da relação arquiteto-arte desde o Renascimento. Arantes (2001, p. 84) descreve como seu deu essa reviravolta:

A reviravolta, agora que se consumou a *débâcle* moderna, deu-se justamente com a entrada em cena da Nova Construção, quando então a arquitetura começou a abandonar o reino bolorento das belas artes – não sem ambiguidade, uma espécie de ambivalência congênita que até hoje nos acompanha [...].

Se por um lado a arquitetura afastou-se da pintura e da arte, por outro abriu caminho para uma reaproximação com a obra, embora as academias não se sentissem preparadas para assumir o seu papel de centralizar o projeto, e não o desenho, no ensino da arquitetura. Provavelmente isso tenha acontecido pelas fortes influências das escolas de Belas Artes, o que Otilia Arantes (2001) chama de ambivalência congênita, que ao mesmo tempo enriquece como aprendizado da percepção artística e reprime à medida que não se desvincula do desenho como método.

Até pouco tempo atrás, os desenhos artísticos tinham grande influência na formação arquiteto. Grandes arquitetos do século XX foram também grandes artistas e outros se dedicaram ao *designer* do mobiliário. A formação era mais eclética e englobava outras áreas do conhecimento. A profissão do arquiteto era mais generalista do que é hoje. Os arquitetos se aventuravam no *design* do mobiliário da programação visual e até de produtos industrializados.

De todo esse panorama retrospectivo e observando o histórico remoto do desenho da representação do projeto de arquitetura, nota-se que existiram vários momentos decisivos que mudaram os procedimentos da representação e

acrescentaram-se várias características sistemáticas, normativas, tecnológicas e sociais. Em alguns desses momentos importantes tivemos vários atores que deram contribuições decisivas aos desenhos, que ainda continuam da forma como conhecemos hoje, tais como Pitágoras, Euclides, Vitruvius, Brunelleschi, Alberti, Palladio, Descartes, Desargues, Monge, Le Corbusier, Oscar Niemeyer e tantos outros.

Até há pouco tempo, antes da inserção do computador na arquitetura, mesmo o pensamento reducionista e o da reprodução em série do movimento moderno eram conceitualmente contraditórios à possibilidade da arquitetura monumental, Montaner (2001, p. 89) expõe claramente as diferenças.

Daquela peça, singular e irrepetível, que é monumento por ser distinta das demais e que nunca poderá sê-lo enquanto predomine o mecanismo de fazer dos edifícios públicos obras repetíveis e semelhantes. O monumento, vulgarizado e inserido em um entorno que só tenha artefatos semelhantes, deixa de sê-lo.

Embora os conceitos da pré-fabricação facilitem todo o processo da construção, a vantagem do método está na possibilidade da repetição. Para que o processo tenha sucesso, também é importante que a obra seja simplificada e a linha de montagem seja rápida. Dessa forma, alguns princípios da monumentalidade não se encaixam na linha de pensamento modernista. A representação, mais distante do que nunca do processo construtivo, foi estrategicamente simplificada para facilitar todo o processo da fabricação e produção do edifício. Era preciso detalhar, à exaustão, peças de forma geométricas pouco complexas, um exagero que não se perpetuou.

As formas complexas eram as exceções, pois exigiam muito tempo no canteiro de obra para a sua execução. Os desenhos não eram capazes de sustentar tais complexidades com níveis de compreensão e precisão suficientes para serem executadas a distância, hábito bastante comum dos arquitetos pós-Renascimento. Outros arquitetos excepcionais foram verdadeiros mestres-construtores e nos

deixaram obras que jamais podem ser repetidas, tanto pelo caráter da excepcionalidade da forma como pelo tempo dispensado no processo da execução.

Não é tarefa fácil citar projetos e obras, excepcionais, deste período moderno. Pode-se afirmar que elas não se encaixam no padrão modernista da racionalização e da fácil execução, fabricação e da representação. Talvez por esse motivo sejam exemplos que resistiram ao seu tempo e ainda são considerados ícones atemporais da arquitetura. Pode-se exemplificar com obras como a *Sidney Opera House* (Figura 10 – 1959-1973) do arquiteto dinamarquês Jorn Utzon, *TWA Terminal at New York* (Figura 9, 1956-1962) do finlandês Eero Saarinen, a *Atlantida Church* (Figura 11, 1958-1960) do arquiteto uruguaio Eladio Dieste, a *Chapel at Ronchamp* (Figura 12, 1955) do arquiteto franco-suíço Le Corbusier, a *Einsteinturm Tower at Potsdam* (Figura 13, 1917-1921) do arquiteto alemão Erich Mendelsohn, a *Sagrada Família*, (Figura 14) (1883-) do arquiteto catalão Antoni Gaudí, o *Guggenheim de New York* (Figura 16), 1956-1959) do arquiteto americano Frank Lloyd Wright e a *Catedral de Brasília* (Figura 15), 1958-1960) de Oscar Niemeyer.



Figura 9. Opera de Sydney, Austrália. Fonte: <http://www.sydneyoperahouse.com/>



Figura 10. Terminal TWA, NYC, EUA. Fontes: <http://www.nyc-architecture.co>



Figura 12. Atlantida Church, Uruguai. Fonte: www.docomomo.org.br



Figura 11. Chapel at Ronchamp, França. Fonte: Darling, 2000, p. 57.



Figura 13. Einsteinurm Tower at Potsdam, Alemanha. Fonte: Fazio, 2008, p. 470.



Figura 14. Catedral da Sagrada Família, Barcelona, Catalunha, Espanha. Fonte: Autor

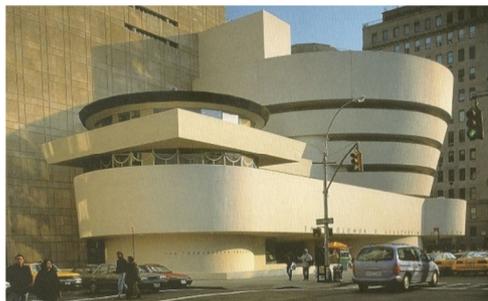


Figura 15. Museu Guggenheim de New York, EUA. Fonte: Fazio, 2008, p. 498.



Figura 16. Catedral Metropolitana de Brasília, Brasil. Fonte: Autor.

Embora esses exemplos arquitetônicos sejam raros, só se viabilizaram graças ao esforço exaustivo de profissionais envolvidos no processo construtivo, pois, afinal, eram executados de maneira rústica, normalmente de concreto ou em alvenaria. Mesmo existindo a dificuldade da estruturação das formas, esses materiais aceitam determinadas imperfeições, correções e até um grau considerável de imprecisão da informação do projeto de arquitetura para a obra. Essas imprecisões são admissíveis, podendo ser incorporadas, razoavelmente, pelo

cálculo do projeto estrutural, pois é o que, a princípio, comanda a execução da obra, um procedimento bastante usual até os dias de hoje. O que se pretende mostrar é como essas obras foram, nesses casos, exemplos excepcionais e o que menos importou no processo da execução, até pela conformação morfológica, foram os desenhos, que normalmente aparecem apenas como ilustrações, da mesma forma como se verificava antes de Sansedoni. A geometrização no processo construtivo foi o que viabilizou a execução desses edifícios de exceção, muito semelhante às recomendações de Vitruvius em seu primeiro livro, escrito há 2.000 anos.

2.2 Transição: novos instrumentos, velhos hábitos

Depois do movimento da industrialização pré-moldada, a inserção das ferramentas computacionais no processo da projeção da arquitetura foi o evento recente mais significativo da história, provavelmente mudando para “sempre” a maneira de se ver e de se pensar a arquitetura e o processo construtivo.

O computador, desde a invenção do primeiro equipamento eletromecânico denominado Z1 em 1936, por Konrad Zuse, Berlim (1910-1995), esteve suficientemente distante do grande público, inclusive dos arquitetos, até o aparecimento dos PC-XT e PC-AT no final da década de 1980. Segundo Saffer (2010, p. 14), os “anos 80 foi a era dos computadores pessoais”.²⁴ Um grande passo para os valores modernos e para o processo de se fazer da arquitetura uma nova fase de descobertas.



Figura 17 . Computadores IBM, PC XT 286, anos 1980. Fonte: Wikipédia.

Ainda no começo, os computadores eram, de fato, muito caros e de difícil acesso. Suas plataformas não eram nada amigáveis e os seus componentes não eram confiáveis. Normalmente, os computadores, vendidos no varejo, eram montados em fábricas de fundo de quintal, utilizando-se de peças de origem desconhecida ou duvidosa, sem

²⁴ The 1980s was the era of the personal computer.

nenhum tipo de garantia de desempenho. As grandes corporações da área da informática, como se conhecem hoje, não eram habituais. Normalmente eram empresas que se adaptaram de outros ramos tecnológicos, como das Texas Company, Olivetti, Kodak e IBM (Figura 17), que não detinham conhecimentos suficientes de toda cadeia digital e acabaram por não se firmarem no mercado.

As grandes empresas que dominam parcela do mercado tecnológico, como a Microsoft, Intel e Apple, nasceram com o crescimento da era digital e, de certa forma, junto com ela.

A transição do uso das ferramentas digitais no campo da arquitetura foi muito delicada, com muitos avanços e recuos, próprios de um novo instrumento que, além do desconhecido, se apresentava ainda em caráter experimental e com objetividade reconhecidamente duvidosa.

Na época do início do processo de inserção dos computadores na arquitetura não se tinha conhecimento, ao certo, das reais potencialidades dos computadores e em que eles podiam ajudar no processo projetual. Comparando o seu início e o que é hoje, podemos afirmar, com toda segurança, que as ferramentas evoluíram bastante e os seus benefícios, hoje, ficaram mais “visíveis”. Há algum tempo, questionava-se muito sobre a “qualidade” dos trabalhos que eram produzidos utilizando computadores, como se os usuários fossem conduzidos pelos comandos, teclados e *mouses*. Essa foi sem dúvida uma interpretação equivocada. Qualidade e essência dos projetos não têm interligação com os instrumentos utilizados. Eles são apenas ferramentas de se fazer algo de uma forma diferente, no caso dos computadores, mais facilmente e com mais potencialidade.

Mesmo com essas dificuldades iniciais, não era muito difícil perceber os benefícios que os computadores agregavam ao processo produtivo da arquitetura. Ganhava-se tempo na reprodução e correção dos desenhos, no dimensionamento da escala, arquivamento e precisão. Na outra ponta, as escolas de arquitetura, ainda sem as ferramentas computacionais suficientes, ainda necessitavam de treinamento do corpo docente e de muito investimento para aquisição de equipamentos, ou seja, dificuldades extras que acabaram atrasando todo processo de inserção de

ferramentas digitais no processo de aprendizagem do projeto de arquitetura. Olhando para trás, podemos entender perfeitamente que as barreiras não eram somente de ordem material, mas de uma mudança de paradigma, o que provavelmente seja ainda mais difícil.

Os *softwares* de hoje são, substancialmente, bastante diferentes das suas primeiras versões precursoras, pois atendem a praticamente todas as etapas do projeto e da obra. Entretanto, no início dessa transição, quando os computadores estavam sendo adotados pelos escritórios e ateliês das faculdades de arquitetura, os *softwares* também eram rudimentares e atendiam, basicamente, às necessidades mais primárias, ou seja, apenas reproduziam digitalmente as tarefas dos desenhos bidimensionais que antes deles eram confeccionados na prancheta, lapiseiras, esquadros e compassos. Essa situação trouxe muito descontentamento no início, pois o que se imaginava era o computador resolvendo praticamente todos os problemas para o arquiteto, causando, dessa forma, uma falsa expectativa até nos arquitetos mais otimistas. Lawson (2004, p. 64-65) confirma esse desencantamento inicial:

De fato, o projeto auxiliado por computador tem se tornado, até agora, decepcionante. Há poucas evidências de que ele tem melhorado significativamente a qualidade do projeto ou feito do ato de projetar uma experiência melhor. [...] É interessante notar que as primeiras tentativas de usar computadores no processo do projeto foram realmente muito mais *ambiciosas* do que podemos igualmente contemplar hoje. (Tradução nossa, grifo do autor).²⁵

Depois de tantos anos como se poderia imaginar, o panorama mudou muito. Hoje existem pontos de venda de computadores em todos os cantos das cidades, nos mercados populares, nos *shoppings* e principalmente na internet, bem diferente dos primeiros PCs, que normalmente eram comprados por agentes não

²⁵ “ In fact computer-aided design has turned out to be rather a disappointment so far. There is little evidence that it has significantly improved the quality of designer or made designing a better experience. [...] It is interesting that the earliest attempts to use computers in the design process were actually very much more ambitious than we would even contemplate today”.

especializados e nem legalizados. Hoje, existe uma grande diversidade de computadores, de marcas conhecidas, que dão garantias extraordinárias de fábrica. Existe uma variedade de sistemas operacionais, de tamanhos, cores e de pré-configurações montadas e entregues em casa com uma facilidade impressionante. Os usuários podem compatibilizar e escolher o seu computador dependendo dos serviços que irá executar, pagando somente por aqueles equipamentos que irão, realmente, necessitar. Estamos, de fato, na era do melhor custo-benefício!

Nesse novo panorama estabelecido pelas novas facilidades de acesso aos computadores, os arquitetos podem estar, em seus escritórios, desenvolvendo os seus projetos em um dos sistemas CAD disponíveis no mercado e de sua preferência, dependendo, sobretudo, do tipo de trabalho que se queira executar. As faculdades de arquitetura, por sua vez, também podem disponibilizar *hardwares* e *softwares* aos seus alunos com um custo bem mais acessível, pois geralmente as IES podem ter preços legalmente subsidiados, portanto mais facilidades na montagem de seus laboratórios de computação gráfica “modernos”, com um número maior de equipamentos e variedades de programas de CAD, cada vez mais específicos para os tipos de tarefa de desenho e de modelagem.

O computador facilita, de fato, o dia a dia dos arquitetos e estudantes. Até mesmo os escritórios dos profissionais mais tradicionais, incluindo aqueles arquitetos que não usam o computador como ferramenta operacional, têm uma retaguarda pronta de auxiliares para desenvolver as suas ideias e apresentá-las de forma digital. Se por um lado o computador facilitou a apresentação, por outro, as tarefas dos escritórios ainda estão muito centradas no ofício, ou seja, preocupadas, basicamente, com a confecção dos desenhos para o registro, da mesma forma como se produzia, anteriormente, utilizando o processo tradicional, sem o uso do computador. Por certo, mudaram-se as ferramentas, mas não apropriadamente os procedimentos, o que leva a imaginar que estão poucos interessados na interação dinâmica da informação dos modelos computacionais tridimensionais, perdendo-se, dessa forma, a oportunidade de uma dinâmica estruturada centrada no processo inteiramente digital. Szalapaj (2005, p. 263) explica:

A realidade das interações cotidianas nos escritórios de projeto é que as pessoas estão essencialmente centradas nas atividades. Num ambiente dinâmico de projeção exigem-se não apenas a capacidade de gerar informações do projeto digital, mas também o conhecimento para organizar e aplicá-lo em todo o processo do *design*. (Tradução nossa).²⁶

O ofício do dia a dia de um escritório está mais preocupado com as questões burocráticas de se produzir os desenhos para aprovação na prefeitura e para a entrega do projeto etc. O modo como os escritórios de arquitetura se relacionam com as ferramentas de CAD varia, logicamente, de caso a caso, dependendo da forma como veem arquitetura e do tamanho de suas equipes, muito embora na maneira como a relação do meio analógico com o meio digital ocorre não exista uma regra definida, podendo ser bastante diferente de um arquiteto ou escritório para o outro. Szalapaj (2005, p. 120) continua descrevendo as diversas atividades do escritório de arquitetura:

Normalmente, o leque das atividades de qualquer escritório de arquitetura é grande e variável. Essas atividades incluem responder às instruções, abordando custo e considerando variáveis do tempo, seleção e especificação dos materiais e elementos construtivos, e documentação do contrato e de construção. Respondendo simplesmente à síntese, já envolve o planejamento, análise, concepção, a refinação, alterações, escrever, desenhar, esboçar e calcular. (Tradução nossa).²⁷

Em escritórios de arquitetura, dependendo de sua estrutura, podem-se ter equipes que trabalham separadamente em tarefas parecidas, porém em projetos distintos, ou equipes diferentes para tarefas distintas que atuem no mesmo projeto.

²⁶ “The reality of everyday interactions in design offices is that they are still essentially people-centered activities. A dynamic design environment requires not only the ability to generate digital design information, therefore, but also the knowledge to organize and apply it to the whole process of design”.

²⁷ “Typically, the range of activities in any architect’s office are many and varied. These include responding to the brief, addressing cost and timescale considerations, selection and specification of materials and building elements, and construction and contract documentation. Responding to the brief alone involves planning, testing, designing, refining, amending, writing, drawing, sketching, and calculating”.

É uma questão de gerenciamento das atividades que os arquitetos se dispõem a executar e da estrutura organizacional. Há, como Szalapaj (2005) comentou, uma grande variedade de tarefas pertinentes ao ofício do arquiteto que podem ser feitas de várias formas, por pessoas diferentes ou até mesmo por grupos de pessoas treinadas especificamente para executar determinadas tarefas do projeto.

Os procedimentos de projetos para os estudantes também não são muito diferentes. Basicamente, as tarefas giram em torno das ferramentas do desenho e da projeção. Nas faculdades, os estudantes, predominantemente, desenvolvem e apresentam os seus projetos em sistemas CAD, embora essas ferramentas digitais não sejam exploradas em todos os seus potenciais (CAIXETA, 2007). Há de se resguardar a proporção em relação à experiência, objetivo, estrutura e do tempo que os estudantes têm para executar as suas tarefas.

No início do uso do computador na arquitetura, as ferramentas CAD tinham, de fato, um uso bastante limitado, quer seja pelas capacidades dos programas CAD, quer seja pelas próprias deficiências do computador em si. Ambos, ferramentas de CAD e computadores, evoluíram bastante desde o início. Aprimoraram-se as suas capacidades e potencialidades e hoje oferecem recursos suficientes e necessários para todas as etapas do projeto. Goulthorpe (2009, p. 180) ainda acrescenta: “Não tenho dúvidas de que a transição do sistema mecânico para o eletrônico é uma mudança tecnológica muito significativa, e que se poderiam esperar, portanto, novas

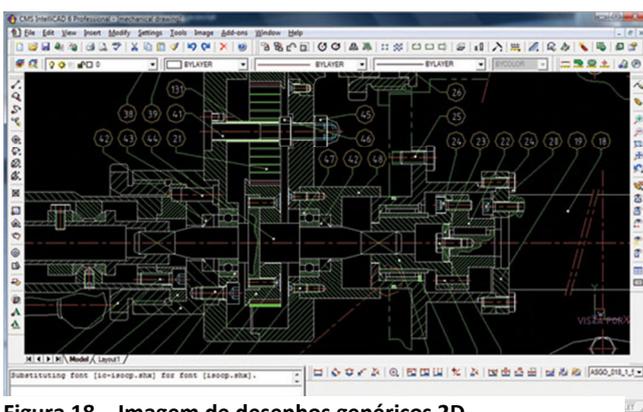


Figura 18. Imagem de desenhos genéricos 2D-
Fonte: Autodesk.

possibilidades para a forma e práxis arquitetônica” (tradução nossa).²⁸ A prática hoje, realmente, está diferente, não há muitos críticos contra o uso do computador no processo da arquitetura, embora se discutam ainda as suas reais possibilidades.

²⁸ “I have no doubt that the transition from mechanical to electronic systems is a technological chance of enormous significance, and that one might therefore expect new possibilities for both architectural form and praxis”.

A maneira como o computador se apresentou inicialmente na arquitetura, substituindo algumas tarefas elementares do desenho bidimensional do projeto e facilitando outras que eram bastante trabalhosas, principalmente do registro e do arquivamento, ganhou uma conotação que ainda, hoje, é difícil de mudar (Figura 18). As versões mais recentes das ferramentas digitais são muito mais voltadas para a modelagem tridimensional do que para o desenho bidimensional, portanto habilitadas para outras atividades além dos desenhos em si.

Os desenhos são mais informações a serem retiradas dos modelos do que conhecimento de projeção. Iwamoto (2009, p. 10) lembra: “Com os modelos computacionais, as seções derivativas não são mais, necessariamente, mais um exercício de desenho de projeção bidimensional, na verdade, é um processo de se fazer cortes automáticos em um objeto de forma tridimensional”.²⁹ Essa já é uma opção viável, mesmo para as escolas de arquitetura. Não há como defender que esse processo tenha um fim em si mesmo, ou seja, que os estudantes a partir do uso dessas ferramentas sejam obrigados a aprenderem a representação geométrica projetiva. Mas podem-se levar em consideração essas alternativas e, em determinadas situações, desobrigar os estudantes a utilizarem apenas processos tradicionais, principalmente quando o foco dos estudos forem outros que não o da representação do projeto. Nesse sentido, Yessios (2009, p. 261) lembra que o debate já foi mais acentuado.

Ao longo dos anos, temos debatido o que CAD significa – se é computador ajudando a concepção ou o desenho. Concluimos que é ambos e que é usado em ambas as capacidades de hoje. Enquanto seu uso nos desenhos, como a máquina de produção, é fácil de se reconhecer e apreciar, o que é especialmente significativo é a aceitação de CAD como ferramenta de projeto. Computadores são utilizados para permitir explorar as formas que vão além do que podemos alcançar com os meios manuais tradicionais. Eles

²⁹ “ With computer modeling, deriving sections is no longer a necessarily two-dimensional drawing exercise. In fact, it is no longer an exercise in projection at all but a process of taking cuts through a formed three-dimensional object”.

aumentam a nossa criatividade e ainda se prestam à criatividade artificial. (Tradução nossa).³⁰

Mesmo sendo um debate teoricamente superado, a prática mostra que ainda há vestígios dessa dúvida, mesmo que veladas. A nova práxis apregoada por Goulphorpe e os meios mais incisivos do uso das ferramentas CAD relatadas por Yessios caminham de forma tímida e lenta nas faculdades de arquitetura brasileiras. Não se conhecem, até agora, no Brasil resultados significativos no uso de ferramentas tridimensionais de modelagem de informações digitais ao ponto de serem orientadores e/ou exemplos a serem seguidos. Embora, cada vez mais os profissionais arquitetos vêm se utilizando das ferramentas de modelagem tridimensional nas fases iniciais do projeto, não se pode considerar que seja a maioria, muito pelo contrário, são exceções à regra. Ainda são exemplos raros, praticamente ocorrendo em escritórios que se utilizam de tecnologia de ponta e que têm uma grande estrutura, principalmente fora do Brasil, como é o caso de grandes



Figura 19. Centro Aquático, Olimpíadas de Londres, 2004-2012, arquiteto Zaha Hadid.
Fonte: <http://www.piniweb.com.br>

³⁰ “Over the years we have debated what CAD means – whether it is computer-aided drafting or design. We concluded it is both and it is used in both capacities today. While its use in drafting as a production machine is easy to recognize and appreciate, what is especially significant is the acceptance of CAD as a design tool. Computers are used in a manner that allows us to explore forms that go beyond what we can handle with the traditional manual means. They enhance our creativity and even lend themselves to artificial creativity”.

arquitetos como Norman Foster, Santiago Calatrava, Frank Gehry, Assymptode, Future System e Zaha Hadid (Figura 19).

Mesmo que se espere, a princípio, que nas faculdades de arquitetura haja um panorama diferente ao dos escritórios, ou seja, que o uso das ferramentas tridimensionais digitais nas fases iniciais seja a regra e não a exceção, não é possível, neste momento, fazer uma comparação criteriosa e definitiva entre ambos, profissionais e estudantes. Embora exista similaridade na atividade-fim, ou seja, do fazer o projeto, os ambientes, as condições de trabalho e os objetivos são diferentes, mesmo que possam utilizar *softwares* e computadores com capacidade bastante similares.

Essa nova tarefa de se adaptar aos meios digitais traz consigo a dúvida de como essa prática deva acontecer, pois, a princípio, haveria muito ainda o que aprender. Os diversos tipos de ferramentas disponíveis hoje dispõem de muitas capacidades e variações. Então, há, ainda, muitos questionamentos a serem respondidos. Por exemplo: como e o que se deve aprender – tudo o que for da prática do arquiteto? Haveria especializações na formação do arquiteto? O trabalho e o aprendizado do projeto deveriam se desenvolver em equipe? O que cada um deveria aprender? Os currículos aumentariam em carga/hora ou dever-se-ia subtrair do aprendizado parte dos desenhos convencionais feitos à mão? Ampliando o leque dessa forma, torna-se difícil responder a todas essas questões sem um estudo mais criterioso, aprofundado e detalhado, principalmente sabendo-se que o aprendizado ainda é muito centrado na solução individual do problema.

Uma das explicações desse aumento das obrigações do arquiteto atual talvez esteja no fato de que, em países mais avançados tecnologicamente, haja uma tendência crescente de os escritórios dispuserem de um número grande de arquitetos colaboradores, que ajudariam a desempenhar as mais diversas tarefas do arquiteto contemporâneo. No entanto, há uma diminuição, em percentagem, do número de escritórios pequenos, segundo dados de uma pesquisa revelada por Jon H. Pittman (2009, p. 255), um dos vice-presidentes da Autodesk Inc. Isso explica, em

parte, a tendência na especialização das tarefas do arquiteto nos escritórios contemporâneos, diferente do arquiteto renascentista, que detinha o conhecimento de todo o processo da arquitetura.

Outro dado significativo, ainda de acordo com a referida pesquisa, é que 90% das empresas usam, em seus projetos, transmissões eletrônicas de informações. Há dados bastante expressivos, mas que para a realidade de hoje é perfeitamente normal e tendem a crescer. Yessios (2009, p. 261, tradução nossa) confirma:

Hoje, nenhum profissional se vê na prática sem o uso de um sistema de CAD, embora igualmente haja ainda, frequentemente, debates quentes sobre os tipos de usos que se deveriam fazer deles; parte desses velhos argumentos do desenho *versus* concepção.³¹

Esse “clichê” é fruto de um debate bastante antigo. Argumenta-se esse contraditório desde o início do processo de inserção das ferramentas digitais no processo da arquitetura. O cenário atual é outro, está muito diferente. Praticamente quase todos os escritórios e escolas de arquitetura utilizam-se de pelo menos um tipo de sistema CAD, mesmo que ainda não se aproveitem de todas as suas potencialidades, principalmente as de modelagem tridimensionais.

Os *softwares* atuais podem oferecer suas facilidades e potencialidades em todas as etapas do projeto. Podem analisar praticamente todas as variáveis das situações pertinentes à arquitetura, que vão desde os testes de resistências estruturais até as simulações das incidências dos ventos predominantes, insolação e até reverberação acústica. Há uma variedade de recursos que poderia ser associada e combinada, possibilitando uma análise mais criteriosa dos seus projetos, como o software Navisworks, da Autodesk.

³¹ “Today, no professional considers practicing without the use of a CAD system, which means there is no argument anymore about their validity, even though there is still frequently heated debate about the type of usage one should make of them; part of it is the ‘old’ argument of ‘drafting’ *versus* ‘design’”.

Mesmo na fase inicial dos projetos, quando normalmente os arquitetos utilizavam esboços de desenho à mão livre, o computador oferece alternativas viáveis, tais como programas de esboços digitais à mão livre em pranchetas eletrônicas (Tablet PC) ou mesmo programas de modelagem, sem informações, como o SketchUp da Google inc. ou o FreeStyle da Autodesk inc. , possibilitando bons resultados.

Ainda que os números de arquitetos e estudantes que utilizam as potencialidades das ferramentas tridimensionais digitais estejam crescendo rapidamente, não se pode afirmar, com certeza, que se tenha alcançado um patamar esperado e compatível com as ferramentas disponíveis. Parece que os métodos tradicionais, que valorizam a representação do projeto, ainda prevalecem nos escritórios e ateliês das escolas de arquitetura. Há uma grande dificuldade de mudança nos velhos hábitos, mesmo que os instrumentos sejam novos e diferentes e ofereçam outras vantagens mais interessantes. Para um melhor desempenho das ferramentas digitais tridimensionais poder-se-ia aprimorar o aprendizado, levando-se em conta as suas potencialidades, e não apenas substituir as antigas práticas de uma maneira supostamente melhor.

2.3 A modelagem com Informação: a virada estrutural

O argumento mais contundente em desfavor dos desenhos bidimensionais tradicionais é que, mesmo quando executados nos sistemas CAD, eles não garantem a precisão e informação necessárias para uma boa fabricação e execução do edifício. As plantas, fachadas e cortes dos desenhos bidimensionais tradicionais não estão mais adequados aos métodos de fabricação computadorizados já utilizados pela construção civil. Independentemente da ferramenta utilizada, se a analógica ou a digital, os desenhos bidimensionais podem conter erros que gerariam inconformidades, não sendo detectados pelos sistemas de produção. O método não muda quando se faz apenas o registro bidimensional do projeto; apenas potencializa as facilidades. Zevi (1996, p. 18) comenta sobre a importância relativa dos desenhos e contrapõe-se à essência do espaço tridimensional.

Na verdade, a planta de um edifício nada mais é do que uma projeção abstrata no plano horizontal de todas as suas paredes, uma realidade que ninguém vê a não ser no papel [...]. Mas a arquitetura não provém de um conjunto de larguras, comprimentos e alturas dos elementos construtivos que encerram o espaço, mas precisamente do vazio, do espaço encerrado, do espaço interior em que os homens andam e vivem.

Quando Zevi em 1948 criticou essa situação incomum do processo da projeção, não imaginava que pudesse vivenciar o aparecimento de uma ferramenta computacional capaz de antever e visitar os espaços antes de serem construídos, corroborando com as suas análises a respeito do espaço arquitetônico. Criar um espaço tridimensional com ferramentas bidimensionais para o registro da ideia quando se tem à disposição modelos digitais tridimensionais para conceber os edifícios parece, como afirmou Otilia Arantes (2001), realmente, um contrassenso. Não é problema com a ferramenta digital tridimensional, é mais um problema com a falta de preparação para se utilizar as potencialidades da ferramenta digital. Mas essa situação se manterá enquanto o registro do projeto continuar a ser feito bidimensionalmente.

O que se contrapõe e abre uma nova perspectiva de substituição dos desenhos bidimensionais são os modelos tridimensionais de informações, que vão muito além da simples modelagem. Quando se usa a palavra modelagem, imediatamente, pensa-se na forma do modelo tridimensional para representação e visualização. Pittman (2009, p. 256) esclarece:

Quando as pessoas, em sua maioria, ouvem a palavra modelagem, imediatamente, elas pensam na forma do modelo tridimensional para representação e visualização. Enquanto esse é, certamente, um componente importante da modelagem, o que estamos prevendo é algo mais amplo e rico. (Tradução nossa).³²

³² "When most people hear the word modeling they immediately think of tree-dimensional form modeling for rendering and visualization. And while that is certainly an important component of modeling, what we are envisioning is something broader and richer".

Rico no sentido de conter informações suficientes para a fabricação das peças necessárias para a construção de edifícios muito mais complexos que os executados no processo convencional e que, quando montados por meio de processos digitais, garantem a precisão e o ganho real de tempo e qualidade. Trata-se da vantagem de se comunicar em outro nível de exigência e da interatividade entre os vários partícipes e colaboradores, pois além do recurso da visualização em tempo real, podem-se obter, instantaneamente, desenho a cada etapa do processo, bem com modelos tridimensionais prototipados. No entanto, requerem um nível mais completo de representação, conforme explica Szalapag (2005, p. 55, tradução nossa):

Técnicas de modelação paramétricas permitem aos usuários alterar as dimensões de partes específicas de um modelo e ver os efeitos de propagação dessas mudanças por meio do resto do modelo, sem a necessidade de redesenhar ou remodelar as outras partes.³³

Isso, sem dúvida, significa um ganho real de tempo, qualidade e de trabalho braçal e, melhor, a ampliação das possibilidades das experimentações, sem a preocupação com o registro de cada uma das etapas destinadas à comunicação do projeto.

Além das facilidades e interatividades, relatadas anteriormente, os modelos tridimensionais digitais de informações permitem agregar outros saberes que normalmente ficam alheios à boa parte do processo do projeto de arquitetura atual. Krygiel (2010, p. 53) enfatiza outras atividades correlatas dos arquitetos, tão necessárias e importantes, como a compatibilização dos projetos e o gerenciamento da sua implantação: “Isso permite mais tempo para gerenciar projetos baseados no desempenho e classificar, por meio de todas as complexidades envolvidas com o *design* dos modernos edifícios de hoje e da indústria da construção” (tradução

³³ “Parametric modeling techniques allow users to change the dimensions of specific parts of a model and to see the effects of these changes propagate through the rest of the model without needing to redraw or to remodel the other”.

nossa).³⁴ Em arquitetura estamos vendo uma série de tendências paralelas que estão atualmente em desenvolvimento. Quando forem utilizadas em conjunto com as tendências das interfaces e tecnologias de controle, permitirão à arquitetura atingir um nível de interatividade sem precedentes (FOX; KEMP, 2009, p. 224).

O exemplo mais importante dessa interatividade é a análise estrutural, que poderá ser mais bem detalhada, como precisão jamais imaginada. Luebkehan (2009, p. 282) relata uma experiência de compatibilização com modelos digitais elaborados tridimensionalmente diretamente no computador.

Importamos o modelo digital em nosso *software* apenas para verificar se as colunas estavam alinhadas e descobri que havia alguns desalinhamentos. Isso é uma coisa muito ruim para uma estrutura, porque produz uma grande quantidade de cisalhamento e momentos desnecessários. O arquiteto não estava ciente do problema, o que levanta algumas questões importantes sobre o processo de concepção digital. Nesse caso, as ferramentas também podem fornecer uma checagem. (Tradução nossa).³⁵

Arquitetos estão percebendo que as análises das estruturas estão se desenvolvendo cada vez mais cedo, desde os momentos iniciais dos projetos, e podem ser muito úteis para dar subsídios à proposta estrutural final. Coser (2010, p. 15) confirma o envolvimento dos arquitetos com a solução estrutural em conjunto com a concepção: “O tema da otimização estrutural é de particular interesse e cada arquiteto tem um grau relativo de vontade de alterar as suas propostas formais para resolver problemas de desempenho e da construção” (tradução nossa).³⁶ Esse envolvimento precoce com todos os elementos estruturantes são extremamente

³⁴ “ This allow more time to manage performance based designs and sort through all of the complexities involved with today’s modern building design and construction industry”.

³⁵ “We imported the digital model into our software just to check if the columns were lining up and discovered that there were some misalignments. This is a fairly bad thing for a structure, because it produces a lot of unnecessary shear and moment. The architect was not aware of the problem, which raises some important questions about the digital design process. In this case, the tools can also provide a check”.

³⁶ “Of particular interest is the topic of structural optimization and each architect’s relative degree of willingness to alter his formal proposals to address performance and construction issues”.

úteis. Primeiro, porque evita a necessidade de se remodelar todo o projeto caso a estrutura não esteja conforme; segundo, porque antevê os problemas que poderiam ter consequências desastrosas no futuro. Detectar inconsistências na compatibilização é um dos trunfos que os sistemas BIM disponibilizam aos profissionais. Eastman (2008, p. 253) esclarece inconsistências como um confronto físico da “matéria”: “Ele permite que a equipe identifique os potenciais conflitos inerentes ao projeto. Um confronto físico entre dois componentes, onde são destinados a ocupar o mesmo espaço físico, é o problema mais óbvio” (tradução nossa).³⁷ Além da sobreposição, existem outras inconsistências de ordem espacial, como desalinhamento, que podem ser minimizados quando os profissionais envolvidos trabalham em conjunto. Kloft (2010, p. 111) confirma a necessidade de os arquitetos e engenheiros colaborarem mutuamente desde o início de um projeto. “No caso da ‘forma livre’ na arquitetura, um aspecto importante dessa colaboração é que o engenheiro tem de ‘falar a língua’ do arquiteto e apoiá-lo nas abordagens dos projetos especiais” (tradução nossa).³⁸ Existem muitos *softwares* de sistemas estruturais disponíveis no mercado que analisam as mais diversas etapas de detalhamento do projeto e que poderão ser utilizados quase que simultaneamente ao uso da modelagem.

Segundo a percepção de Szalapaj (2005, p. 22), “programas de computador estão utilizando técnicas de otimização estrutural, as quais analisam funções como a rigidez, a fabricação, o peso, e, frequentemente, até o custo pode ser analisado” (tradução nossa).³⁹ Uma integração desejável que poderá ser pensada para apenas um único modelo que completaria o ciclo total da concepção a obra. Parece também uma valorização da estrutura como peça fundamental da arquitetura. Na análise, Leach (SZALAPAJ, 2005, p. 262) afirma:

³⁷ “It allows the team to identify potential conflicts inherent in the design. A physical clash between two components, where they are destined to occupy the same physical space, is the most obvious problem”.

³⁸ “In the case of freeform architecture an important aspect of this collaboration is that the structural engineer has to ‘speak the language’ of the architect and fully support the particular design approach”.

³⁹ “Software utilizing structural optimization techniques, in which design functions such as stiffness, fabrication, weight, and often cost can be analyzed”.

O que estamos começando a testemunhar é uma "virada estrutural" dentro da cultura arquitetônica. Isso está claro, pois um número significativo de arquitetos progressistas está procurando dar um passo além de certa sensibilidade pós-moderna que celebra propriedades cenográficas e efeitos de superfície e, ao invés disso, foca-se sobre a integridade estrutural do edifício. (Tradução nossa).

⁴⁰

É a concepção integral do pensamento arquitetônico, segundo a qual o produto final, com todos os seus elementos estruturais, estéticos, funcionais e do custo, seja analisado e, por fim, contemplado, após testes sistemáticos em um único modelo digital, que contém todas as informações necessárias para a execução e fabricação da obra, mesmo que sejam apenas exercícios de conjectura acadêmica. Dessa maneira, poder-se-ia estudar as diversas disciplinas pertinentes ao projeto, integradamente, em torno de um só discurso e prática, da arquitetura!

Nas escolas de arquitetura os estudantes poderão incluir na concepção do projeto as soluções estruturais, fazer as conceituações teóricas, estudar elementos integradamente como parte do aprendizado arquitetônico, não apenas com elemento complementar pensado depois da concepção do projeto pronto, muito diferente do que acontece hoje nas academias, afinal o que se imagina é que eles nunca deveriam ser estudados separadamente. O que justifica o aprendizado simultâneo é o peso que a estrutura está tornando no custo total da obra, sendo cada vez mais decisiva e determinante. Eastman (2008, p. 154) relata os esforços da redução do custo da estrutura em obras de referência: "O peso da estrutura de alguns projetos já está mudando a forma de se refletir o valor das decisões tomadas durante o projeto esquemático e a conseqüente diminuição do esforço necessário para produzir os documentos de construção" (tradução nossa). São aprendizados que refletirão na maneira como esses futuros profissionais irão considerar na hora da concepção do projeto de arquitetura.

⁴⁰ "What we are beginning to witness is a 'structural turn' within architectural culture. It is clear that a significant number of progressive architects are seeking to step beyond a certain postmodern sensibility which celebrates scenographic properties and surface effects, and focus instead on the structural integrity of building".

Essa forma de aproximar os conteúdos não é nova e nem é tão recente, mas sempre esbarra na dificuldade de comunicação entre as diversas linguagens, informação e métodos de aprendizado. Maitland (1991, p. 11), um defensor do PBL, fala sobre essas dificuldades do aprendizado integrado das disciplinas na arquitetura.

O problema clássico dos cursos de arquitetura é como essas duas partes do processo podem ser reconciliadas e integradas. A queixa constante dos professores é a de que os alunos que passaram com sucesso os exames após um curso de teoria sobre, digamos, projeto de enquadramento estrutural, em seguida, vão para o estúdio e projetam um enquadramento construção como se eles não tivessem ideia dos princípios envolvidos. Igualmente, os estudantes se queixam de que os cursos de teoria parecem ter concebido de modo isolado os projetos dos ateliês, razão por que essas informações são apresentadas de uma forma incoerente e independentes. (Tradução nossa).⁴¹

Há um desencontro das informações que os estudantes deveriam receber. Os aprendizados das diversas áreas estão isolados em compartimentos e em muitos casos até descompassados entre si, sem uma lógica que favoreça o aprendizado continuado entre as diversas áreas do saber da arquitetura. Para que isso pudesse mudar, dever-se-ia repensar a maneira como os conteúdos são aplicados, sendo entendidos de modo que deixassem de ser vistos apenas como assuntos de segundo plano. A arquitetura atual, com a ajuda da computação digital, está inserida em outra dimensão social e tecnológica, diferente daquele contexto de quando as escolas proliferaram no Brasil e traziam, em seus currículos, uma acentuada carga artística, provavelmente herança dos mestres renascentistas.

⁴¹ “The classic problem of architectural courses is how these two parts of the process can be reconciled and integrated. It is a perennial complaint of tutors that students who have successfully passed exams after a course of lectures on, say, structural frame design, then go into the studio and design a frame building as if they had no idea of the principles involved. Equally, students complain that the lecture courses seem to have been devised in isolation from the studio projects, so that information is presented in an incoherent and unrelated way”.

2.4 Estado da arte: modelo único

Essa discussão sobre como se inicia um projeto é muito complexa. Envolve uma série de outros fatores, tais como a metodologia projetual, processos cognitivos, técnicas de instrumentalização e outros. Não é o eixo central desta pesquisa, mas, independentemente quando não se utiliza a mídia digital no processo projetual, em algum momento, haveria a necessidade de atender às demandas atuais e transferir as informações analógicas para o computador. Então, nesse exato momento, as informações são parcialmente perdidas. É de fato uma conexão bastante frágil e nem as antigas técnicas e nem os atuais BIM são capazes de transcrever fielmente todo o processo do “pensar” para o papel.

Quando se iniciam os projetos de arquitetura de maneira convencional, por exemplo, fazendo-se croquis, em um determinado momento habituou-se repaginar esses desenhos para programas de CAD. Nesse momento, não necessariamente o mesmo autor, ou mesmo que fosse, não seria capaz de lembrar ou interpretar o que os esboços podem ou querem dizer sem deduções ou abstrações. Garber (2009, p. 13) relata a dificuldade da precisão das informações nos desenhos bidimensionais.⁴²

Como as propostas de um possível edifício eram geralmente documentadas através das abstrações bidimensionais, eles requeriam interpretação por outros profissionais que realizam a construção. Como tal, era impossível garantir que, no projeto construído, as intenções do arquiteto seriam precisas. (Tradução nossa).

Os desenhos à mão livre, até pela própria natureza de serem traços rápidos, não revelam, necessariamente, todos os detalhes importantes para o desenvolvimento do projeto. Nesse sentido é que a modelagem digital deve entrar em jogo e revelar a solução tecnológica (SZALAPAJ, 2005, p. 41). A importância dos detalhes leva à compreensão das intenções do arquiteto, que se não forem

⁴² “Because proposals were generally documented as two dimensional abstractions of a possible building, they required interpretation by others than the designer to realize the building. As such it was impossible to guarantee that the intentions of the architect would be precise in the built project”.

imediatamente resolvidas perdem as informações, ou simplesmente são esquecidas, ou podem significar, posteriormente, outra coisa diferente (Figura 20).



Figura 20. Croquis de Frank Gehry para o Concert Hall Disney, Los Angeles, EUA. Fonte: <http://www.archdaily.com.br/>

Outro recurso analógico utilizado é o modelo físico. Contudo é uma mídia bastante

morosa, que não acompanha o mesmo tempo do desenvolvimento de um projeto. Yessios (2009, p. 261) afirma que é um processo derrotado por si só. Quando um modelo físico é concluído, o projeto já está em outro estágio. Então é preciso fazer outra maquete física para representar o novo estágio do projeto e assim por diante.

São mídias muito úteis, mas que não acompanham a velocidade e a fidelidade das informações digitais, além da limitação na compreensão e análise do espaço interno do edifício. Como comentou Szalapaj (2005), o recurso da prototipagem rápida a partir do modelo digital preenche essa



Figura 21. Prototipagem por adição para modelos 3D. Fonte: fabricante genérico - internet

lacuna e atende às necessidades de ver e de se tocar no objeto. Segundo

Iwamoto (2009, p. 90), os modelos tridimensionais prototipados (Figura 21), permitiram “[...] que os arquitetos transcendessem a ideia de que a escultura reside exclusivamente na prática de artesanato tradicional” (tradução nossa).⁴³ A avaliação dos resultados da prototipagem 3-D possibilita, rapidamente, o avanço ao próximo estágio, a outra análise e assim sucessivamente, até o resultado final.

⁴³ “[...] has enabled architects to transcend the idea that carving resides exclusively in traditional handcrafted practice”.

A prototipagem tridimensional é feita a partir do modelo tridimensional de informação digital, que tem outras vantagens, como a informação segura, precisa e detalhada, para fabricação final do objeto. Eles podem ter outros propósitos, como a verificação, em tempo real, da forma, proporção, material, textura, cor e inclusive a análise do esquema estrutural. Dependendo do *software* utilizado, eles podem analisar tanto os efeitos da vetorização nas peças quanto a ação dos esforços dos ventos nos modelos, antecipando prováveis problemas na fabricação e execução da obra. Caso seja necessário, muda-se apenas no modelo tridimensional, adequando-o às análises, sem a necessidade de se redesenhar tudo novamente. Situação bastante improvável se se utilizassem as maquetes e desenhos convencionais. Esclarece Szalapag (2005, p. 45):

Movimentar-se em torno dos modelos digitais revela questões estruturais e de construção em relação aos componentes construtivos que não poderiam ter sido resolvidos em modelos físicos. A primeira e mais simples vantagem de 3-D modelagem digital, portanto, é ser capaz de visualizar rapidamente as consequências das mudanças do modelo sem a necessidade de complexos e trabalhosos redeseños 2-D. (Tradução nossa).⁴⁴

Além de todas essas vantagens, podem-se também perceber e experimentar, por meio do modelo virtual tridimensional, formas complexas com a mesma simplicidade que se modelam sólidos regulares. É possível antever e encontrar soluções dos problemas de geometria e achar as prováveis soluções com bastante facilidade. “Modelar não apenas uma solução para este problema, mas as regras de projeto que podem ser usadas para explorar soluções alternativas, requer um gráfico complexo de geometria associativas”⁴⁵ (MENGES, 2010, p. 33, tradução nossa).

⁴⁴ “Movement in and around digital models revealed structural and constructional issues in relation to building components that would have remained unresolved in physical models. The first and simplest advantage of 3-D digital modeling, therefore, is to be able to quickly visualize the consequences of model changes without the need for complex 2-D redrawing work”.

⁴⁵ “To model not just one solution to this problem, but the design rules that can be used to explore alternative solutions, requires a complex ‘graph’ of ‘associative geometry’”.



Figura 22. Modelo 3D, da Autodesk Revit. Fonte: Autodesk

No entanto, ao se analisar os modelos tridimensionais (Figura 22) e todas as suas potencialidades, pode-se também perceber outra dimensão, além das três habituais (a quarta) indispensáveis à arquitetura, mas que antes do uso

computador até poderia ser imaginada, mas não sentida: o tempo.

Apesar de a percepção do tempo real, pela lógica do computador, ser diferente, é possível simular, a qualquer momento em que seja necessária, uma visão interativa, percorrendo em qualquer campo visual caminhos externos e internos ao modelo virtual, dando a nítida sensação de movimento, tal qual acontece nos filmes. Zevi (1996, p. 23), definindo a importância dessa dimensão, revela: “Em arquitetura, no entanto, o fenômeno é totalmente diferente e concreto: aqui é o homem que, movendo-se no edifício, estudando-o de pontos de vistas sucessivos, cria, por assim dizer, a quarta dimensão, dá ao espaço a sua realidade integral”. Entender arquitetura é, antes de qualquer outra coisa, a possibilidade de perceber e compreender os espaços (internos e externos) concebidos dos edifícios, mesmo antes de serem construídos. No computador, a essência da terceira dimensão surge a partir da modelagem digital, que gera os volumes e os vazios, permitindo uma compreensão, mesma que temporária, do espaço arquitetônico virtualmente solidificado, aproximando-se em muito das percepções narradas nos comentários de Zevi (1996).

Todas essas facilidades potencializadas pelo computador são muito importantes e podem ser instrumentos na tomada da decisão do projeto de arquitetura, mas o que se objetiva, de fato, na construção do modelo tridimensional único é a fabricação propriamente dita, possibilitando-se prever e construir protótipos em todas as etapas que se deseje, aproximando ao máximo o ideal do real, ou seja,

o que se especula na etapa da concepção do projeto à da execução da obra, como um ato contínuo e indissociável. Kolarevic (2009, p. 60) explica:

O único modelo digital unificado, como imaginado por Jim Glymph, um dos parceiros de Gehry, coloca o arquiteto no papel de um “coordenador das informações” entre os vários participantes da concepção e construção de um edifício. A ideia principal é unificar, ou seja, reunir todos em um único ambiente de informação digital, as centenas de diferentes partes típicas envolvidas na produção de um edifício, com o objetivo de superar as ineficiências, os recursos e informações inteligentes, que resultam das divisões convencionais das responsabilidades, e os modos de produção nas diferentes profissões. (Tradução nossa).⁴⁶

O papel do arquiteto, através do uso dos modelos virtuais únicos, passa a ser, além do habitual, o de coordenador-geral, gerenciando as etapas e informações para que o modelo digital único, objeto de estudos, envolva as diversidades da construtividade, eficiência energética e estrutura, portanto mantendo a fidelidade das informações que se imaginaram na concepção em mídia digital. Dentre as várias vantagens da mídia digital, principalmente a modelagem tridimensional de informação sobre os trabalhos analógicos na coordenação dos projetos, está a possibilidade de se manter, desde o início da projeção, as mesmas informações sem nenhum tipo de interferência interpretativa sobre os dados contidos no modelo. Em outras palavras, as informações sobre os objetos permanecem as mesmas em todo o processo do projeto e obra. Quando se usa a mídia analógica, mesmo que apenas para o registro, a maior parte das ricas informações é perdida e, irreversivelmente, elas são enviadas para a execução com dados ambíguos e difíceis de serem interpretados. Pittman (2009, p. 257) nos relata um desses momentos.

⁴⁶ “The single, unified digital model, as envisioned by Jim Glymph, one of Gehry’s partners, places the architect in the role of a “coordinator of information” between the various participants in the design and construction of a building. The principal idea is to unify, i.e. to bring together in a single digital information environment, the hundreds of different parties involved in a typical building production, with the aim of overcoming the inefficiencies, resource-wise and information-wise, that result from the conventional divisions of responsibility and modes of production in the various professions”.

O construtor está tentando decifrar a intenção da concepção do arquiteto, e assim como a equipe de construção, na verdade, tenta construir o edifício, eles encontram ambiguidade no projeto. Na comunicação, há uma quantidade considerável de idas e vindas, no sentido de esclarecer o que foi originalmente pensado e assim reconstruir a informação. (Tradução nossa)⁴⁷

O processo do registro e da interpretação analógica vem se arrastando por muito tempo. Até o início do Renascimento europeu, o arquiteto estava presente na obra, assegurando a fidelidade da execução ou criando alternativas para as situações imprevistas. O distanciamento do arquiteto da obra mudou o papel do desenho na cadeia da construção. Delegou a outros a função de interpretar, por meio dos desenhos e perspectivas, e até mesmo a maquete física, as suas intenções, a melhor sequência executiva e as especificações dos materiais utilizados.

Na tentativa de analisar as informações impressas em um papel e reconstruir as informações pedidas, muitos dados vão ser interpretados erradamente, e dessa maneira inviabilizar a comunicação entre os vários agentes do processo da construção. Essa situação ambígua não serve ao propósito da informação, é um ato de desinteresse com a fidelidade dos dados para a execução da obra. Segundo Pittman (2009, p. 255), “[...] a ambiguidade é necessária no sentido de minimizar a própria responsabilidade do arquiteto no caso de ocorrer algo de errado durante o processo de construção” (tradução nossa).⁴⁸ Por certo, o preço pago por não se assumir as responsabilidades das informações prestadas é o afastamento das práticas da fabricação, das montagens e da obra em si. A consequência, ao longo da história, foi um contínuo desgaste na credibilidade do arquiteto, coincidentemente à medida que o processo da construção foi dependendo cada vez mais da tecnologia.

⁴⁷ “The builder is trying to decipher the architect’s design intent, and as the construction team actually tries to construct the building, they find ambiguity in the design. There is a considerable amount of back and forth communication in order to clarify what was originally meant and reconstruct the information”.

⁴⁸ “[...] ambiguity is necessary in order to minimize the architect’s own liability in case something goes wrong during the construction process”.

Numa relação digital, diferentemente da analógica, o cenário que se espera é mais animador, pois que as informações geométricas digitais tridimensionais possibilitadas pelo computador têm uma maior interatividade, eficiência e maior fidelidade. O domínio das informações que são agregadas ao modelo resgata a importância e a credibilidade do arquiteto, leva-o ao centro da decisão do processo da arquitetura. Szalapaj (2005, p. 263) descreve essas facilidades.

[...] os modelos de concepção digital podem fornecer informações de origem geométrica, vindo a produzir modelos estruturais detalhados. Também podem ser usados para detalhar e coordenar serviços tais como o da eletricidade, mecânica da ventilação e aquecimento. Informações geométricas 3-D em formato digital estão cada vez mais sendo testadas pelos arquitetos para o uso por parte dos empreiteiros e construtores. Os desenhos podem ser derivados da forma dos modelos 3-D digital e, quando necessários, tanto para a documentação contratual quanto para outros propósitos, como a apresentação. (Tradução nossa).⁴⁹

Hoje, com as possibilidades paramétricas tridimensionais, os desenhos são apenas subprodutos dos modelos digitais, as informações são confiáveis e podem ser abstraídas a qualquer momento, muito mais pela exigência do registro formal, que normalmente, ainda, são exigidos pelos órgãos reguladores, do que para o entendimento e fabricação do objeto. Há, por certo, uma urgência na mudança do uso mídia para a interatividade das relações na construção civil. Saggio (2009, p. 241) conclui: “É preciso dar um salto, para sair da condição do espaço analógico, totalmente desatualizado, para começar a perceber e conceber no espaço da tecnologia da informação” (tradução nossa).⁵⁰ Os novos desafios nos fazem perceber as necessidades iminentes do processo construtivo atual. A mídia da transmissão da informação está à frente do processo da materialização e por

⁴⁹ “[...] digital design models may provide the geometrical source information from which detailed structural models can be produced. They can also be used to detail and co-ordinate services such as electrical, mechanical, heating and ventilation. Geometric information in 3-D digital form is increasingly being provided by architects for use by contractors and manufacturers. Drawings can be derived from 3-D digital models as and when needed, whether for contractual documentation or for other purposes such as presentation”.

⁵⁰ “We need to make that jump, to move out of the condition of a mechanical space to start conceiving the space of information technology”.

consequência em descompasso com todo o processo de produção. Kolarevic (2009, p. 8), sobre essa necessidade de comunicação, afirma:

A principal questão tecnológica é como desenvolver um modelo de informação para a indústria da construção que facilitaria todas as fases da concepção e construção do edifício e que possa sintetizar a produção das informações e trocá-las entre os vários partícipes. (Tradução nossa).⁵¹

É inevitável, mas há, por certo, uma enorme barreira a superar, que é ultrapassar as deficiências das limitações tecnológicas e da exequibilidade. Dessa forma, a nova construtividade se tornará uma consequência direta da mídia digital e suas ferramentas indispensáveis para se tirar vantagens das oportunidades que se abriram com o mundo digital. Não são poucos os exemplos de obras, espalhadas

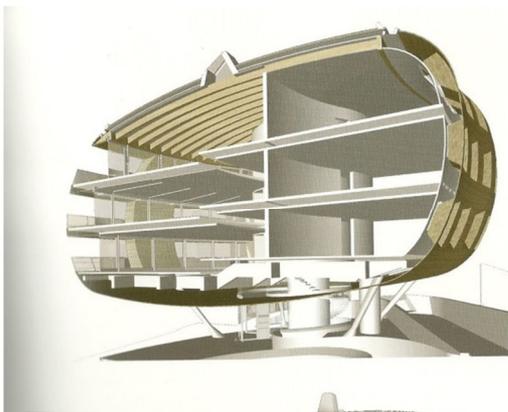


Figura 23. Chesa Futura, Casa de madeira, Arq. Norman Foster, St Moritz, Suíça.
Fonte: Whitehead apud Kolarevic, 200, p. 99.

peelo mundo, que estão sendo construídas com sucesso, considerando apenas os modelos únicos, independentemente da tecnologia utilizada (Figura 23). Nesse sentido, Kolavevic (2009, p. 33) refere que essas obras, “as quais variam consideravelmente em tamanho e orçamentos, demonstram que a fabricação digital pode oferecer oportunidades produtivas dentro tabela do orçamento e de

uma planilha, que não precisam ser extraordinários” (tradução nossa).⁵² O que se argumenta mais incisivamente é que o orçamento não sofre um acréscimo extra em função da excepcionalidade e complexidade do projeto. Os meios digitais são perfeitamente exequíveis para quaisquer tipologias, mas foi o desafio da exequibilidade que trouxe credibilidade. As questões das complexidades digitais, um desafio superado.

⁵¹ “ The main technological issue is how to develop an information model for the building industry that facilitates all phases of building design and construction, and that can synthesize information produced and exchanged between various parties”.

⁵² “A growing number of successfully completed projects, which vary considerably in size and budgets, demonstrate that digital fabrication can offer productive opportunities within Schedule and budget frameworks that need not be extraordinary”.

2.5 Exequibilidade do modelo digital

Se, na arquitetura, o processo de inserção das ferramentas digitais ainda é complexo e controverso, em outras áreas do conhecimento como na indústria automobilística, aeroespacial e naval a adoção das ferramentas digitais foi bem mais rápida. Na verdade, algumas delas estavam à frente das inovações, buscando novos meios de se fazer, objetivando integrar as ferramentas digitais na produção e fabricação. A arquitetura sempre se preocupou com a consistência das outras indústrias, provavelmente temendo ser comparada a elas. Graeff (2006, p. 72) comentava: “Muitos arquitetos veem na mecanização ameaça mortal a pesar sobre a arquitetura. Outros, conformados, encaram a grande arte como simples atividade industrial, colocada no mesmo plano da produção de navios, veículos e simples artigos de largo consumo”. Dessa maneira, esse último olhar deu, involuntariamente, uma grande contribuição à arquitetura, que buscava perceber as inovações e evoluções produzidas, apesar das limitações próprias. Kolarevic (2009, p. 10) fala sobre esse olhar além das fronteiras da arquitetura.

Esse interesse dos arquitetos no reuso da tecnologia e métodos formados em outras indústrias não é nada novo. Arquitetos têm sempre olhado além das fronteiras de suas disciplinas, apropriando-se de materiais, método e processos de outras indústrias, conforme a necessidade. Historicamente, essas transferências tecnológicas têm sido o cerne dos muitos avanços bem-sucedidos, ampliando o âmbito da inovação e continuamente afetando as normas prevalecidas na prática. (Tradução nossa).⁵³

⁵³ “This interest of architects in the re-use of technology and methods from other industries is nothing new. Architects have always looked beyond the boundaries of their discipline, appropriating materials, methods and processes from other industries as needed. Historically, these technology transfers have been at the core of many successful advances, widening the scope of innovation and continually affecting the prevalent norms of practice”.



Figura 24. Modelo tridimensional do Boeing 777, em ambiente BIM. Fonte: Kolarevic, 2009, p. 10.

Ao se fazer uma comparação com as outras áreas da produção digital como a aeroespacial e naval, por exemplo, constatar-se-á facilmente que a construção civil é uma das mais atrasadas tecnologicamente. A empresa americana Boeing, maior fabricante de aviões do mundo, desenvolveu o seu modelo 777 (Figura 24) no início dos anos 1990 e, mais recentemente, o 787,

lançado em 2009, utilizando-se 100% do processo de fabricação digital por computador, por meio do *software* chamado CATIA.⁵⁴ Para Gauchat (2009, p. 36), nesse processo a Boeing conseguiu “ir além da representação, [...] são operativos e trazem um novo nível de sofisticação e informação na tomada de decisão para o projeto e a construção” (tradução nossa).⁵⁵

A indústria automobilística utiliza um processo robótico de montagem desde a década de 1980 e seus modelos mais recentes são todos projetados e processados por meio de modelos tridimensionais. Mas, como sempre, nada é por acaso, diante da necessidade de investimento maciço para se avançar tecnologicamente. Essas empresas apostaram no processo produtivo e mudaram os seus meios de fabricação. No campo da arquitetura, ainda não se contam com as grandes corporações, como, por exemplo, o da indústria automobilística, interessadas em alavancar grandes inovações de produção para o setor da construção. Possivelmente o grande segredo esteja no modelo de repetição e a pequena quantidade de modelos à escolha dos clientes.

Os profissionais, com raras exceções como Frank Gehry, Norman Foster e outros poucos, trabalham, invariavelmente, no varejo, ou seja, com que está disponível no mercado, sem poder fazer grandes inovações, pois isso requer tempo

⁵⁴ CATIA (Computer Aided Three-Dimensional Interactive Application) – É uma multiplataforma comercial tipo CAD/CAM, desenvolvido pela companhia francesa Dassault Systemes no final dos anos 1970 e começo dos 1980 para o projeto do Mirage. Foi adotada nas indústrias de aeronaves, automobilística e naval dentre outras.

⁵⁵ “Going beyond depiction. [...] are operative and bring a new level of sophistication and informed decision making to design and building”.

e muito investimento. No geral, os arquitetos ficam a reboque dos fabricantes de *softwares* que, normalmente, fazem seus investimentos calculados e, estrategicamente, sem grandes mudanças radicais, apostando na aceitação do mercado. Isso é bastante compreensível, pois transformações bruscas requerem novos conhecimentos imediatos, treinamentos e mudanças radicais nos procedimentos e, dessa forma, a confiança nas ferramentas digitais seria afetada novamente e, assim, tudo voltaria ao estágio inicial e recomeçar-se-ia todo processo, o que, convenhamos, neste momento, não seria o caminho mais apropriado. Há, nas duas últimas décadas, uma tendência irreversível, garantida pela eficiência comprovada dos meios digitais, de mudanças no processo da fabricação de parte ou de todo o edifício. Todo o processo executado por meio da fabricação computacional mecanicamente dirigida por arquivos digitais, supervisionados por arquitetos e seus colaboradores, torna o processo mais interativo e seguro. É o que se observa no caso do escritório do arquiteto canadense Frank Gehry, radicado nos Estados Unidos, em seus dois projetos mais estudados na literatura sobre esse assunto específico da fabricação digital. As obras são o Museu Guggenheim de Bilbao (Figura 25) e o Walt Disney Concert Hall em Los Angeles (Figura 26), duas experiências inéditas, pela iniciativa e pela excepcionalidade do processo da fabricação e construção do edifício.



Figura 25. Guggenheim de Bilbao, País Basco, Espanha, 1992-1997. Fonte: <http://www.guggenheim.org/bilbao>



Figura 26. Concert Hall of Disney, Los Angeles, EUA, 1987-2003. Fonte: <http://www.laphil.com>

Para realizar esses seus dois projetos na era digital, Frank Gehry e seus colaboradores tiveram de passar por um longo processo de aprendizado metodológico e mudar toda a estrutura do escritório de forma a inserir os modelos digitais para a fabricação. Dessa maneira, Gehry viabilizou a produção mecanicamente dirigida desses dois projetos, primeiramente o Guggenheim e depois o Concert Hall (embora este último tenha sido concebido primeiro), por meio de fabricação auxiliada por computador (CAD-CAM). Todas as peças estruturais foram elaboradas através da vetorização por meio de um escâner a laser (Figura 27), aplicado em pontos predeterminados sob a maquete física, diretamente para o programa CATIA, que era inicialmente utilizado apenas em outras indústrias.



Figura 27. Escaneamento manual, da maquete para programa digital CATIA. Fonte: Kolarevic, 2009, p. 106.

A partir de 2002, a Gehry Technologies atualizou, desenvolveu e criou, em parceria com Dassault Systèmes (detentora do CATIA), uma nova plataforma de sistemas chamada de Digital Project, que possibilita, a partir do modelo único, um sistema de modelagem 3D, de gestão e

de informação para construção (BIM). Kolarevic (2009, p. 59) descreve o processo particular de produção de projeto de Gehry e realça a importância das informações dos modelos digitais.

Para o escritório de Gehry, um modelo digital criado no CATIA – *software* de concepção e de fabricação usado principalmente na indústria aeroespacial – é a única fonte de concepção e construção da informação. Em um ponto de partida notável das atuais normas da prática, o modelo tridimensional digital é na verdade a parte-chave do caderno de encargos, a partir do qual toda a informação dimensional deve ser extraída durante a fabricação e a construção do edifício. Em outras palavras, o modelo digital tem precedência sobre qualquer outro documento da construção, de forma legal e na prática, no local da construção. (Tradução nossa).⁵⁶

Posteriormente os esquemas de forças vetoriais foram transferidos para serem redesenhados no programa BOCAD⁵⁷ para gerar, automaticamente, um modelo digital abrangente das estruturas de metal. As peças, depois de fabricadas, foram mapeadas por meio de códigos de barras para que fossem localizadas e posicionadas corretamente na obra por meio de GPS e assim montadas com toda margem de segurança e rapidez. Kolarevic (2009, p. 43) também descreve que o “mais importante é que esse programa já foi utilizado para produzir automaticamente os desenhos de fabricação, ou os dados do CNC (Controle Numérico Computadorizado), precisamente os cortes e a pré-montagem dos vários componentes” (tradução nossa).⁵⁸ Todo esse processo empírico se justificou pela excepcionalidade da obra, onde cada peça tinha tamanhos e formas diferentes. Logicamente que para essa nova situação seria necessário desenvolver métodos de

⁵⁶ “ For Gehry’s Office, a digital model created in CATIA – the design and manufacturing software used mainly in the aerospace industry – is the single source of design and construction information. In a remarkable departure from the current norms of practice, the three-dimensional digital model is actually a Key part of the contract documents, from which all dimensional information is to be extracted during the fabrication and construction of the building. In other words, the digital model takes precedence over any other construction document, legally and in practice, on the construction site”.

⁵⁷ BOCAD – é plataforma multiuso, *software* 3D, CAD / CAM (GmbH), criado em 1980, que trabalha estruturando as várias etapas da produção e utiliza diversos materiais como o aço, vidro, concreto e madeira.

⁵⁸ “More importantly, that same program was used to automatically produce the fabrication drawings, or CNC data, to precisely cut and pre-assemble the various components”.

fabricação robóticos e de montagem das peças na obra de maneira que fossem compatíveis para garantir a precisão geométrica dos meios digitais.

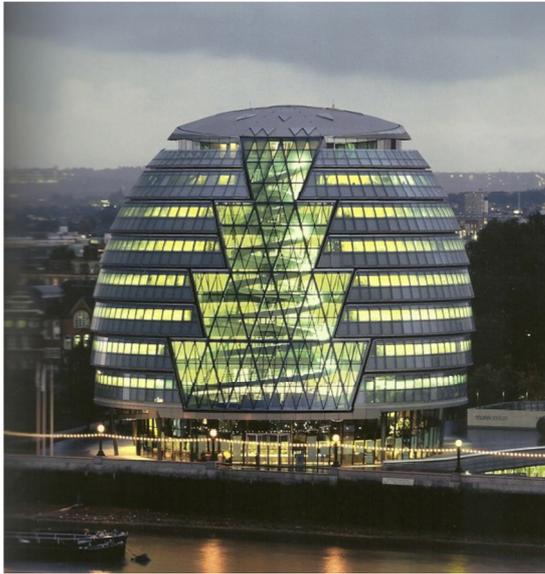


Figura 28. City Hall of London, Norman Foster, Inglaterra, 2006. Fonte: Catalogue Foster and Partner, 2005, p. 191.

Se há precisão na concepção, modelagem e fabricação, obviamente que a qualidade dependeria do rigor final do posicionamento com as mesmas especificidades e qualidade. Whitehead (2009, p. 92) descreve com precisão a maneira como foram montadas as peças da obra City Hall (Figura 28) (Londres) de Norman Foster, que também utilizou o processo de fabricação mecanizada controlado por computador, exaltando a precisão e o rastreamento digital para a montagem de cada peça.

No sentido de controlar o posicionamento durante a construção, Warners marcou, na fábrica, cada peça da estrutura de aço com tarjas holográficas. Gravaram-se as coordenadas de cada alvo em um banco de dados, assim, eles foram capazes de rastrear cada peça da fábrica até a sua instalação no local da obra. Usando o equipamento de agrimensura a laser geodésico, as coordenadas XYZ puderam ser acompanhadas durante a instalação para precisão de 1 mm de qualquer parte de sua localização. (Tradução nossa).⁵⁹ (Figura 29).

Todo esse rigor se justifica pela necessidade da precisão na montagem das peças. Szalapag (2005, p. 198) também comenta sobre essa precisão no processo da montagem e da fabricação das peças na obra do Jardim do Eden, idealizado por Tim Smit. Aborda com precisão o complexo projeto estrutural do trabalho que foi representado digitalmente usando *software* de análise estrutural, da modelagem e 3-D CAD/CAM desenvolvido em conjunto entre a Grim Shaws, Hunts and Mero.

⁵⁹ In order to control positioning during construction, Warners marked every piece of steel structure with holographic targets in the factory. By recording coordinates for each target in a database, they were able to track every piece from the factory to its installation on-site. Using laser-surveying equipment XYZ coordinates could be measured during installation to an accuracy of 1mm anywhere on the site”.

Os dados digitais foram exportados para uma oficina mecânica onde uma linha de produção computadorizada corta, automaticamente, os componentes comprovadamente com as especificações precisas. Os muitos milhares de componentes, únicos, foram numerados individualmente, de modo que, quando instalados em suas posições originais, combinando elementos poderiam ser acomodados com valores de tolerância mínima. (Tradução nossa).⁶⁰

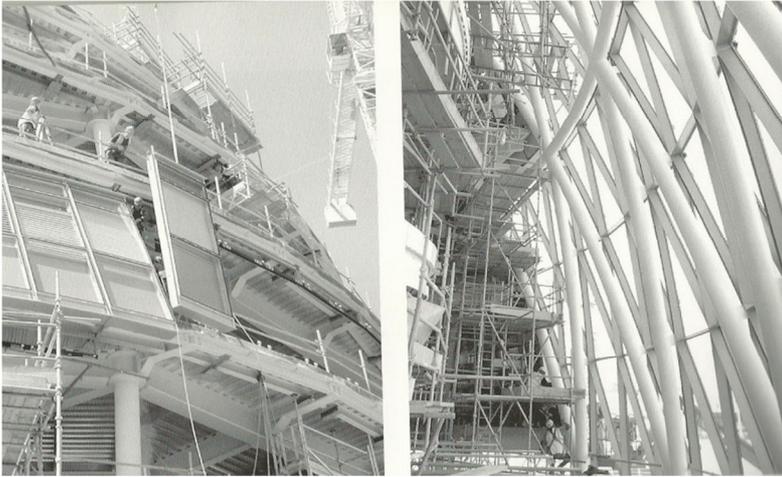


Figura 29. City Hall, montagem controlada com tarjas holográficas e customizadas. Fonte: Kolarevic, 2009, p. 92.

Dessa forma, possibilitou-se a fabricação de todas as peças quase sem nenhum custo adicional. É o que se pode chamar de customização dos meios de produção, sendo que cada peça é única e individualizada e pode fornecer uma variedade de peças personalizadas,

possibilitando a fabricação de quaisquer formas complexas. Kolarevic (2009, p. 52) explica:

A capacidade de se produzir em massa um único componente específico do edifício, altamente diferenciado com a mesma facilidade de se produzir peças padronizadas, introduziu a noção de "customização em massa" na construção e produção do projeto. (Isto é tão fácil e viável para a CNC – máquinas fresadoras para produzir mil objetos únicos ou produzir mil peças idênticas). (Tradução nossa).⁶¹ (Figura 30).

⁶⁰ "The digital data was exported to a machine shop where a computerized production line automatically cut components to the precise specifications provided. The many thousands of individual components were individually numbered, so that when fitted to their unique positions, matching elements could be accommodated with minimal tolerance values".

⁶¹ "The ability to mass-produce one-off, highly differentiated building components with the same facility as standardized parts, introduced the notion of "mass-customization" into building design and production (it is Just as easy and cost-effective for a CNC milling machine to produce 1,000 unique objects as to produce 1,000 identical ones)".

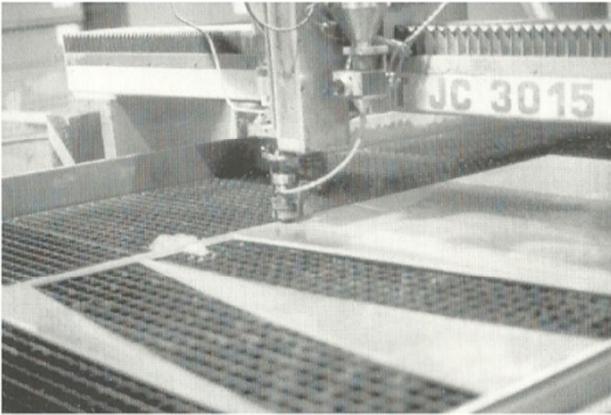


Figura 30. Fresadora por subtração, produção de peças customizadas. Fonte: Koralevic, 2009, p. 34.



Figura 31. Torre de T.V. de kautzuo, China, arquiteto Mark Hemel. Fonte: <http://www.iba-bv.com>

Essas e outras e experiências excepcionais de Frank Gehry e de outros tantos arquitetos como Sir Norman Foster, grupo Coop Himmelb(l)au, RMJM, PWT Architects, Future Systems, Asymptote e Mark Hemel (Figura 31), que trabalham com tecnologia digital de informação, nos fazem lembrar que a arquitetura não é apenas o projeto, é essencialmente a execução da obra, em todas as suas etapas de fabricação. A era digital tem reconfigurado radicalmente o relacionamento entre a concepção e produção, criando um *link* direto entre o que pode ser conceituado e produzido (KORALEVIC, 2009, p. 31).

Neste ponto o computador presta serviços indispensáveis na elaboração, experimentação e na fabricação do edifício. O processo da fabricação e da construção digital reaproxima o criador da “criatura”, tornando a participação do arquiteto, mais uma vez, peça fundamental de todo o desenvolvimento da obra, como foi no passado distante. Quando o arquiteto tinha uma relação mais próxima com a obra era ele quem coordenava todo processo construtivo, determinava as etapas, custos, afinal, era ele quem detinha o conhecimento das técnicas, dos materiais e de seus arranjos. Koralevic (2009, p. 57) relembra:

Durante séculos, ser um arquiteto também significava ser um construtor. Arquitetos não apenas foram os mestres dos efeitos espaciais, como também estavam intimamente envolvidos na construção de edifícios. O conhecimento das técnicas de construção estava implícito na produção arquitetônica; inventar forma do edifício

implicava inventar os seus meios de construção, e vice-versa. As informações do projeto eram a informação implicitamente construída uma na outra. (Tradução nossa).⁶²

Os desenhos de representação e a obra sempre tiveram uma relação intrínseca e se completavam. Os instrumentos de desenho eram também utilizados para interpretar e resolver os problemas da obra. Ao longo dessa história, desde as construções dos Zigurates dos povos mesopotâmicos, das pirâmides e palácios egípcios, dos templos gregos e romanos, o desenho livre contribuiu substancialmente com o desenvolvimento do processo construtivo, outras vezes era parte do processo e não havia uma definição exata da tarefa de cada processo. Segundo Vitruvius (POLIÃO, 1999, p.) escrito no século I a.C., “[...] os problemas difíceis da concepção do projeto são resolvidos através dos métodos e regras geométricas”. Os vínculos do arquiteto com a execução do edifício sempre foram muito próximos e os seus problemas também. Os desenhos eram até pouco tempo o meio mais eficaz de expressar as ideias do projeto, bem com as técnicas construtivas.

Outra vez a representação das ideias, agora por meio de modelos tridimensionais de informações digitais, poderia garantir a reaproximação do arquiteto à obra. Esse encontro poderia se efetivar se os arquitetos se dispusessem a conhecer e dominar todas as informações dos modelos digitais para a fabricação e produção do edifício. Caso isso ocorra, a sua relação com a obra seria de uma maneira diferente, parecida, como comentou Koralevic, com o que aconteceu no passado, ou seja, poderiam ser os agentes coordenadores de todo o processo. Para que toda essa visão da arquitetura se torne um novo paradigma na arquitetura, as academias têm um papel muito importante, que é realizar as mudanças necessárias na estrutura do aprendizado do arquiteto.

⁶² “For centuries, being an architect also meant being a builder. Architects were not only the masters of spatial effects, but were also closely involved in the construction of buildings. The knowledge of building techniques was implicit in architectural production; inventing the building’s form implied inventing its means of construction, and vice-versa. The design information was the construction information-one implied the other”.

2.6 Formação acadêmica ou academicismos?

As grades curriculares do ensino das academias de arquitetura brasileiras atuais ainda estão muito focadas na representação do projeto. Muitas delas ainda têm uma carga acentuada de desenho artístico. Observando as atuais demandas que as ferramentas tecnológicas digitais podem oferecer, não é muito difícil verificar que existe uma dissintonia entre a gênese histórica da arquitetura e um futuro incerto dos novos profissionais. Há uma necessidade premente de se olhar para frente, respeitando e aprendendo com o que ficou para trás, e não o contrário. Afinal, não se trata de uma simples disputa de qual padrão é o melhor, mas qual deve sobreviver como modelo para as gerações futuras. Segundo Kuhn (2000, p. 117), não é preciso esperar sinais tão evidentes: “Frequentemente, um novo paradigma emerge, ao menos embrionariamente, antes que uma crise esteja bem desenvolvida ou tenha sido explicitamente reconhecida”. É necessário antecipar e atender às novas demandas, antes que as relações institucionais professores-alunos estejam totalmente superadas pelos atrasos na condução das atualizações tecnológicas. Para atender a essa tendência tecnológica haveria a necessidade de se investir no conhecimento do processo da fabricação e da construção controlada e gerenciada pelos meios informatizados digitais, viabilizando o conhecimento dos processos construtivos. Existe uma grande variedade e possibilidades do uso dos diversos tipos de materiais e sistemas construtivos, que comumente são ignorados ou incluídos apenas superficialmente nas academias.

Com uma formação acadêmica essencialmente mais tecnológica, os arquitetos deteriam o conhecimento de todo o processo da fabricação, desde a concepção inicial até a fabricação, possibilitando, dessa forma, que eles retornassem ao centro do processo de produção do edifício. Essa situação nova, na prática, viabilizar-se-ia apenas com a percepção dos potenciais das informações contidas nos modelos digitais. Pittman (2009, p. 256) mostra essa importância de um novo padrão afirmando que se trata de

[u]m modelo que leva em conta características do desempenho, custo e outras questões relacionadas à construção e operação de um

edifício, bem como da sua concepção. Um modelo não é apenas uma imagem tridimensional da geometria, mas uma representação rica do edifício que contém todos os tipos de dados interessantes e úteis. (Tradução nossa).⁶³

Dados contidos nas informações da modelagem são úteis para fazer a construção de modelos físicos por meio da prototipagem, para proceder às análises estruturais ou para a fabricação das formas mais complexas, facilitada pelos meios digitais. As academias deveriam pôr em discussão as atuais metodologias e criar a perspectiva para um “novo” fazer do aprendizado-ensino da arquitetura. Eastman (2008, p. 166) ilustra as potencialidades do BIM na ajuda na metodologia projetual e aponta como é possível explorar as suas principais capacidades da ferramenta.

Ferramentas de síntese de *design* devem equilibrar a necessidade de apoiar o processo do pensamento intuitivo e criativo, quando um esquema de projeto básico é o primeiro a ser definido e explorado com a capacidade de fornecer avaliação rápida e comentários com base em uma variedade de simulação e uma ferramenta de análise, permitindo *design* mais informado.⁶⁴

Nesse sentido, o papel delas é fundamental para a retomada do domínio tecnológico pelos novos arquitetos, em praticamente todas as etapas do processo arquitetônico. Dever-se-ia entender que os arquitetos e os estudantes estariam, obrigatoriamente, interagindo mais apropriadamente com as novas possibilidades computacionais e, conseqüentemente, dominando digitalmente todo o processo, da criação até o final da obra. Kolarevic (2009, p. 61) faz o seguinte comentário a esse respeito:

Instituições educacionais são as únicas que têm o poder (e, esperançosamente, a antevidência) para preparar as futuras

⁶³ “A model that takes into account performance characteristics, cost and other issues related to the construction and operation of a building, as well as, its design. A model is not just a three-dimensional Picture of geometry, but a rich representation of the building that contains all kinds of interesting and useful data”.

⁶⁴ “Concept design tools must balance the need to support the intuitive and creative thinking process when a basic design scheme is first being defined and explored with the ability to provide fast assessment and feedback based on a variety of simulation and analysis tool, allowing more informed design”.

gerações de profissionais para as práticas emergentes da era digital. Precisamos começar a formar arquitetos para serem, novamente, mestres construtores, para entender e retomar os processos de construção através de tecnologias digitais. (Tradução nossa).⁶⁵

Trata-se de mudança não apenas no que se pretende ensinar, mas principalmente na maneira de se integrar os conhecimentos, que passariam a ter, a princípio, um único propósito, a execução do edifício, pois, afinal, arquitetura é o espaço edificado, como afirmou Bruno Zevi (1996). Nessa lógica, os novos profissionais passariam a ter um perfil mais centralizador das informações e de suas utilidades. As ferramentas digitais computacionais oferecem um enorme leque de possibilidades para os projetistas, arquitetos e engenheiros utilizarem programas que interagiriam invariavelmente, desde o início do processo digital até o de fabricação mecanicamente dirigida, utilizando-se de forma apropriada e, dependendo do uso, dos recursos de suas ferramentas. Este é um momento muito importante da história do ensino da arquitetura, porque, pela primeira vez, depois de quinhentos anos, tem-se a oportunidade, aportado na mídia digital, de se formar um profissional detentor de todas as informações das etapas da produção, com o pensamento dedicado à construção do edifício e não do desenho do projeto.

Para os profissionais que estão estabelecidos será um reaprendizado bastante árduo, mas necessário, pois o mercado de trabalho está cada vez mais seletivo e concorrido. Por consequência dessa disputa acirrada, exigir-se-ão cada vez mais uma especialização e aperfeiçoamento profissional. Krygiel (2010, p. 46, tradução nossa) expõe a necessidade de mudar hábitos para se estabelecer novos métodos: “A adoção de novas ferramentas em algum nível pode ser fácil, mas mudar nossos padrões estabelecidos e repensar os nossos métodos habituais na nossa prática exige mais empenho” (tradução nossa).⁶⁶ Eastman (2008, p. 417) descreve sobre as mudanças de hábitos e da maneira de se perceber o processo da obra.

⁶⁵ “Educational institutions are the ones who have the power (and, hopefully, the foresight) to prepare future generations of professionals for the emerging practices of the digital age. We need to start training architects to be master builders again, to understand and reengage the processes of building through digital technologies”.

⁶⁶ “Adopting new tools at some level can be easy, but changing our established patterns and rethinking our habitual methods in our practice requires more diligence”.

BIM está afetando a atuação dos arquitetos de *design* e o modo como as obras são construídas. Uma vez que o modelo se torna a base de dados central de informações, a análise das ideias de projeto e desempenho do edifício, a estimativa de custo e o cronograma de construções podem ser feitos com maior precisão. (Tradução nossa).⁶⁷

Isso, no entanto, aumenta a responsabilidade e por consequência a necessidade da especialização. Há escritórios mais bem estruturados que poderão dividir tarefas e criar colaboradores especialistas em determinadas tarefas e aprimorar o trabalho de equipe, permitindo fazer os projetos mais estudados e experimentados.

Além disso, nas escolas de arquitetura, os estudantes, provavelmente, quando estiverem utilizando as ferramentas digitais de modelagem tridimensionais, com o foco na construção do edifício, terão menos dificuldades e poderão experimentar novas estratégias, explorar novas possibilidades metodológicas e também formas complexas dos edifícios. Corroborando as facilidades dos estudantes com as ferramentas digitais, Yessios (2009, p. 262) notou que “[...] os estudantes estão, frequentemente, à frente dos seus professores quando se trata do uso das ferramentas digitais” (tradução nossa).⁶⁸ As ferramentas tridimensionais digitais permitem que os estudantes formulem novos conceitos, analisem as eficiências energéticas, o comportamento das estruturas, topografia, materiais e movimento, enfim, praticamente todas as interfaces relativas à arquitetura. É muito importante que as escolas de arquitetura disponibilizem ferramentas tecnologicamente atualizadas para um melhor aproveitamento do potencial dos estudantes. Szalapaj (2005, p. 265) comenta essa necessidade, exemplificando, por comparações, a importância do uso das ferramentas de modelagem tridimensional de informações digitais.

Uma escola de projeto sem a inclusão das facilidades computacionais deveria ser tão inconcebível como os militares sem

⁶⁷ “BIM is impacting the way architects design and how buildings are constructed. Because the model becomes the central database of information, the analysis of design ideas and building performance, cost estimation, and constructions scheduling can be done with greater accuracy”.

⁶⁸ “[...] student designers are frequently ahead of their professors when it comes to the use of digital tools”.

navegação por satélite ou um hospital sem a tomografia computadorizada ou a ressonância magnética. Tecnologias como estas tornam transparentes características que antes estavam ocultas, por meio das reconstruções e visualizações tridimensionais. Do mesmo modo, ambientes poderosos de redes computacionais, com CAD integrados e *software* de análises, devem estar disponíveis para estudantes de projeto no contexto dos ateliês. (Tradução nossa).⁶⁹

Esse provavelmente é um cenário desejável para as escolas de arquitetura brasileiras, onde a integração e interação se dariam entre as várias especialidades e diversidades da formação do arquiteto. É importante permitir as experimentações das novas possibilidades digitais no sentido da aproximação do processo de concepção ao de fabricação do edifício dirigida por meios computacionais. É o papel da vanguarda!

Mesmo que ainda estejamos passando por um período de transição e que essas transmutações sejam perfeitamente aceitáveis, deveria, a princípio, existir uma lógica na organização do processo de ensino-aprendizado do projeto de arquitetura atual. Organizar-se para a apropriação melhor das ferramentas tecnológicas disponíveis, pois, nitidamente, convive-se, dentro dos ateliês das escolas de arquitetura, com diversos níveis de interação na relação professor-aluno, com abordagens diferentes para exigências parecidas.

Há uma parte considerável dos alunos que essencialmente ainda interage com os professores utilizando-se apenas dos desenhos bidimensionais, independentemente de a mídia utilizada ser os desenhos tradicionais à mão ou a digital dos sistemas CAD.

⁶⁹ “A school of design without comprehensive computing facilities should be as inconceivable as the military without satellite navigation or a hospital without CT (computerized tomography) or MRI (magnetic resonance imaging) scanners. Technology such as this makes transparent previously hidden features through three-dimensional visualizations and reconstructions. In the same way, powerful networked computing environments with integrated CAD and analysis software should be available to design students within the context to studio work”.

Esse padrão convencional tem um ciclo de ações e interdependências bastante extenso e confuso (Figura 32, Fluxograma 1), baseadas na interpretação e suposições, podendo não refletir a ideia que se deseja expressar, ou pior, dissimulando erros primários que nem sempre são perceptivos em uma projeção ortogonal bidimensional. Em uma análise de projeto esses erros podem não representar tanto prejuízo, mas em um processo de fabricação e produção do edifício as consequências, normalmente, são desastrosas.



Figura 32. Fluxograma 1 – projetos sem BIM. Fonte: Autor.

Na outra ponta, há alunos que, mais por iniciativa própria ou menos porque aprenderam no curso regular, utilizam-se dos modelos tridimensionais digitais de informação BIM para interagirem no ensino-aprendizagem. Mesmo que essa relação não esteja pautada em um novo modelo didático-teórico, é uma tentativa de se buscar, na prática, uma alternativa para se fazer entender ou, de outra forma, procurar uma explicação/ajuda para as suas próprias experiências. Garber (2009, p. 13) expõe a necessidade de atualização dos paradigmas institucionalizados, com práticas novas da situação real da produção e fabricação digitalizada.

Na contemporaneidade virtual do paradigma atual, a interpretação não é mais necessária, porque os modelos de informação digital já são, inerentemente, reais. Como os precisos conceitos tridimensionais são projetados, testados, inteirados e otimizados no espaço virtual, eles precisam apenas ser traduzidos ou atualizados, dentro de um meio físico. (Tradução nossa).⁷⁰

O modelo tridimensional digital sem informação, mesmo não transparecendo a concepção estrutural e os detalhes construtivos, pois não são modelos para BIM, também ampliam a interatividade ensino-aprendizagem em relação aos desenhos

⁷⁰ "In the contemporary virtual to actual paradigm, interpretation is no longer required because digital information models are already inherently real. As precise three-dimensional concepts are designed, tested, iterated and optimized in virtual space, they need only to be translated, or actualized, into physical media".

bidimensionais, principalmente para as análises da forma. Mas, apesar de toda melhora evidente na relação professor-aluno, esses modelos tridimensionais que não retêm informações não interagem com o processo de fabricação e produção do edifício, pelo menos não diretamente. Essa é uma situação ambivalente na prática do ensino do projeto de arquitetura, porque, se por um lado amplia as relações, por outro não coordena um ciclo completo da arquitetura, ou seja, do projeto à obra, portanto pouco diferente da prática atual. O que se espera é algo mais rico e seguro, para que a prática da arquitetura seja reconhecida como um processo contínuo e único.

Mesmo que alguns programas de modelagem simples sem informações gerem as seções planas automaticamente, essas seções não são detalhadas, pois não dispõem de dados suficientes para execução do edifício. Trata-se de seções genéricas e, assim como o modelo tridimensional não BIM, não contêm informações precisas dos elementos estruturantes, dos materiais e nem os quantitativos. Somente os modelos gerados em programas BIM possibilitam uma relação completa, com capacidade informativa para o processo da fabricação e execução do edifício.

Os *softwares* para o processo BIM possibilitam a geração automatizada e precisa das seções planas, prototipagem para checagem da forma e uma análise da concepção da forma, estrutural e complementar. Na relação acadêmica professor-aluno, BIM poderia sintetizar o processo do ensino-aprendizado, tornando-o mais conciso, claro e com menos etapas a serem cumpridas, excluindo-se as suposições e interpretações subjetivas dos desenhos bidimensionais, mesmo que exigidos apenas para registro, correções e anotações (Figura 33, Fluxograma 2). Mas, como avalia Eastman (2008, p. 315), há um risco do aprendizado equivocado de uma ferramenta tão eficiente, dada a possibilidade de habituar-se às pequenas vantagens e o esquecimento

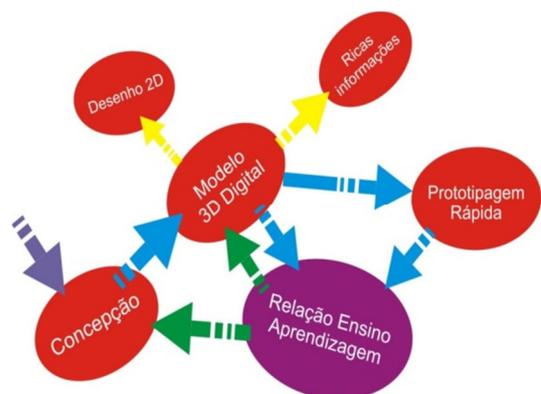


Figura 33. Fluxograma 2 - Cadeia de projetos com BIM. Fonte: Autor.

às suas verdadeiras vocações. “Quando BIM é gerenciado como se fosse simplesmente uma versão mais sofisticada do CAD, corre-se o risco de esquecer o poder de sua capacidade de avaliação e de exploração rápida das alternativas de projeto” (tradução nossa).⁷¹ Esse perigo no aprendizado é real e evidente dentro dos ateliês das escolas de arquitetura, onde os estudantes conhecedores das ferramentas podem “simular” modelos especulativos da forma sem concepção estrutural que esteja conectada com o seu respectivo aprendizado das tecnologias construtivas. Algumas ferramentas dos programas BIM, principalmente as de massa conceitual, podem “enganar” algum professor desavisado, que a princípio poderia imaginar que o estudante estaria tendo um trabalho de representação ou de modelagem extra pela especulação da forma mais livre. Forma sem estrutura não é arquitetura, é “apenas” arte!

O rompimento da técnica da representação do desenho de arquitetura, submetido pelas ferramentas de modelagem tridimensionais, coloca em xeque as práticas tradicionais de se interagir o processo do ensinar-aprender e o projeto de arquitetura. Há uma urgência no entendimento dessas novas exigências do novo fazer da arquitetura que busca uma integração dos diversos saberes e das diversidades que compõem a formação do arquiteto. Gauchat (2009, p. 36) corrobora com a diversidade na formação do arquiteto quando afirma que o “desafio da educação na arquitetura de hoje é como produzir um novo tipo de profissional com um conjunto de habilidades diferentes, atitudes e conhecimento” (tradução nossa).⁷² Há, de fato, a necessidade de se mudar as práticas das relações institucionalizadas das academias de arquitetura, que normalmente centralizam o aprendizado na forma e na representação do edifício (Fluxograma 1), adequando-as às possibilidades das atuais ferramentas de modelagem, tornando-as mais centradas no estudo do modelo para a sua construção e fabricação, cada vez menos na representação (Fluxograma 2). Até, como relata Eastman (2008, p. 315), para os

⁷¹ “When BIM is managed as if it is simply a more sophisticated version of CAD, its power to enable rapid exploration and evaluation version of design alternatives is overlooked”.

⁷² “The challenge of architectural education today is how to produce a new kind of professional with distinctly different skills sets, attitudes and knowledge”.

estudantes é mais fácil aprender diretamente BIM do que a representação ortogonal e depois as ferramentas de CAD para a representação, com se faz atualmente.

As primeiras experiências no ensino de BIM para alunos de graduação de engenharia civil têm demonstrado que é muito mais fácil aprender diretamente BIM do que aprender as habilidades combinadas dos desenhos ortográficos para engenharia e ainda operar ferramentas CAD.(Tradução nossa).⁷³

Ao se confrontar modelos, não se deve simplesmente perguntar qual é o melhor, mas qual construirá melhores perspectivas e resistirá às futuras críticas. Kuhn (2000, p. 198) confirma que a “questão é saber que paradigma deverá orientar no futuro as pesquisas sobre os problemas”. Ainda que não se saiba exatamente qual modelo prevalecerá, mesmo assim, não se deve desconsiderar que as ferramentas de modelagem tridimensionais de informações estejam presentes, pois de certa forma já foram incorporadas, mesmo que de maneira imprópria, e, portanto, já se observa algum resultado positivo.

Outros programas de modelagem tridimensional, menos sistematizados, mais leves e desenvolvidos, articulam com eficiência a experimentação da forma, por isso destinam-se mais para o processo da experimentação da forma, da apresentação e da prototipagem. Willis e Woodward (2010, p. 192-193) explicam que há maiores possibilidades com o uso de parametrização na experimentação da forma: “Embora se possa argumentar que a imaginação de um arquiteto é capaz de infinitas opções e variações, a velocidade com que a modelagem paramétrica processa o trabalho não pode ser combinada sem um computador” (tradução nossa).⁷⁴ Programas como SketchUp, 3Ds Max, Maya, Inventor, Form Z, Rhinoceros, SolidEdge e o Blender, cada qual com as suas vantagens, ganham espaço dentro das academias e começam a ser adotados, mesmo que oficiosamente, como ferramentas de ajuda ao

⁷³“ Early experience in teaching BIM to undergraduate civil engineering students has demonstrated that it is much easier to learn BIM compared to learning the combine skills of preparing orthographic engineering drawings and operating CAD tools”.

⁷⁴ “Although one might argue that the imagination of an architect is capable of infinite options and variations, the speed with which parametric modeling processes work cannot be matched without a computer”.

processo de projeção e, por consequência, como instrumentos de interação professor-aluno, mesmo que em alguns casos essa interação esteja se efetivando de uma forma unilateral, em que o aluno faz e o professor apenas assiste, o que pode ser muito perigoso, como foi já foi acentuado anteriormente.

O treinamento desses programas de modelagem tridimensionais são mais fáceis e mais rápidos que os de BIM. Eles não exigem tantos conhecimentos prévios de desenhos nos sistemas CAD ou do processo construtivo, pois não ordenam planilhas orçamentárias, nem quantitativas, muito menos controle de produção digitalmente dirigida. Não foram planejados para integrar todos os projetos e nem serem capazes de reter todas as informações para execução do edifício, como o sistema BIM faz, mas que podem fazer parte do processo de aprendizagem da arquitetura, pois, de certa forma, utilizam-se, praticamente, dos mesmos princípios de modelagem.

Imagina-se que para o exercício da boa arquitetura tem-se a obrigação inarredável da utilização dos melhores meios técnicos disponíveis para planejar e/ou executar/fabricar o edifício, mesmo que sejam apenas exercícios de experimentações acadêmicas. Não que as ferramentas tradicionais de experimentação da forma não sejam importantes. Mas, dentro de uma nova dimensionalidade digital experimental, esse papel deveria ser utilizado de forma complementar aos procedimentos mais eficientes da exploração da forma. É o papel das escolas! Para tanto é necessário pensar nos parâmetros que envolvem o registro da concepção, atualizar os procedimentos das sistemáticas tradicionais da metodologia projetual. Gauchat (2009, p. 37) insiste na necessidade, nesse momento de transição, de a arquitetura estar à frente, unida, buscando uma transformação para o mundo completamente digital: “A arquitetura está numa, emocionante, encruzilhada. Ambas, a profissão como a educação, precisam trabalhar juntas nessa metamorfose ainda não resolvida, para garantir que a arquitetura tenha melhores dias pela frente, do que correr atrás dela” (tradução nossa).⁷⁵ O que se imagina para a arquitetura é incluir, a partir da percepção da

⁷⁵ “Architecture is at an exciting crossroads. Both the profession and education need to work closely together in the pending metamorphosis to ensure that architecture will have the best days ahead of it, rather than behind it”.

tridimensionalidade digital, as ferramentas potencializadoras das explorações da forma e das especulações tecnológicas do ensino da arquitetura. O que se está percebendo é que as ferramentas de modelagem BIM poderão resgatar a autoconfiança do arquiteto, resgatando o seu verdadeiro papel, o construtor de espaços. Nesse sentido, o novo profissional aprendiz da nova academia deverá ter conhecimentos necessários para equacionar e acompanhar a razão das informações da construtividade e a vida útil de cada objeto projetado.

3 Método de investigação

O campo da investigação foi a prática do ensino do projeto nos ateliês de arquitetura de três universidades de Goiás (PUC, UEG e UFG), que foram escolhidas por sua importância e tradição no Centro-Oeste, pelo reconhecimento de seus quadros docentes e discentes e pela grande tradição em pesquisa na área da tecnologia. Além do perfil de cada Universidade, outro fator que definiu as três IES como campo de investigação foi a proximidade geográfica, pois, possibilita um melhor deslocamento entre elas, permitindo um acompanhamento mais sistemático dos estudantes e relações de orientação. Grandes distâncias entre IES, provavelmente inviabilizaria um acompanhamento das reais situações de pesquisa, o que foi, de fato, uma preocupação para a fidelidade dos dados.

Para organizar a pesquisa foi preciso explicar pormenorizadamente os caminhos a serem seguidos, limitar os campos de atuação, bem como a escolha dos métodos, estratégias, técnicas de se captar, registrar e analisar os dados. De acordo com Costa (2005, p. 340), “o papel da teoria é fundamental para a conceituação e escolha dos indicadores, pois ela recorta a realidade, configura os limites do que deverá ser estudado”. Na pesquisa em questão, verificou-se a prática atual do ensino do projeto de arquitetura em uma situação real. Ou seja, o estudante de arquitetura de hoje trabalha pouco nos laboratórios de projeto, tem pequenos encontros com os professores. As orientações são genéricas e os professores não dispõem de um controle satisfatório do desenvolvimento do projeto.

3.1 O estudo de campo

O estudo de campo, juntamente com a técnica da observação, é uma das técnicas mais apropriadas para a pesquisa de grupos em seu ambiente natural, ou seja, mais próximos da realidade onde eles atuam. Segundo Gil (2007, p. 53), “estuda-se um único grupo geral ou comunidade em termos de sua estrutura social, ou seja, ressaltando a interação entre seus componentes”. Entende-se como grupo uma unidade maior de pesquisados, que leve em consideração, prioritariamente, a classificação das características mais relevantes. Costa (2005, p. 339) explica que a estratégia metodológica ensina a ver a realidade e suas correlações: “[...] na pesquisa social o objeto em estudo não é um organismo ou um ser, nem um

fenômeno absolutamente circunscrito, mas certo aspecto da realidade na qual estamos inseridos”. No caso desta pesquisa, o grande grupo a ser pesquisado são os estudantes e seus respectivos professores-orientadores em uma situação da prática do ensino do projeto de arquitetura. Com o uso adequado do método de pesquisa, é possível aprofundar os estudos sobre essas determinadas características sociais.

3.2 As variáveis

Para a viabilização dos estudos e da observação imaginou-se, a princípio, controlar, dentre todas as variáveis possíveis, os elementos estruturantes no projeto de arquitetura, pois além da reconhecida indissociabilidade estrutura-arquitetura eles também permitiriam, dependendo da tecnologia utilizada, construir uma estratégia para a produção do edifício. Hadid (2006, p. 46) enfatiza essa intensa relação quando discorre sobre a influência da arquitetura de Niemayer em seu trabalho: “Ele nos falou sobre a leveza das estruturas, como você faz coisas para livrar certas partes” (tradução nossa).⁷⁶ O domínio da estrutura é capaz de libertar a imaginação do arquiteto e pôr em prática sua criatividade.

Para esta pesquisa, entenda-se como elementos estruturantes do sistema construtivos aqueles que fazem parte da solução arquitetônica e que necessitam ser definidos pelo arquiteto (ou estudante de arquitetura). Esses elementos são, basicamente, vigas, pilares, lajes e fechamentos ou vedações, tais como painéis de encapsulamentos e coberturas. Imaginou-se que os elementos estruturantes seriam a melhor variável a ser observada, relacionando-a com as soluções da arquitetura. Observar, segundo Costa (2005, p. 342), “não significa simplesmente olhar, mas discriminar e discernir”. Técnica que permite separar o que é circunstancial do que é essencial e relativo ao problema.

Os outros elementos complementares do edifício que poderiam ser considerados, como o hidrossanitário e elétrico, interferem menos no processo da criação e na definição do partido arquitetônico, salvo algumas exceções e podem ser definidos, com poucos prejuízos, em etapas posteriores do projeto arquitetônico.

⁷⁶ “He spoke to us about the lightness of the structure, how you do things to free certain zones”.

Para tomar essas decisões também se levou em conta a prática do ensino de projeto de arquitetura, que dificilmente atinge a etapa do projeto executivo, incluindo o detalhamento, provavelmente em função do tempo disponível e/ou de uma agenda curricular a ser cumprida.

3.3 População de amostra

Fez-se a investigação dividindo os estudantes das três IES em dois grupos – o primeiro grupo composto por aqueles estudantes que utilizam BIM para fazer os seus projetos acadêmicos e o outro grupo composto por aqueles estudantes que utilizam outra ferramenta para registrar os seus projetos de arquitetura –, ambos compostos por estudantes que estivessem em conclusão ou no último semestre ofertado pela respectiva IES, caso específico da UFG. A proposta foi entrevistar quatro estudantes de cada grupo por IES, ou seja, doze que utilizam BIM e mais doze que não utilizam BIM, perfazendo um total de vinte e quatro estudantes e seus respectivos orientadores. Costa (2005, p. 337) explica que o recorde da população de amostra não altera dos resultados da pesquisa, obtendo-se apenas por representatividade “a regularidade dos fenômenos sociais que para entendê-los não é preciso conhecer cada unidade ou indivíduo, bastando para isso analisar uma amostra dessa realidade, obtida pelo princípio da representatividade”. A amostra poderia variar, conforme adesão e interesse dos estudantes e orientadores, mudando o total de entrevistados, mas não a forma e os resultados, já que o que se propôs foi analisar os resultados sem fazer qualquer tipo de confronto entre as IES. A divisão dos dois subgrupos será feita não considerando o grau de conhecimentos obtidos, oficialmente, em elementos estruturantes. Imagina-se que todos os alunos que já concluíram os estudos curriculares regulares dos elementos estruturantes supostamente tenham conhecimento suficiente para aplicá-las ao projeto. Costa (2005, p. 337) ainda explica, “de uma forma lúdica”, sobre a importância de se separar pelas diversidades das amostras, que, “se o bolo for dividido em camadas de sabores diferentes, o pedaço do experimento deve ter exatamente a mesma proporção de camada”. Cada variável escolhida, IES e o conhecimento que se obteve de elementos estruturantes devem ser representados de forma proporcional, no caso desta pesquisa, iguais.

A escolha dos estudantes foi de forma aleatória dentre aqueles:

1. Que apresentarem conhecimentos das ferramentas de modelagem tridimensional de informações digitais (doze ou mais do primeiro grupo) e que utilizam outras mídias para elaborar os seus projetos acadêmicos de arquitetura, independentemente dos *softwares* utilizados (doze ou mais do segundo grupo).
2. Que concordarem em participar da pesquisa e seus desdobramentos.
3. Em que os professores-orientadores concordarem com o acompanhamento do aluno e das orientações.
4. Que, dentro do estágio curricular regular, satisfizerem às condições das variáveis previamente estipuladas.

Com essa classificação em dois grandes grupos, espera-se, daqueles que utilizam ferramentas tridimensionais digitais BIM e que já tenham o conhecimento consolidado em relação aos elementos estruturantes, uma amostra que revele evidências significativas de uma eficiência nas soluções do processo construtivo. Mas Cross (2001, p. 17) alerta para alguns reveses e adverte que o conhecimento convencional sobre a natureza da competência de resolução de problemas muitas vezes parece ser contrariado pelo comportamento dos *designers* mais experientes. O que parece óbvio para uma pesquisa pode não se confirmar. Nesse caso especificamente, mesmo imaginando-se que determinado grupo de entrevistados apresente resultados mais significativos com relação aos elementos construtivos do que o outro grupo, poderá se verificar o contrário, ou seja, revelar-se surpreendente, portanto, que ao final não se comprove a hipótese desta pesquisa.

Existe uma expectativa de que os resultados da pesquisa expliquem como as diversas decisões que se acumulam no processo do ensino do projeto sejam tomadas e as possíveis interferências em outro suposto cenário proposto, no caso específico os elementos estruturantes, sejam revelados.

Na observação, esperam-se resultados prováveis, mesmo que a confirmação seja apenas um ato científico, longo e exaustivo. Segundo Phillips e Pugh (2005, p.

14), não existe observação imparcial. Cada observação que fazemos é em função daquilo que vimos ou da influência de outros pesquisadores mais experimentados. Todos os trabalhos científicos de caráter experimental ou exploratório iniciam-se com alguma expectativa sobre o resultado. Essa expectativa é a hipótese! No caso específico desta pesquisa, espera-se que ela confirme que as ferramentas de modelagens tridimensionais de informações digitais BIM estejam sendo utilizadas abaixo da capacidade esperada, pois, certamente, ainda não existe nenhuma orientação tecnológica formal e curricular capaz de preencher as necessidades prévias das ferramentas.

3.4 Estratégias para coleta dos dados

Depois de concluídas as observações e as entrevistas com os vinte e quatro ou mais estudantes das três IES durante parte de seus trabalhos/orientações e realizadas as análises preliminares sobre o que desenvolvido pelos estudantes, espera-se obter dados suficientes para revelar a validação da hipótese. Mas segundo Phillips e Pugh (2005, p. 42), a pesquisa vai além da descrição e requer análises. Ela procura por explicações, por relações, por comparações, por previsões, por generalizações e teorias.

Para compreender e captar os melhores dados deve-se fazer a observação combinada com outras formas de pesquisa, pois dentre todas é aquela capaz de ir além dos dados que serão expostos. Em uma pesquisa em que se utilizou do método de observação, Akin e Lin (1996, p. 42) relatam que certas atitudes não explícitas, de determinados grupos pesquisados, só podem ser capturadas durante a observação, isto é, podem-se desvendar determinadas atitudes que estão na direção da tentativa de explicitar ainda mais as decisões do projetista. O que se faz normalmente é organizar as variáveis para solucioná-las como um problema de múltiplas faces. “O pesquisador é um solucionador de quebra-cabeças e não alguém que testa paradigmas” (KUHN, 2000, p. 184). A validade será comprovada pela solução das várias peças que estão dispostas no campo em estudo e observadas

pelos resultados dos experimentos das variáveis, permitindo ao pesquisador chegar às suas conclusões.

3.5 O monitoramento

O monitoramento permite uma melhor compatibilização do tempo disponível do pesquisador, das orientações programadas, podendo ser repetido caso os dados colhidos não sejam suficientes ou de alguma forma não possam ser obtidos. O propósito é acompanhamento da pesquisa por um tempo de desenvolvimento de um projeto, independentemente do programa e/ou sistemas de avaliações das instituições, de forma que possam se estender até o final do segundo semestre letivo de 2012.

O papel do professor para esta pesquisa, além de suas atribuições normais de orientar, instigar, provocar e instruir, deverá ser o de indutor da pesquisa, pois certamente o pesquisador não teria, a princípio, vários encontros com os pesquisados. Pela grande quantidade de observados, poderão ocorrer sombreamentos em determinados encontros habituais, coincidências ou simplesmente incompatibilidade de horários ou nos deslocamentos, o que exigirá a remarcação ou reorganização das prioridades.

3.6 O registro

Para o registro desta pesquisa, pretende-se fazer entrevistas por anotação, aplicando-se questionários presenciais, de forma que eles mostrem expressiva coerência entre o que se pergunta e a resposta. Segundo Costa (2005, p. 345), “o registro garante maior perenidade às observações e a possibilidade de comparação futura com novas informações”. Portanto, para fase das análises devem-se separar e diferenciar os questionários e sistematizá-los por grupos, para os gráficos que mostrem significativas diferenças entre eles.

3.7 Pré-testes

Para uma melhor aceitação dos dados obtidos na pesquisa, desenvolveram-se pré-testes aplicando-os em um pequeno grupo controlado. Estes apontariam, a princípio, falhas preliminares que seriam corrigidas, dessa maneira melhorariam qualitativamente os dados captados na pesquisa de campo. É importante realçar que as reflexões preliminares a respeito do melhor aproveitamento e desenvolvimento da pesquisa poderão determinar se haverá necessidade de se redirecionar o foco das tarefas aplicadas inicialmente ou reaplicar a entrevista, o que foi feito.

3.8 Análises dos dados

Antes do início das observações e entrevistas, há inicialmente um encontro entre o pesquisador e cada professor e seus estudantes, para exposição dos objetivos da pesquisa, das tarefas e dos procedimentos a serem adotados, deixando claro o que se pretende evidenciar e o que não será observado, mostrando claramente as responsabilidades e obrigações de cada parte envolvida na pesquisa. Com estes ensaios, colhem-se dados relevantes que possibilitem, depois de sistematizados e cruzados, uma análise criteriosa a respeito do processo de ensino do projeto de arquitetura na atual fase de suposta transição.

Dessa maneira, entende-se que as amostras sejam abrangentes e significativas, podendo fornecer dados confiáveis e que demonstrem a realidade da prática dos métodos de ensino adotados pelas escolas de arquitetura pesquisadas e que provavelmente se assemelhem às outras restantes do Brasil, pelo menos até onde se conhece ou que tenha sido publicado.

Não se pretende analisar os dados em função da qualidade ou do desempenho do projeto de arquitetura desenvolvido durante o tempo da pesquisa, tampouco qualquer relação com as avaliações de notas, que habitualmente ocorrem para cumprimento de regulamento acadêmico. As amostras dos dois grupos terão os seus resultados comparados levando-se em conta o desempenho das atividades curriculares, prioritariamente, relativas às evidências de pertinência entre

ferramentas e métodos aplicados ao ensino do projeto de arquitetura. Phillips e Pugh (2005, p. 15) confirmam que não se discutem apenas os resultados da pesquisa, mas também os procedimentos e o que se aprendeu sobre o processo.

3.9 Procedimentos

Os procedimentos de análise são tipicamente empíricos. De acordo com Santos (2007, p. 103), os dados são coletados pela montagem e/ou observação de situações físicas, materiais. Invariavelmente a coleta de dados exige uma carga de trabalho extra na montagem e aferição dos dados úteis para a pesquisa. Selecionar o que é interessante dos fatos dos que são corriqueiros e que não valorizam qualitativamente a pesquisa requer experiência, organização e, sobretudo, interesse pelo assunto.

É preciso observar determinados critérios na coleta de dados para que a pesquisa tenha êxito, tais como: manter os participantes informados dos objetivos da pesquisa, tomar decisões quando necessárias, verificar se as fontes revelam informações relevantes para atingir os objetivos específicos e se os subgrupos apresentam interesse real na participação da pesquisa. Inevitavelmente, algumas decisões arbitrárias terão de ser tomadas, pois alguns critérios, como a periodicidade das observações, poderão, de acordo com a necessidade, ser redefinidos sem anuência dos outros participantes. As convenções são desenvolvidas para ajudar a melhorar a comparabilidade (PHILLIPS; PUGH, 2005, p. 42).

Espera-se que esta pesquisa mostre evidências significativas para contribuir na superação da prática atual dos métodos de ensino das escolas de arquitetura. O novo paradigma reconstruído reconduzirá, novamente, a arquitetura e o seu aprendizado para o processo da obra construída!

4 Análise dos resultados das pesquisas

Após todo o preparo metodológico, a observação e os pré-testes, aplicaram-se três questionários diferentes a estudantes e professores das faculdades de arquitetura da Universidade Estadual de Goiás (UEG), da Universidade Federal de Goiás (UFG) e da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, bem como se fez acompanhamento em determinados estudantes. Conforme o que foi previamente estabelecido no método de trabalho, separou-se o público-alvo em três categorias diferentes: 1) os estudantes que utilizam BIM nos projetos acadêmicos (Anexo A); 2) os estudantes que não utilizam BIM (Anexo B) em seus trabalhos; 3) e os orientadores dos estudantes entrevistados (Anexo C). A preocupação maior na seleção dos estudantes e seus respectivos orientadores foi, a princípio, com aqueles que utilizam a ferramenta BIM, pois, além de ser o foco principal deste trabalho, foi também, no questionário, os que tiveram, naturalmente, maior número de perguntas.

Nas entrevistas investigatórias tentou-se buscar estudantes que se apresentavam mais interessados com o assunto da pesquisa, bem como a anuência de seus respectivos orientadores. Alguns estudantes tiveram orientadores coincidentes, às vezes por puro acaso de pesquisa e outras vezes por conveniência da própria pesquisa. Isso porque, durante o período da pesquisa, alguns orientadores se engajaram na escolha de estudantes com um perfil mais definido para ela, por exemplo, estudantes com maior tempo de uso de BIM. Cabe ressaltar que, para a seleção de trinta estudantes e aplicação da pesquisa, fez-se pelo menos o dobro de abordagens, tentativas de contatos negativos e outros tantos descartados. Difícil de mensurar, mas pode-se contabilizar um total de oitenta contatos.

A ordem de entrevista foi simplesmente aleatória e não por outro motivo qualquer. A primeira universidade a ser entrevistada foi a PUC-Goiás, sendo escolhidos cinco estudantes que utilizam BIM, outros cinco que não utilizam BIM e, por consequência da escolha, obtiveram-se quatro orientadores. As entrevistas foram todas presenciais e individualizadas, ou seja, em período, dia e hora separados, conforme a disponibilidade de cada entrevistado e sem tempo definido para o contato. Algumas entrevistas, com determinados orientadores, foram feitas

fora do ambiente de trabalho acadêmico, o que não interferiu diretamente nos resultados anotados.

A segunda universidade entrevistada foi a Estadual de Goiás, Campus I, localizado na cidade de Anápolis-GO. As entrevistas com os estudantes foram quase todas presenciais, sendo uma das entrevistas realizada por mídia digital, mais precisamente *on-line* e pelo programa Skype. Com os orientadores também foram realizadas duas entrevistas presenciais e fora do ambiente acadêmico e duas por mídia digital e *on-line*. Aqui houve apenas a coincidência de um orientador ter dois orientandos entrevistados, sendo que os demais apenas um estudante entrevistado.

Por último, foram entrevistados os estudantes e professores da Universidade Federal de Goiás. Entrevistaram-se sete estudantes no total, sendo seis das entrevistas presenciais e apenas um por mídia digital e *on-line*. Apenas dois orientadores foram entrevistados, embora um terceiro entrevistado de outra universidade (UEG) seja também professor (substituto) da UFG, mas que não tinha estudantes que utilizavam ferramentas BIM, pelo menos naquele momento. Os dois professores-orientadores também foram entrevistados fora do ambiente acadêmico, conforme conveniência de disponibilidade de tempo de cada um deles. Cabe salientar que a coincidência de orientandos-orientadores não parece, no caso da UFG, uma mera casualidade, mas que na pesquisa esse aspecto não foi tratado de forma diferenciada ou que tivesse relevância nos resultados das entrevistas, embora essa preferência transparecesse muito evidente. Outro aspecto relevante é que na cadeira de projeto da UFG, os estudantes têm dois orientadores, sendo esses escolhidos foram os que mais tiveram disposição em participar da pesquisa.

De um modo geral, nas três instituições, a receptividade ao tema e os objetivos da pesquisa foram bem-aceitos e a colaboração por parte dos professores e mesmo por parte dos estudantes foi fundamental à realização da pesquisa. No entanto, entrevistar trinta estudantes e dez professores de instituições diferentes, com agendas diferentes, locais diferentes, perfis diferentes, se apresentou com uma tarefa exageradamente árdua e longa.

Para um melhor entendimento dos resultados pesquisados, preferiu-se, salvo melhor juízo, apresentar inicialmente os relatos dos estudantes que utilizam BIM em seus projetos acadêmicos e depois os dos seus orientadores. Embora algumas perguntas sejam exclusivas de alguma categoria de entrevistados, vez por outra podem se cruzar, razão por que se torna necessário estabelecer uma lógica para compreensão do que se pretendeu com as perguntas. Os estudantes que não utilizam BIM serão analisados por último e de forma desconectada aos primeiros, pois em momento algum da pesquisa se pretendeu confrontar estudantes que utilizam BIM com aqueles que não utilizam. Nesse caso, os relatos são direcionados aos aprendizados e ao uso das tecnologias construtivas em projetos acadêmicos. Ainda assim, algumas perguntas aos orientadores foram direcionadas para todos os estudantes, independentemente das ferramentas utilizadas para projetar. Mas esta análise estará contemplada no conjunto das análises e não especificamente quando separada por itens. Segue a sequência dos assuntos abordados nas entrevistas e observados nos ateliês de arquitetura.

4.1 Análise da entrevista com alunos que usam BIM e os orientadores

Para análise dessas duas etapas da pesquisa, ou seja, dos estudantes que utilizam BIM em seus projetos acadêmicos e seus respectivos orientadores, procedeu-se a inserções por grupos de pesquisa, conforme sequência das entrevistas. As análises foram realizadas às vezes individualizadas, outras vezes agrupando-se duas perguntas, conforme o assunto e as suas relações de compreensão. Comumente, se fez também relações com outras partes da pesquisa que às vezes confirmavam um determinado raciocínio e algumas vezes com outras partes, de outros grupos, que contradiziam determinadas afirmações. As análises contarão, em todo caso, como raciocínio da lógica sequencial das perguntas, mas com cruzamento de outras perguntas complementares ou correlatas, no mesmo grupo de perguntas ou até mesmo fora dele.

Importante frisar que somente este primeiro conjunto de perguntas não possui correlação com o questionário dos professores-orientadores, pois não é importante a confirmação sobre a formação do aluno sobre os programas de BIM, ou até

porque nenhum dos estudantes que utiliza as ferramentas BIM aprendeu a usá-las nas suas respectivas faculdades.

4.1.1 Dados sobre o uso e aprendizagem de BIM

Este item relaciona-se ao item 3 do questionário aplicado aos estudantes que utilizam BIM. Apresenta sete perguntas (Planilha 1) e questiona sobre a aprendizagem e uso do estudante e a ferramenta BIM.

ITEM	ESTUDANTES QUE UTILIZAM BIM	PUC GOIÁS					UEG					UFG					TOTAL		%			
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	SIM	NÃO	SIM	NÃO
3	Dados sobre o uso e aprendizagem de BIM.																					
3.1	Aprendeu BIM a menos de 1 ano?																	9	8	52,94%	47,06%	
3.2	Aprendeu BIM a mais de 2 anos?																	6	11	35,29%	64,71%	
3.3	Aprendeu BIM na faculdade?																	0	17	0,00%	100,00%	
3.4	Já usou BIM antes deste projeto?																	12	5	70,59%	29,41%	
3.5	Já usou BIM para fazer prototipagem?																	0	17	0,00%	100,00%	
3.6	Você conhece outros programas de BIM?																	11	6	64,71%	35,29%	
3.7	Você conhece outros programas que fazem somente a modelagem?																	16	1	94,12%	5,88%	

Planilha 1. Dados sobre o uso e aprendizagem de BIM.

Objetivou-se neste primeiro grupo de perguntas saber o grau de relação que os alunos têm com os programas de BIM e com as ferramentas de modelagem. A maioria aprendeu BIM há menos de um ano. Dos dezessete estudantes entrevistados que utilizam BIM apenas seis aprenderam BIM há pouco mais de dois anos. Nenhum mencionou ter aprendido o programa de BIM na sua respectiva faculdade e nem ainda empregou a prototipagem em seus projetos acadêmicos. A maioria afirmou apenas que conhece mais de um programa de BIM e todos utilizam apenas o Revit, da Autodesk, como programa de trabalho acadêmico. De todos, apenas um estudante não conhece e utiliza outros programas que não são BIM e que fazem apenas modelagem. Fica claro que os estudantes se utilizam de outros programas para complementar, de certa forma, os trabalhos elaborados pelos programas de BIM. No caso desta pergunta ficou claro que os estudantes não estão totalmente satisfeitos com os resultados das ferramentas do *render* do Revit. Eles utilizam programas como o Lumine e Photoshop para tratar ou mesmo renderizar os modelos de informação do BIM.

De todos os dez orientadores entrevistados – item 3 do questionário aplicado a professores (Planilha 2) –, apenas um declarou não conhecer o programa utilizado pelo seu orientado. Outro entrevistado declarou, em outra pergunta desse mesmo conjunto, que esse seu respectivo orientado é o primeiro a trabalhar com BIM. Apenas quatro afirmaram que não conhecem outro programa de BIM além do utilizado pelos estudantes e todos os dez professores conhecem algum programa de modelagem, independentemente de seu respectivo orientado, nesta pesquisa, estar utilizando. Interessante notar que, de todos os professores entrevistados, apenas um afirmou não conhecer o programa utilizado pelo seu respectivo estudante, mas que conhece outro programa de BIM.

Nº	PROFESSORES ORIENTADORES	PUC GOIÁS				UEG				UFG		TOTAL		%		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	SIM	NÃO	SIM	NÃO	
	ASSUNTO															
3	Dados sobre os software utilizado.															
3.1	Voce conhece o programa de BIM utilizado pelo aluno?											9	1	90,00%	10,00%	
3.2	Você já orientou outros alunos que utiliza BIM antes deste projeto?											9	1	90,00%	10,00%	
3.3	Você conhece outros programas de BIM?											6	4	60,00%	40,00%	
3.4	Você conhece outros programas de Modelagem?											10	0	100,00%	0,00%	

Planilha 2. Pergunta aos orientadores sobre os softwares utilizados pelos estudantes.

Aqui cabe um breve comentário, pois os resultados parecem ser meros acaso de esforços individualizados dos estudantes, pois nenhuma das faculdades entrevistadas tem um plano ou sequer uma previsão de inserção das ferramentas BIM em seus planos de ensino. Não que, antecipadamente, se esteja fazendo juízo de valores de seus conteúdos programáticos. No entanto, com tal apelo espontâneo dos estudantes, as Faculdades poderiam iniciar uma discussão mais deliberada, objetivando a melhor maneira de se pensar nas ferramentas BIM como meio real de se potencializar os trabalhos dos estudantes, mesmo que para determinadas etapas de projetos ou para determinados estágios de conhecimentos dos estudantes, como, por exemplo, nos Trabalhos em Final de Curso. Outro assunto a ser abordado é a diferença entre o que os estudantes são capazes de fazer com as ferramentas BIM e o que os seus respectivos orientadores sabem o que as ferramentas podem fazer.

4.1.2 Dados sobre o uso da ferramenta no trabalho

Este item relaciona-se ao item 4 do questionário aplicado aos estudantes que usam BIM. Apresenta cinco perguntas (Planilha 3) e questiona sobre o conhecimento do estudante da ferramenta BIM.

Nº	ESTUDANTES QUE UTILIZAM BIM	PUC GOIÁS					UEG					UFG					TOTAL		%		
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	SIM	NÃO	SIM
4	Dados sobre o uso da ferramenta no trabalho.																				
4.1	Você acredita que conheça mais de 70% dos comandos do BIM?																	8	9	47,06%	52,94%
4.2	Faz os projetos no BIM, prioritariamente, para obter plantas (registro)?																	3	14	17,65%	82,35%
4.3	Você utiliza render do BIM para apresentar o projeto?																	16	1	94,12%	5,88%
4.4	Você faz animação em BIM para apresentação ?																	5	12	29,41%	70,59%
4.5	Você utiliza, exclusivamente, BIM para projetar?																	11	6	64,71%	35,29%

Planilha 3. Dados sobre o uso das ferramentas pelos alunos que utilizam BIM.

Os estudantes não souberam avaliar com precisão se sabem mais de 70% dos comandos dos programas BIM. Muito embora este percentual seja apenas relativo, menos da metade afirmou que não sabe utilizar o programa na sua íntegra, mesmo porque a maioria dos estudantes entrevistados aprendeu há menos de um ano, tempo provavelmente insuficiente para uma assimilação dos conhecimentos necessários para utilização das ferramentas BIM com total eficiência. Afirmaram quatorze estudantes que, basicamente, não optaram pela ferramenta BIM por causa dos desenhos gerados automaticamente dos modelos tridimensionais. Praticamente, todos (dezesseis alunos) afirmaram que fazem *render* no Revit para apresentar o projeto. Desse número, apenas seis alunos afirmaram que não utilizam BIM, exclusivamente, para projetar e, destes, somente três alunos utilizam animação em seus projetos. Outros dois estudantes também fazem animação em seus trabalhos acadêmicos. É certo que os desenhos gerados automaticamente do Revit ou outro programa BIM são atrativos para os estudantes, mas pelo menos pela resposta da pesquisa esse não foi o motivo principal pela adesão ao BIM. É perfeitamente explicável o fato de os estudantes não optarem por fazer animação no BIM, pois existem outros programas menos complexos cujos resultados são mais facilmente obtidos e mais apresentáveis e que são

completamente compatíveis com os arquivos gerados pelo Revit, ou outros programas BIM.

Diferentemente dos estudantes (quatro deles), apenas dois professores afirmaram (Planilha 4) que seus orientados não utilizam Revit para projetar e os dois têm apenas um estudante entrevistado cada. O que mostra uma visão diferente e mais abrangente por parte dos professores do ato de projetar e tomar a decisão do projeto. Dos dez professores, nove afirmaram que seus orientandos apresentam imagem renderizada para apresentar os seus projetos e apenas outros quatro afirmaram que os estudantes não fazem a animação. Apenas dois professores entrevistados para um total de cinco orientandos afirmaram que os estudantes utilizam o BIM, prioritariamente, para obter os registros, ou seja, as plantas e cortes gerados automaticamente pelo programa, diferentemente do que os seus respectivos orientados afirmaram. Os três estudantes que afirmaram utilizar os programas BIM prioritariamente para obter os registros dos projetos não foram mencionados pelos seus respectivos professores. A minoria dos professores, apenas quatro, afirmou que as plantas geradas automaticamente pelo programa BIM são pouco compreensivas e estes têm apenas quatro estudantes entrevistados, apesar de quase a totalidade dos estudantes afirmar que não utilizam BIM para o registro, ou seja, que o desenho não é foco principal do estudante em ambiente BIM.

Nº	PROFESSORES ORIENTADORES	PUC GOIÁS			UEG			UFG		TOTAL		%						
		Sim	Não	N/S	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	SIM	NÃO	SIM	NÃO
	ASSUNTO																	
4	Dados sobre o uso da ferramenta pelo aluno.																	
4.1	O aluno utiliza BIM para projetar?													8	2	80,00%	20,00%	
4.2	O aluno utiliza render do BIM para apresentar o projeto?													9	0	90,00%	0,00%	
4.3	Faz animação em BIM para apresentação ?													6	4	60,00%	40,00%	
4.4	O aluno faz os projetos no BIM, prioritariamente, para obter plantas (registro)?													8	2	80,00%	20,00%	
4.5	As plantas geradas pelo aluno que utilizam programas BIM são compreensivas?													6	4	60,00%	40,00%	

Planilha 4. Pergunta aos orientadores sobre o uso das ferramentas BIM.

Cabe um breve comentário sobre os desenhos gerados pelos programas BIM. Apesar de apenas quatro professores, de um total de dez, afirmarem que as plantas não são compreensivas, por certo todos ou pelo menos quase todos

considerariam as plantas confeccionadas à mão ou nos programas de desenho bidimensional com o AutoCad, preferência nacional, mais compreensivas. Por um lado é certo que podem ser mais “bonitas” de serem vistas, mas não garantem a precisão e nem a exatidão e coerência. Como afirmou Aish (2009, p. 245), elas têm, de fato, baixo valor semântico, ou seja, uma correlação entre os desenhos. No entanto, há uma falta de compromisso com o processo construtivo na confecção dos trabalhos acadêmicos e até mesmo no âmbito profissional. Dificilmente na construção dos modelos únicos elaborados em BIM pelos estudantes levam-se em consideração as relações construtivas de lajes, vigas e pilares. Há uma simulação para elaborar a modelagem suprimindo as vigas e pilares, provavelmente por erro de aprendizagem das ferramentas BIM ou de uma correlação entre os elementos da estrutura ou até mesmo uma falha das cadeiras de estrutura. É o que se verá à frente. Pode-se sugerir que a falta de intimidade com as ferramentas BIM e também com os elementos estruturais seja, provavelmente, a causa dos maus desenhos gerados pelas ferramentas BIM, pois há diversos exemplos de desenhos gerados automaticamente por ferramentas BIM com grande capacidade de compreensão e de excelente apresentação.

4.1.3 Sobre o modo como os estudantes trabalham com sistemas BIM

Este item relaciona-se ao item 5 do questionário aplicado aos estudantes. Apresenta seis perguntas (Planilha 5) e questiona sobre a relação dos estudantes com o sistema BIM em seus projetos de arquitetura.

Dos dezessete estudantes que utilizam BIM, apenas três entrevistados afirmaram categoricamente que definem, desde o início, o projeto de arquitetura em ambiente BIM. Basicamente, declararam que fazem algum tipo de croqui ou mesmo desenhos ortogonais analógicos, utilizando-se papéis e *tablets* ou mesmo programas de CAD. Para os professores as respostas foram exatamente o contrário, ou seja, dos dez professores entrevistados apenas dois perceberam que seus orientados definem os seus projetos em ambientes não BIM. Provavelmente, esse contraste deve-se ao fato de que os estudantes, com raras exceções, não trabalham mais nos ateliês, “pegam” suas orientações e vão embora. As primeiras

ideias chegam até os seus orientadores já codificadas e transferidas para ambiente BIM. Esse comentário não prejudica em nada a relação professor-aluno, apenas o fato de que os orientadores não têm mais o controle de todo o processo, se é que algum dia eles tiverem. Talvez o modelo clássico e renascentista, segundo o qual o mestre ensina e o pupilo, de tempo integral, assistia aprendendo, até se tornarem profissionais capacitados, seja o exemplo clássico de controle total das etapas do aprendizado.

Nº	ESTUDANTES QUE UTILIZAM BIM	PUC GOIÁS					UEG					UFG					TOTAL		%			
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	SIM	NÃO	SIM	NÃO
5	Sobre a sua maneira de trabalhar com BIM																					
5.1	Você define a o projeto de arquitetura, inicialmente, em ambiente BIM?																		3	14	17,65%	82,35%
5.2	Você define a estrutura direto no programa BIM?																		8	9	47,06%	52,94%
5.3	Você define a estrutura no início do projeto?																		8	7	47,06%	41,18%
5.4	Este momento(5.1) é independente de estar usando a ferramenta BIM ?																		9	5	52,94%	29,41%
5.5	Você define os materias construtivos direto no BIM?																		8	8	47,06%	47,06%
5.6	Você define os materias construtivos no início do projeto?																		8	9	47,06%	52,94%

Planilha 5. Dados sobre a maneira dos estudantes trabalharem com BIM.

Quando perguntado aos estudantes se eles definiam a estrutura diretamente em ambiente BIM, a maioria (nove) ainda confirmou que, como na pergunta anterior, também não definem a estrutura no ambiente BIM. Outros seis estudantes confirmaram que, mesmo não definindo o “partido” arquitetônico no ambiente BIM desde o início, definem a estrutura em ambiente BIM. Dos três estudantes que afirmaram que definem o projeto de arquitetura em ambiente BIM desde o início, apenas um estudante, e de forma incoerente, não define a estrutura no ambiente BIM. Esta é uma resposta totalmente inesperada, pois se o estudante tem conhecimento e segurança para iniciar um projeto desde as suas primeiras ideias no ambiente BIM seria natural que a estrutura também fosse definida no ambiente BIM, como uma consequente sequência de comandos e das etapas do projeto, mesmo que em momentos distintos.

Dos dez professores entrevistados (Planilha 6), apenas três entendem que os estudantes definem a estrutura em ambiente BIM e dois professores não souberam avaliar. Dos oito estudantes que afirmaram que definem estrutura diretamente em ambiente BIM, apenas um deles está em consonância com a resposta do seu

respectivo orientador, ou seja, os outros sete estudantes afirmaram que definem a estrutura no ambiente BIM, o que não foi percebido pelo seu orientador. Ou o estudante define a estrutura longe do olhar do orientador ou ele não está percebendo a estrutura no modelo do ambiente BIM, mesmo que o estudante dê as primeiras informações e adie parte da estrutura para momentos posteriores.

Dos oito estudantes que afirmaram definir a estrutura em ambiente BIM, três não o fazem no início do projeto e dois não souberam responder. Mas, dos oito estudantes que afirmaram que definem a estrutura no início do projeto, cinco não o fazem em ambiente BIM e apenas quatro não definem no início e nem em ambiente BIM. Mesmo sendo a minoria, esses últimos, tendem a seguir uma lógica razoável, pois afirmaram que não definem desde o início do projeto de arquitetura no ambiente BIM. Diferente de outros três estudantes, que afirmaram que definem a estrutura desde o início no ambiente BIM e o projeto arquitetura eles definem, primeiramente, fora do ambiente BIM. Mesmo não sendo uma aparente contradição, é curioso que estes estudantes tratam a definição do projeto de arquitetura e estrutura de maneiras diferentes.

Entre os professores, apenas dois mantiveram a opinião a respeito de como o seu orientando define arquitetura e estrutura no ambiente BIM. Um afirmou que o estudante não definiu nem arquitetura nem a estrutura em ambiente BIM, ao passo que o outro professor afirmou que o seu orientando definiu a arquitetura e a estrutura desde o início do projeto. Um terceiro afirmou que, mesmo não sabendo se o estudante definiu a estrutura no ambiente BIM, definiu a estrutura no início do projeto e a arquitetura inicialmente em ambiente BIM. Outro professor afirmou que seu orientando não definiu nem arquitetura, nem a estrutura em ambiente BIM, mas definiu a estrutura desde o início do projeto. Não coube a esta pesquisa avaliar o nível de estrutura exigido por cada orientador, mas espera-se que cada um deles esteja referindo-se aos elementos mínimos de um edifício, como as vigas, os pilares e as lajes. Em alguns casos, dependendo do projeto, o orientador deveria exigir elementos adicionais com os encapsulamentos e esquadrias, mais especificamente nos casos em que a tecnologia construtiva, escolhida para o projeto, solicitasse esse tipo de intervenção.

Adicionalmente para os estudantes foi perguntado se eles definem a estrutura desde o início do projeto de arquitetura, independentemente de estar no ambiente BIM. A maioria deles afirmou que este momento da definição independe de se estar em ambiente BIM ou não, três não souberam responder e cinco afirmaram que o ambiente influencia a tomada de decisão. Destes cinco estudantes, apenas um afirmou inicialmente que define a estrutura desde o início do projeto de arquitetura. Quatro afirmaram que o ambiente BIM influencia o momento de definição da estrutura, mas, incoerentemente, não a definem no início do processo projetual. Provavelmente, se compreenderam bem a pergunta, eles acreditam que o início do projeto não é o momento adequado de se definir a estrutura, mesmo no ambiente BIM.

Quanto aos materiais construtivos, sete estudantes confirmaram, da mesma forma quando responderam quanto ao emprego da estrutura no projeto de arquitetura, coerentemente às suas convicções. Destes, apenas três estudantes afirmaram que definem os materiais diretamente no ambiente BIM. Além desses três estudantes, outros cinco estudantes afirmaram que também definem materiais diretamente no ambiente BIM. É um número muito baixo, se consideradas as facilidades dos programas BIM, que “oferecem” uma variedade de opções já cadastradas e referenciadas. A opinião dos professores foi muito equilibrada quanto à escolha dos materiais diretamente em ambiente BIM, coerente com as respostas dos estudantes. O que chamou a atenção nessa resposta foi o fato de todos os quatro orientadores que têm mais de um orientando responderem positivamente à questão. Destes quatro orientadores, dois afirmaram positivamente quanto à definição da estrutura diretamente em ambiente BIM.

Completando o conjunto de perguntas de como os estudantes trabalham com projeto de arquitetura em ambiente BIM, foi perguntado se os estudantes definem os materiais construtivos no início do projeto. Dos dezessete estudantes, oito afirmaram que definem desde as etapas iniciais, sendo que destes apenas dois definem matérias em ambiente BIM. No conjunto das respostas, apenas quatro estudantes definem estrutura e materiais construtivos diretamente em ambiente BIM, Estes dois definem a estrutura no início do projeto, mas não definem os materiais construtivos nas etapas iniciais, mas responderam que este momento é

independente do ambiente BIM. Outro, o terceiro deste grupo de quatro estudantes, define os materiais no início do processo projetual, mas não define a estrutura no início do processo, muito embora não tenha sabido responder o momento da definição da estrutura, seja independentemente do ambiente BIM. Os professores afirmaram (Planilha 6) quase na sua totalidade, exceto dois, que os estudantes que utilizam BIM não definem materiais construtivos no início do projeto. Resposta diferente da percepção dos estudantes, pois praticamente a metade acredita estar definindo os materiais no início do processo.

Nº	PROFESSORES ORIENTADORES	PUC GOIÁS				UEG				UFG		TOTAL		%	
		Sim				Não				N/S		SIM	NÃO	SIM	NÃO
ASSUNTO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
5	Sobre a maneira de projetar.														
5.1	Ele define a o projeto de arquitetura, inicialmente, em ambiente BIM?											8	2	80,00%	20,00%
5.2	Ele define a estrutura direto no programa BIM?											3	5	30,00%	50,00%
5.3	Ele define a estrutura no início do projeto?											4	6	40,00%	60,00%
5.4	Ele define os materias construtivos direto no BIM?											5	4	50,00%	40,00%
5.5	O aluno que usa BIM, define materiais construtivos no início do projeto?											2	8	20,00%	80,00%
5.6	O aluno que não usa BIM, define estrutura no início do projeto?											0	9	0,00%	90,00%
5.7	O aluno que não usa BIM, define os materiais no início do projeto?											0	9	0,00%	90,00%

Planilha 6. Pergunta aos orientadores sobre a maneira dos estudantes projetarem.

Para melhor análise e compreensão desse conjunto de perguntas/respostas, adicionaram-se mais duas questões aos professores-orientadores sobre os estudantes que não utilizam BIM e suas relações com os materiais construtivos e a estrutura. As respostas foram semelhantes, pois apenas um professor (diferente) em cada pergunta não soube responder e os outros nove professores afirmaram que os estudantes não definem nem a estrutura e nem os materiais construtivos no início do projeto. É bom lembrar que os orientadores, mesmo aqueles com mais de um orientando que utilizam BIM, têm, da mesma forma, outros tantos que não utilizam BIM, independentemente da IES pesquisada. Certamente não é foco desta pesquisa saber exatamente quantos estudantes cada professor orienta, mas é sabido que o campo de atuação abrange dezenas de estudantes, então, a negativa de praticamente todos os professores dá uma perspectiva bastante contundente de

que a praxe projetual, mesmo ainda de forma tímida, apresenta sinais de mudanças de procedimentos importantes.

4.1.4 Sobre a escolha da tecnologia construtiva aplicada ao projeto

Este item relaciona-se ao item 6 do questionário aplicado aos estudantes. Apresenta quatro perguntas (Planilha 7) e questiona sobre a escolha da tecnologia construtiva no projeto de arquitetura e o uso de BIM.

Nº	ESTUDANTES QUE UTILIZAM BIM	PUC GOIÁS					UEG					UFG					TOTAL		%			
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	SIM	NÃO	SIM	NÃO
6	Escolha da tecnologia																					
6.1	A escolha da tecnologia em BIM é a mesma quando não utiliza BIM ?																		11	4	64,71%	23,53%
6.2	É mais fácil definir tecnologia quando se está em ambiente BIM?																		11	6	64,71%	35,29%
6.3	A ferramenta BIM te da mais opções para definir a tecnologia?																		11	6	64,71%	35,29%
6.4	Você tem dificuldades em definir a tecnologia no ambiente BIM?																		5	12	29,41%	70,59%

Planilha 7. Dados sobre a escolha da tecnologia aplicada nos projetos.

Para a primeira pergunta deste grupo (A escolha da tecnologia em BIM é a mesma quando não utiliza BIM?) a resposta foi muito explícita, pois que, dos dezessete estudantes pesquisados, onze afirmaram que sim, ou seja, que a escolha da tecnologia construtiva é a mesma, independentemente de se estar ou não no ambiente BIM. Outros dois estudantes não souberam informar. Dos onze estudantes que afirmaram que estar no ambiente BIM não muda a sua escolha pela tecnologia, apenas dois definem estrutura desde o início no ambiente BIM. Dos quatro estudantes que afirmaram que o ambiente BIM pode influenciar a escolha da tecnologia construtiva em seus projetos, apenas um define a estrutura no início do projeto e em ambiente BIM. Cabe ressaltar que nenhum destes quatro estudantes é orientados pelo mesmo professor ou são de uma única IES. Dos onze estudantes que afirmaram não mudar a escolha da tecnologia construtiva por causa do ambiente BIM, seis também afirmaram que o momento da definição da estrutura é independente da ferramenta BIM, ou seja, é parte de um processo projetual e não da ferramenta. Destes, apenas dois estudantes definem a estrutura

no início do projeto e em ambiente BIM. A metade dos professores afirmou que a escolha dos seus orientandos pela tecnologia construtiva não foi influenciada pela ferramenta BIM, muito embora apenas três (num total de seis) destes confirmarem que a tecnologia tenha definido o partido arquitetônico. Intrigante é que, dos onze professores entrevistados, apenas um afirmou que a tecnologia não influenciou o partido arquitetônico, mesmo quando o estudante utiliza BIM. Seis professores afirmaram que a tecnologia escolhida pelo aluno definiu o partido arquitetônico, destes a metade afirmou que BIM pode ter influenciado a escolha.

Na segunda pergunta deste grupo dos dezessete (estudantes) entrevistados, onze reconhecem que é mais fácil definir tecnologia construtiva quanto se está no ambiente BIM. No entanto, somente três deles declararam definir estrutura e materiais construtivos em ambiente BIM e destes apenas um define estrutura desde o início do projeto. Sete professores, de um total de onze, afirmaram que o aluno que utiliza BIM não define a tecnologia no processo projetual antes dos estudantes que não utilizam BIM. Cabe interpretar que a recíproca não é automaticamente verdadeira, uma vez que não existe uma lógica entre a ferramenta BIM com o momento em que se define a tecnologia construtiva, muito embora três (professores) concordaram com essa premissa.

Quanto à pergunta se a ferramenta BIM dá mais opções para definir a tecnologia, onze, dos dezessete estudantes, afirmaram que sim, apesar de dois destes terem afirmado na pergunta imediatamente anterior que não é mais fácil definir tecnologia em ambiente BIM. Outros dois estudantes responderam exatamente o contrário, ou seja, que o ambiente BIM não dá mais opções, mas é mais fácil de se definir a tecnologia. Destes onze, apenas cinco estudantes afirmaram, no grupo de perguntas anteriores, que definir a estrutura no início do projeto independe de se estar ou não no ambiente BIM. Destes onze estudantes, no início da pergunta, apenas três definem estrutura diretamente no ambiente BIM e dois os materiais construtivos, mesmo todos os três achando mais fácil definir tecnologia em ambiente BIM.

Quando perguntado aos dezessete estudantes entrevistados se eles teriam dificuldades em definir a tecnologia no ambiente BIM, doze responderam que não, apesar de cinco destes estudantes terem respondido, em pergunta anterior, que

não definem estrutura diretamente no ambiente BIM. Obviamente que os outros sete estudantes disseram não ter dificuldades em ambientes BIM e que definem estrutura diretamente em ambiente BIM. O que causa estranheza é que, dos cinco estudantes que disseram ter dificuldades para definir estrutura em ambiente BIM, um deles, mesmo assim, afirmou definir estrutura diretamente no ambiente BIM. Outro aspecto relevante é que, dos cinco estudantes que afirmaram não ter dificuldades em definir tecnologia em ambiente BIM, mas que não definem estrutura diretamente no ambiente BIM, quatro definem estrutura no início do projeto e destes nenhum define materiais construtivos no início do processo projetual e em ambiente BIM.

Quando perguntado aos professores (Planilha 8) se eles percebem que os estudantes que utilizam BIM em seus projetos teriam mais recursos para definir a tecnologia, seis responderam que sim, embora tenham afirmado na pergunta imediatamente anterior que esses estudantes não definem tecnologia antes dos estudantes que não utilizam BIM. Curiosamente um professor afirmou que os estudantes que utilizam BIM não têm mais recursos para definir tecnologia, mas definem antes dos estudantes que não utilizam BIM e que o uso do BIM pode mudar a escolha da tecnologia. A explicação mais provável é que, para esses professores, mesmo a ferramenta não sendo um fator determinante, ela potencializa, ou que seus estudantes sejam considerados por ele os melhores da turma.

Nº	PROFESSORES ORIENTADORES	PUC GOIÁS			UEG			UFG		TOTAL		%	
		Sim	Não	N/S	Sim	Não	N/S	Sim	Não	Sim	Não		
	ASSUNTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	SIM	NÃO
6	Escolha da tecnologia												
6.1	Neste projeto, a escolha da tecnologia pelo aluno definiu o partido arquitetônico.											6	3
6.2	A escolha da tecnologia neste projeto é a mesma quando não utiliza BIM?											5	5
6.3	Comparativamente, o aluno que utiliza BIM, no processo de projeção define a tecnologia antes do aluno que não utiliza?											3	7
6.4	Voce percebe que o aluno que utiliza BIM tem mais recursos para definir a tecnologia?											6	4
6.5	Voce percebe que este aluno que utiliza BIM sabe mais sobre tecnologia para utilizá-la que o aluno que não usa BIM?											1	9

Planilha 8. Pergunta aos orientadores sobre a escolha da tecnologia pelos alunos.

A pergunta seguinte, de certa forma, complementa o assunto e relata que quase todos os professores (nove dos dez) acreditam que os estudantes que

utilizam BIM não sabem mais sobre tecnologia que os que não utilizam BIM, embora seis deles tenham afirmado que os estudantes que utilizam BIM tenham mais recursos para projetar do que os outros. Provavelmente acreditando que os programas BIM e suas ferramentas façam este papel. Outro professor afirmou exatamente o contrário, ou seja, que os estudantes que utilizam BIM não têm mais recursos para definir tecnologia, mas o aluno que utiliza BIM sabe mais sobre tecnologia do que os estudantes que não utilizam BIM. Essa afirmativa não causa propriamente espanto, pois se pode imaginar que, especificamente, o orientando desse professor seja de fato um aluno bem acima da média e o professor respondeu às duas perguntas baseado neste aspecto, que, diga-se de passagem, não está sendo avaliado nesta pesquisa, mas poderia estar subentendido.

4.1.5 O processo de definição dos elementos construtivos em BIM

Este item relaciona-se ao item 7 do questionário aplicados aos estudantes. Apresenta oito perguntas (Planilha 9) e questiona sobre a definição dos elementos construtivos em ambiente BIM.

Nº	ESTUDANTES QUE UTILIZAM BIM	PUC GOIÁS					UEG					UFG					TOTAL		%			
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	SIM	NÃO	SIM	NÃO
7	No processo de definição dos elementos construtivos em BIM																					
7.1	Você utiliza todos os seus conhecimentos aprendidos no ramo tecnológico?																		11	6	64,71%	35,29%
7.2	Falta conhecimento mais aprofundado de estruturas?																		15	2	88,24%	11,76%
7.3	Falta conhecimento mais aprofundado dos materiais construtivos?																		15	2	88,24%	11,76%
7.4	Falta mais conhecimentos para ser mais usado nos projetos?																		14	3	82,35%	17,65%
7.5	Falta algum conhecimento seu sobre as ferramentas BIM de para aplicá-los?																		13	4	76,47%	23,53%
7.6	No projeto, a exigência de conhecimento é igual quando se utiliza BIM?																		8	9	47,06%	52,94%
7.7	Você percebe a presença de estrutura no seu projeto quando usa BIM?																		16	1	94,12%	5,88%
7.8	Você percebe a mesma presença (7.7) quando não usava BIM?																		2	14	11,76%	88,24%

Planilha 9. Dados sobre a definição dos elementos construtivos em BIM.

Na primeira pergunta deste grupo, onze estudantes, dos dezessete, afirmaram que utilizam todo conhecimento do ramo tecnológico na hora de projetar e todos afirmaram na pergunta anterior que não têm dificuldades na hora de definir tecnologia em ambiente BIM. Isso a despeito de quatro desses estudantes terem

afirmado que não é mais fácil definir tecnologia quando se está em ambiente BIM e três, destes quatro, terem afirmado, anteriormente, que a ferramenta BIM não dá mais opções para definir tecnologia. A metade dos professores afirmou que os estudantes não utilizam os conhecimentos aprendidos no ramo tecnológico das suas respectivas faculdades de arquiteturas na hora de projetar. Destes, todos acreditam que não há distinção de conhecimento sobre tecnologia entre os que utilizam BIM ou não utilizam BIM. Isso apesar de dois professores – dos cinco professores respondentes –, afirmarem que o fato de o estudante utilizar BIM pode ter mudado a escolha da tecnologia. Provavelmente eles acreditam que o programa contribua fortemente na definição, mesmo que apenas um desses dois professores tenha afirmado que o estudante que utiliza BIM tenha mais recurso do que aqueles que não utilizam BIM.

As duas perguntas seguintes solicitam aos estudantes uma percepção sobre o que eles aprenderam dos elementos tecnológicos e se estes estão sendo suficientes para o trabalho no ambiente BIM. Dos dezessete estudantes entrevistados que utilizam BIM para desenvolver seus trabalhos acadêmicos, quatorze deles afirmaram simultaneamente que sim, ou seja, ainda falta conhecimento do ramo tecnológico para as suas formações. Mas um estudante em cada pergunta, isoladamente, também respondeu que sim. Dos quatorze respondentes citados logo acima, cinco estudantes afirmaram que mesmo entendendo que há, ainda, muito a aprender, não utilizam todo conhecimento adquirido do ramo tecnológico nos projetos de arquitetura. Destes cinco estudantes, apenas dois definem estrutura diretamente nos programas de BIM e, destes, um define no início do projeto e afirma que é mais fácil definir tecnologia construtiva em ambiente BIM.

Dos dez professores entrevistados, seis afirmaram que falta mais conhecimento na solução tecnológica nos projetos dos alunos em estrutura e materiais construtivos. Destes, três afirmaram que os estudantes não utilizam todos os conhecimentos na hora de projetar. Dos três professores, dois reconhecem que os estudantes que utilizam BIM têm mais recursos para definir tecnologia.

Em face do que foi perguntado anteriormente, fez-se a pergunta aos estudantes se, de fato, estaria faltando mais conhecimento do ramo tecnológico para serem mais ousados em seus projetos. Quatorze, dos dezessete estudantes, afirmaram que sim. Destes, onze estudantes também confirmaram que lhes faltam mais conhecimentos aprofundados de estrutura e materiais construtivos. Destes onze, apenas quatro confirmaram ter dificuldades em definir tecnologia em ambiente BIM. Destes quatro, apenas dois entendem que é mais fácil definir tecnologia no ambiente BIM.

Dos dez professores entrevistados, sete entendem que falta conhecimento de tecnologia para os estudantes serem mais ousados nos projetos. Destes sete estudantes, cinco confirmaram que lhes falta, de fato, mais conteúdo em estrutura e materiais construtivos. Destes cinco estudantes, quatro entendem que a escolha da tecnologia define o partido arquitetônico. Dos quatro, apenas dois professores entendem que seus orientados definem a estrutura diretamente em ambiente BIM e apenas um desde o início do projeto de arquitetura.

Existem dois aspectos a serem abordados sobre esse assunto. O primeiro é o fato de que, mesmo que os estudantes de arquitetura estejam aprendendo sobre os elementos estruturais e construtivos separadamente das disciplinas de projeto, entende-se, à luz do plano de curso das faculdades de arquitetura, que eles deveriam saber aplicá-los na hora do projeto e isso não parece ser uma unanimidade, independentemente da ferramenta de trabalho. O outro é que parece ficar claro, pelas respostas dos estudantes, que o espectro de conhecimento sobre as tecnologias construtivas ensinadas nos cursos de arquitetura não está sendo suficiente para os estudantes fazerem as propostas conceituais de seus projetos, mesmo para os estudantes que optaram pelo BIM. As ferramentas digitais não farão as escolhas para o projetista, é preciso conhecer as tipologias tecnológicas para aplicá-las em seus projetos.

De todos os dezessete estudantes entrevistados, treze afirmaram que ainda falta algum tipo de conhecimento sobre o uso das ferramentas para que eles possam aplicá-los em seus projetos, praticamente os mesmos que afirmaram que ainda lhes falta conhecimento tecnológico para serem mais ousados. Destes treze

estudantes, seis confirmaram anteriormente que conhecem mais de 70% dos comandos dos programas BIM. Desses treze estudantes entrevistados, seis confirmam que definem a estrutura diretamente no ambiente BIM e destes somente dois desde o início do projeto. Dos dez professores entrevistados, sete confirmaram, assim como os próprios estudantes revelaram, que falta conhecimento por parte do aluno sobre as ferramentas de BIM para aplicá-lo em seus trabalhos. Caso falte conhecimento das ferramentas de BIM do programa utilizado e dos conhecimentos sobre tecnologias, então falta praticamente tudo. O que existirá são apenas os jogos de modelagem de paredes e lajes e cobertura. Parece um projeto acabado, mas não é.

Apenas outros três professores entendem que também falta conhecimento de estrutura e de materiais construtivos na formação dos estudantes. Destes três, apenas um orientador entendeu que seu orientando define estrutura diretamente no programa BIM, mas não no início do projeto.

Quando se perguntou se o grau de exigência de conhecimento relativo às questões tecnológicas é igual quando se utiliza ou não BIM, a resposta de nove estudantes foi negativa, ou seja, acreditam que no ambiente BIM a ferramenta solicita mais conhecimento por parte do aluno. Oito estudantes responderam que é a mesma, ou seja, que estando ou não no ambiente BIM o grau de exigência e conhecimento para projetar é igual. Curiosamente, destes, seis estudantes também responderam que lhes falta conhecimento sobre ferramentas BIM e de estruturas, bem como de materiais construtivos. Esses seis também relataram que lhes faltam mais conhecimentos relativos ao ramo tecnológico para serem mais ousados nos seus projetos. Parece uma tônica em muitas das vezes confusa, pois afirmam que entendem que sabem praticamente tudo sobre as ferramentas de BIM, mas às vezes lhes falta conhecimento de tecnologia em BIM, mas afirmam também que com as ferramentas eles têm mais opções para definir tecnologia. É claro que as ferramentas abrem um leque maior de possibilidades, mas os estudantes nem sempre as utilizam. Outras vezes afirmam que utilizam o que aprendem em

tecnologia em seus projetos, que o que aprendem é ainda insuficiente e que a carga horária precisa ser mais adequada.

Praticamente todos os professores (Planilha 10), exceto um, afirmou que exige conhecimento sobre tecnologia construtiva de seus alunos, na mesma maneira, independente dele estar em ambiente BIM ou não. Destes nove professores, seis confirmaram em perguntas anteriores que ainda faltam, por parte dos alunos, mais conhecimentos sobre as ferramentas BIM para utilizá-las de maneira satisfatória. Destes seis, quatro entenderam que os estudantes precisariam de mais conhecimentos tecnológicos para ser ousados em seus projetos. Cabe ressaltar que os professores entendem que os estudantes ainda não conhecem adequadamente as ferramentas BIM, mas, mesmo assim, desenvolvem seus projetos nestes ambientes, provavelmente por acreditar que com as ferramentas BIM eles consigam suprir deficiências do aprendizado tecnológico construtivo.

Nº	PROFESSORES ORIENTADORES	PUC GOIÁS			UEG			UFG		TOTAL		%				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	SIM	NÃO	SIM	NÃO	
ASSUNTO												SIM	NÃO	SIM	NÃO	
7	No processo de definição dos elementos construtivos em BIM															
7.1	O aluno utiliza todos os seus conhecimentos aprendidos no ramo tecnológico, na hora de projetar?											5	5	50,00%	50,00%	
7.2	Na solução tecnológica do projeto, falta conhecimento mais aprofundado de estruturas?										6	4	60,00%	40,00%		
7.3	Falta conhecimento mais aprofundado dos materias construtivos?										6	3	60,00%	30,00%		
7.4	Falta mais conhecimentos para ser mais ousado nos projetos?										7	3	70,00%	30,00%		
7.5	Voce entende que falta mais conhecimento do aluno sobre as ferramentas BIM de para aplicá-los?										7	3	70,00%	30,00%		
7.6	No projeto, a exigência de conhecimento sobre tecnologia é igual quando se utiliza BIM?										9	1	90,00%	10,00%		
7.7	Você percebe a presença de estrutura no projeto quando usa BIM?										6	4	60,00%	40,00%		
7.8	Você percebe a mesma presença (7.7) quando não usava BIM?										2	7	20,00%	70,00%		

Planilha 10. Pergunta aos professores sobre a definição dos elementos construtivos pelos estudantes em BIM.

As próximas duas perguntas estão consonantes entre si, mas relatam muitas diferenças nas respostas dos estudantes e dos professores, principalmente entre os segundos. Dos dezessete estudantes pesquisados, apenas um respondeu não à pergunta sobre a presença de estrutura em seus projetos em ambiente BIM, ou seja, os outros dezesseis entendem que em ambiente BIM a estrutura é parte indissolúvel do projeto e que é praticamente impossível não pensar em estrutura. Esses mesmos estudantes, ao serem submetidos ao conteúdo igual da pergunta

anterior, quando estavam fora do ambiente BIM praticamente também responderam com a mesma convicção. Dos dezessete estudantes, quatorze afirmaram que não percebiam a estrutura em seus projetos quando estavam fora do ambiente BIM. Um estudante não soube informar e dois disseram que sentem a presença da estrutura mesmo estando fora do ambiente BIM. Destes dois, apenas um afirmou anteriormente que ainda lhe falta conhecimento sobre ferramenta BIM para aplicá-la em seus projetos. Neste grupo de perguntas, pode-se avaliar que a maioria entende que, mesmo lhes faltando conhecimentos mais aprofundados sobre estruturas e materiais construtivos e BIM, as estruturas estão forçosamente presentes em seus projetos.

Os professores-orientadores, em sua maioria, entendem que as estruturas estão presentes nos projetos quando os estudantes utilizam BIM e que não percebem essa mesma presença quando os estudantes não utilizam BIM, pelo menos com a mesma intensidade. Essa afirmação, por si, já seria suficiente para justificar esta pesquisa, dada a compreensão de uma diferença sensível na relação do estudante com os elementos construtivos. Cabe ressaltar que quatro professores do total de dez entendem que, independentemente de o estudante estar ou não utilizando BIM, ele não percebe a presença das estruturas nos projetos dos estudantes. Daí por que todos esses quatro professores responderam em perguntas anteriores que exigem conhecimento tecnológico igualmente dos estudantes que trabalham ou não em ambiente BIM. Destes quatro professores, três afirmaram que falta mais conhecimento sobre as ferramentas BIM por parte dos estudantes. Mas apenas dois desses professores confirmaram que ainda falta mais conhecimento de estrutura e de materiais construtivos na formação dos seus alunos. Mesmo em se tratando da minoria dos professores entrevistados, este dado relata bem como o assunto tecnologia construtiva é tratado nas faculdades brasileiras. Apesar das exceções, não se nota unanimidade do seu corpo docente e discente, o que realmente é um entrave a ser considerado para inserções de mídia BIM nas cadeiras de projetos.

4.1.6 Sobre os conhecimentos de tecnologia

Este item relaciona-se ao item 8 do questionário aplicado aos estudantes. Apresenta sete perguntas (Planilha 11) e questiona sobre os conhecimentos tecnológicos e a ferramenta BIM.

Nº	ESTUDANTES QUE UTILIZAM BIM	PUC GOIÁS				UEG				UFG				TOTAL		%							
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	SIM	NÃO	SIM	NÃO	
8	Sobre os conhecimentos de tecnologia em BIM																						
8.1	Hoje, você entende que utilizava tecnologia em projetos antes de usar BIM?																			11	6	64,71%	35,29%
8.2	Você percebe que utiliza mais tecnologia nos seus proj. agora com o BIM?																			8	4	47,06%	23,53%
8.3	Você domina um tipo de tecnologia mais que outros?																			11	6	64,71%	35,29%
8.4	Essa tecnologia é a que você habitualmente utiliza em seus projetos?																			11	3	64,71%	17,65%
8.5	BIM, em seus projetos desafiou seus conhecimentos sobre as tecnologia?																			14	2	82,35%	11,76%
8.6	Você precisou de mais informação tecnológicas para usar BIM?																			13	2	76,47%	11,76%
8.7	BIM, mudou a maneira como você define os elementos estruturais do projeto?																			12	3	70,59%	17,65%

Planilha 11. Dados sobre os conhecimentos de tecnologia em BIM.

Na primeira pergunta deste grupo, onze estudantes dos dezessete entrevistados responderam que entendem que utilizavam tecnologia mesmo antes de usar BIM como ferramenta de projeto. Destes, sete estudantes afirmaram, anteriormente, que também utilizavam todos os conhecimentos absorvidos no ramo tecnológico das faculdades, mas admitem que lhes faltam mais conhecimentos aprofundados de estrutura e de materiais construtivos. Dos dezessete respondentes, oito entendem que hoje utilizam mais tecnologia em ambiente BIM que quando não utilizavam as tecnologias BIM. Destes oito estudantes, apenas um afirmou que antes de utilizar BIM não empregava tecnologia construtiva em seus projetos. Cinco estudantes não souberam responder, um índice bastante alto para uma pergunta absolutamente clara. O certo é que hoje os estudantes utilizam mais conceito de tecnologia construtiva em seus projetos com o uso das ferramentas BIM. Mesmo não sendo a maioria da opinião dos estudantes, essas afirmações são importantes, pois apontam, mesmo incipientemente, indícios de que as ferramentas BIM podem organizar e ampliar a aplicação de tecnologia construtiva nos projetos dos estudantes, até mesmo nos estudos dos elementos do ramo tecnológico.

Quando perguntados sobre o seu domínio diante das diversas tecnologias construtivas existentes, onze estudantes afirmaram que existe uma tecnologia em que há um domínio maior em detrimento das outras. Destes, seis estudantes afirmaram que agora utilizam mais tecnologia em seus projetos com a ferramenta BIM. Na sequência lhes foi perguntado se habitualmente essa tecnologia que eles

supostamente dominam mais que os outros tipos são as que utilizam em seus projetos acadêmicos. Dos dezessete estudantes respondentes, onze, sendo apenas um em cada respectiva pergunta, não responderam idêntico ao que foi perguntado na pergunta anterior, ou seja, que dominam e usam um tipo de tecnologia mais do que o outro. Um respondeu que domina um tipo de tecnologia mais do que outro, mas não é a que habitualmente ele trabalha. Outros três estudantes afirmaram que não saberiam responder, o que é coerente com o que responderam na pergunta anterior, ou seja, que não dominavam um tipo específico de tecnologia em relação a outro.

Historicamente, nas faculdades de arquitetura brasileiras, provavelmente pelo momento ímpar aflorado pela modernidade europeia, pelos atores excepcionais como Le Corbusier, Gregori Warchavchik, Lucio Costa, Reidy, Oscar Niemayer e tantos outros arquitetos, há uma predominância do uso do concreto armado moldado no local, técnica tecnologicamente rudimentar e que não necessita de mão de obra especializada, totalmente adaptada e adequada às características brasileiras do meado do século passado, que ainda dita os rumos das academias brasileiras até os dias atuais. O processo construtivo no Brasil está mudando lentamente para as obras de aço, tecnologia mais rápida e limpa ecologicamente, que começa a ter uma competitividade mais equilibrada com o concreto moldado no local e o pré-fabricado. Mais uma vez vamos assistir às academias irem a reboque das exigências do mercado da construção civil com um *delay* de pelo menos dez anos.

Dos dezessete estudantes respondentes, quatorze deles entendem que BIM desafiou os seus conhecimentos sobre tecnologia construtiva para usar em seus projetos. Destes, nove estudantes que afirmaram na pergunta anterior que utilizam habitualmente a tecnologia construtiva que eles mais dominam, seis deles admitiram que já utilizavam tecnologia em seus projetos antes de projetarem em ambiente BIM. Provavelmente esses estudantes entenderam que precisaram melhorar os seus conhecimentos sobre a tecnologia que eles já dominavam mais que as outras, mas que com o sistema BIM precisaram atualizar esses

conhecimentos para atingirem o nível de exigência dos sistemas BIM. Quando lhes foi perguntado se precisaram de mais informações tecnológicas para utilizar BIM, treze estudantes afirmaram que sim e dois não souberam responder. Destes treze estudantes, doze afirmaram que foi o sistema BIM que os desafiou e, mesmo assim, oito desses estudantes afirmaram que dominam algum tipo de tecnologia mais que outro e é a que eles habitualmente utilizam em seus projetos. Mesmo que ainda não estejam fazendo as análises dos sistemas estruturais em seus projetos arquitetônicos em ambiente BIM, esses estudantes necessariamente têm de modelar alguns elementos estruturais no âmbito 3D, experimentando suas conexões com o espaço arquitetônico, ou que seria muito bom para as relações do ensino-aprendizado.

Dos dez professores entrevistados (Planilha 12), nove responderam que BIM desafiou os conhecimentos dos alunos sobre tecnologia construtiva. Destes, seis confirmaram que os estudantes precisaram de mais informações tecnológicas do processo construtivo para utilizarem BIM. Outro professor entende que o estudante precisou de mais informações sobre tecnologia construtiva, mas que BIM não desafiou os seus conhecimentos. Quando lhes foi perguntado se o aluno domina algum tipo de tecnologia mais do que outro em ambiente BIM, apenas dois professores entrevistados afirmaram que sim, outro não soube responder, sendo que sete afirmaram, diferentemente dos alunos, que não há uma preferência dos alunos por algum tipo de tecnologia em ambiente BIM. Quando perguntado ao professor se ele precisou de mais informações tecnológicas para orientar estudantes que utilizam BIM, dos dez professores entrevistados, apenas dois responderam que sim. Outros oito professores afirmaram categoricamente que não precisaram de mais informações para orientar os estudantes que utilizam BIM. Dos dois que afirmaram positivamente a essa pergunta, um foi aquele único na pergunta inicial a afirmar que não conhece o programa utilizado pelo estudante. Aqui se pode entender que as ferramentas BIM não são, até hoje, o elemento fundamental da orientação dos projetos acadêmicos, bastando um bom elo de comunicação, como os desenhos bidimensionais. Esse dado é importante, pois quatro de um total de dez orientadores afirmaram, anteriormente, que as plantas e cortes de BIM são praticamente incompreensivos. Afirmação bastante

compreensiva, pois a grande maioria dos professores, ou quase todos, entrevistados não é usuária das ferramentas BIM.

Nº	PROFESSORES ORIENTADORES	PUC GOIÁS			UEG			UFG		TOTAL		%			
		Sim			Não			N/S		Sim	NÃO	Sim	NÃO		
ASSUNTO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
8	Sobre os conhecimentos de tecnologia do aluno														
8.1	BIM, desafiou os conhecimentos do aluno sobre as tecnologia?											9	1	90,00%	10,00%
8.2	O aluno precisou de mais informação tecnológicas da construção para usar BIM?											7	3	70,00%	30,00%
8.3	Com BIM, o aluno domina um tipo de tecnologia mais que outros?											2	7	20,00%	70,00%
8.4	E o aluno que não usa BIM, domina mais um tipo de tecnologia do que outro?											5	5	50,00%	50,00%
8.5	Você precisou de mais informação tecnológicas para orientar o aluno que usa BIM?											2	8	20,00%	80,00%
8.6	BIM interferiu na maneira como o aluno define os elementos estruturais do projeto?											6	3	60,00%	30,00%
8.7	BIM interferiu na maneira como o aluno define os partido arquitetônico?											7	3	70,00%	30,00%

Planilha 12. Pergunta aos professores sobre os conhecimentos dos alunos em tecnologia.

Cabe ressaltar mais uma vez que há uma lacuna entre o que os estudantes apresentam em seus trabalhos, ou seja, o que eles mostram para os seus orientadores, e o que os orientadores sabem o que BIM pode fazer como ferramenta de modelagem, principalmente em ambiente de massa conceitual. Não se está fazendo propaganda negativa ao uso do BIM, apenas ressaltando a necessidade de os orientadores conhecerem as potencialidades das ferramentas BIM, para atuarem como participante ativo nas relações do ensino-aprendizado e não como mero espectador.

Quando foi perguntado se BIM mudou a maneira como eles definem os elementos estruturais em seus projetos acadêmicos, doze estudantes, dos dezessete, afirmaram que sim, outros dois não souberam responder. Destes doze estudantes, dez afirmaram também que precisaram de mais informações para utilizar BIM e que ele desafiou os seus conhecimentos sobre tecnologia construtiva. Quando perguntado aos professores entrevistados se BIM interferiu na maneira como o estudante define o partido arquitetônico e a estrutura em seus projetos, dos dez professores entrevistados, seis afirmaram que BIM mudou a maneira como os estudantes definiram estrutura em seus projetos e outro professor não soube dizer. Sete professores afirmaram que BIM interferiu na maneira como o estudante define o partido arquitetônico. Dentre eles, cinco afirmaram positivamente as duas perguntas, afirmaram também que BIM desafiou os conhecimentos sobre tecnologia construtiva, e quatro destes afirmaram que os alunos precisaram de

mais informações tecnológicas de construção para usar BIM. Praticamente é reflexo do que foi dito anteriormente, posto que os professores confirmaram que há uma mudança no comportamento do uso de tecnologia por parte do estudante, inclusive na definição do partido arquitetônico e nos conhecimentos dos elementos da tecnologia construtivas. Os projetos dos estudantes que utilizam BIM passaram a ter maior possibilidade de plasticidade, facilitada pelas ferramentas de massa conceitual, porém sem uma resposta de solução tecnológica construtiva, principalmente da estrutura na mesma proporção. Além de o BIM, em seu ambiente de massa conceitual, inicialmente, ser um facilitador das plasticidades, ele permite, quando “carregado” em ambiente de projeto, estudos e “solução” dos elementos estruturais e de materiais, principalmente de encapsulamento, o que normalmente não é observado, em última instância, pelos estudantes.

O que não se pode afirmar é se os estudos não avançam nas soluções estruturais e dos elementos construtivos em função das deficiências do estudante ou do seu interesse, ou se em função da pouca cobrança dos orientadores, visto que eles, quase a totalidade, afirmaram anteriormente que “cobram” tecnologia construtiva dos estudantes que utilizam BIM da mesma forma dos que não utilizam BIM, mesmo que “conscientemente” entendam que os recursos sejam bastante diferentes.

4.1.7 A maneira como aprendeu sobre o processo construtivo e BIM

Este item relaciona-se ao item 9 do questionário aplicado aos estudantes. Apresenta seis perguntas (Planilha 13) e questiona sobre o aprendizado da tecnologia construtiva e o uso de BIM.

Na primeira pergunta aos estudantes sobre a compatibilidade entre o aprendizado de tecnologia ensinado nas faculdades de arquitetura e o sistema BIM, doze estudantes, de um total de dezessete, afirmaram que sim, ou seja, que eles são compatíveis, e um não soube dizer. Destes, dez afirmaram que precisaram de mais informações tecnológicas para usar BIM e apenas um destes dez afirmou no conjunto de perguntas anteriores que BIM não desafiou os seus conhecimentos sobre tecnologia.

Nº	ESTUDANTES QUE UTILIZAM BIM	PUC GOIÁS					UEG					UFG					TOTAL		%						
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	SIM	NÃO	SIM	NÃO			
9	A forma como aprendeu sobre o processo construtivo e BIM?																								
9.1	Os aprendizados de tecnologia convencionais e o uso do BIM são compatíveis?																					12	4	70,59%	23,53%
9.2	Você percebe que é importante aprender sobre tecnologia primeiro?																					15	2	88,24%	11,76%
9.3	Você percebe que deve-se aprender BIM antes de conhecer sobre tecnologia?																					0	16	0,00%	94,12%
9.4	Você acha viável que se aprenda os conteúdos (9.1) juntos e sincronizados?																					12	4	70,59%	23,53%
9.5	Você acredita que a compatibilização de proj. seja possível em ambiente BIM?																					16	0	94,12%	0,00%
9.6	Você acredita que a compatibilização seja mais difícil fora do ambiente BIM?																					10	5	58,82%	29,41%

Planilha 13. Dados sobre como o estudante aprendeu o processo construtivo e BIM.

Desses nove respondentes restantes, sete estudantes afirmaram também que dominam um tipo de tecnologia mais do que outros. Dos dez professores entrevistados, apenas três afirmaram que o aprendizado de tecnologia convencional ensinado nas faculdades e o uso do BIM são compatíveis, e outros três não souberam afirmar. Resposta bastante diferente às respostas dos estudantes, pois aqui entre os professores há um questionamento sobre a forma e muito provavelmente sobre os conteúdos dos ensinamentos de tecnologias construtivas.

As próximas três perguntas se completam, porém não são exclusivas, podendo ser respondidas de diferentes maneiras, dependendo do que os entrevistados, principalmente os estudantes, entendem como deve ser o aprendizado, objetivando, é claro, o melhor aproveitamento. Quando lhes foi perguntado se seria importante aprender sobre tecnologia construtiva antes de aprender BIM, quinze estudantes, dos dezessete, entendem que sim. Quando se faz a pergunta ao contrário, ou seja, se deve aprender BIM antes de se conhecer sobre tecnologia, dezesseis estudantes entrevistados afirmam categoricamente que não e apenas um estudante não soube responder. Quando lhes foi perguntado se seria viável aprender os conteúdos de tecnologia construtiva e das ferramentas de BIM ao mesmo tempo e sincronizados, doze estudantes entrevistados, de um total de dezessete, afirmaram que seria possível; outro não soube responder. Ou seja, entendem que sim, mesmo a pergunta não tendo oferecido nenhum cenário para esse aprendizado sincronizado. Até mesmo pelas diversidades de possibilidades que este aprendizado poderia ser teorizado é que esta pesquisa não se comprometeu a abordar variáveis desta pergunta. Dos doze estudantes respondentes que mantiveram coerência sobre o que se deve aprender primeiro,

nove afirmaram que o ensino de tecnologia construtiva das faculdades de arquitetura e o uso de BIM são compatíveis. Destes, oito estudantes afirmaram em pergunta anterior que precisaram de mais informações tecnológicas construtivas para usar BIM.

Quando perguntado aos professores sobre o que se deve aprender primeiro (Planilha 14), oito professores, de um total de dez, afirmaram que se deve primeiro aprender tecnologia. Entre os mesmos dez professores entrevistados, seis entendem que não é importante aprender BIM primeiro do que as tecnologias construtivas, e um não soube responder. Combinando as duas perguntas, cinco professores entenderam que se deve aprender primeira tecnologia e apenas outro entendeu que se deve aprender primeiro BIM, ou seja, foram coerentes com as duas perguntas. Destes seis respondentes, apenas um entendeu que o atual aprendizado sobre tecnologia construtiva nas faculdades de arquiteturas é compatível com o uso das ferramentas BIM.

Nº	PROFESSORES ORIENTADORES	PUC GOIÁS			UEG			UFG		TOTAL		%			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	SIM	NÃO	SIM	NÃO
	ASSUNTO														
9	A forma como aprendeu sobre o processo construtivo e BIM?														
9.1	Os aprendizados de tecnologia convencionais e o uso do BIM são compatíveis?										3	4	30,00%	40,00%	
9.2	Você percebe que é importante o aluno aprender sobre tecnologia primeiro?										8	2	80,00%	20,00%	
9.3	Você percebe que deve-se aprender BIM antes de conhecer sobre tecnologia?										6	3	60,00%	30,00%	
9.4	Com BIM, voce acha possível aplicar P.B.L no atelier de projeto?										8	1	80,00%	10,00%	
9.5	Sem BIM, voce acha possível aplicar P.B.L no atelier de projeto?										7	2	70,00%	20,00%	

Planilha 14. Pergunta aos professores sobre como o aluno aprendeu o processo construtivo em BIM.

Nas últimas perguntas deste grupo aos estudantes, eles foram submetidos a darem suas opiniões a respeito de compatibilização no ambiente BIM e também fora dele. Todos, exceto um, que não soube responder, afirmaram que a compatibilização entre os projetos de arquitetura e os complementares no ambiente BIM é perfeitamente possível. Dez de um total de dezessete estudantes responderam que a compatibilização fora do ambiente BIM é mais difícil. Dois não souberam responder. Cinco outros estudantes afirmaram que não é mais difícil, embora dois destes tenham afirmado em perguntas anteriores que precisaram de mais informações tecnológicas construtivas para usarem BIM e que ele desafiou os seus conhecimentos sobre o processo construtivo. Mesmo os professores não

sendo usuários dos sistemas BIM, entendem que a construtividade tridimensional em ambiente BIM facilita tanto a compatibilização quanto a elaboração do projeto, assim como a integração entre os diversos tipos de projetos necessários para a execução da obra.

Nestes dois itens do questionário dos professores-orientadores mudou-se a pergunta na tentativa de se entender melhor sobre o método do aprendizado de projeto nos ateliês e BIM. Oito professores dos dez entrevistados entendem que é possível aplicar PBL⁷⁷ nos ateliês utilizando-se de BIM. Um não soube responder. Os mesmo professores, exceto um, entenderam que, mesmo sem a presença da ferramenta BIM, é possível aplicar PBL nos ateliês, mostrando nitidamente a confiança no atual ensino de arquitetura brasileira. Apenas um professor ter entendido que apenas com BIM o uso de PBL é possível dentro dos ateliês. Embora estudos colaborativos e integrativos do PBL ainda sejam um grande desafio para as escolas de arquitetura, pois necessitariam ampliar a base da solução do problema para os ramos tecnológicos, existe a percepção de que ainda é possível, pelo menos na opinião dos professores. A maioria dos estudantes e professores compreende que, para a construção deste cenário desejável, hoje em dia, parece imprescindível a presença de ferramentas BIM, pois além de facilitarem a construção de um modelo único e integrado, relegam o papel dos desenhos bidimensionais definitivamente ao segundo plano, mesmo não sendo a prática atual. O tempo gasto com a elaboração interminável de desenhos bidimensionais não ajuda em nada, nas atuais circunstâncias, as relações do ensino-aprendizagem na arquitetura.

4.1.8 Dados sobre os elementos construtivos na definição do projeto

Este grupo relaciona-se ao item 10 do questionário aplicado aos estudantes. Apresenta cinco perguntas (Planilha 15) e questiona sobre o uso da tecnologia construtiva, mais detalhadamente sobre as estruturas no projeto de arquitetura.

⁷⁷ PBL – Problem Based Learning- é uma estratégia pedagógica e didática para solução de problemas onde o aprendizado é centrado no aluno. Expõe-se situações motivadoras onde grupos estimulados interagem, definem objetivos do aprendizado cognitivos.

Nº	ESTUDANTES QUE UTILIZAM BIM	PUC GOIÁS					UEG					UFG					TOTAL		%			
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	SIM	NÃO	SIM	NÃO
10	Dados sobre os elementos construtivos no projeto na definição do projeto																					
10.1	Você define inicialmente apenas os pilares em seus projetos?																		10	7	58,82%	41,18%
10.2	Você define toda a estrutura de uma única vez?																		5	12	29,41%	70,59%
10.3	Você define os elementos estruturais , em momentos (etapas) separados?																		15	2	88,24%	11,76%
10.4	Você define os elementos de vedação (encapsulamento) isoladamente?																		5	11	29,41%	64,71%
10.5	Ou para você eles(10.4) fazem parte do processo construtivo?																		15	2	88,24%	11,76%

Planilha 15. Dados sobre os elementos construtivos na definição do projeto em BIM.

Quando foi perguntado aos estudantes se eles definem, inicialmente, apenas os pilares em seus projetos, dez de um total de dezessete afirmaram que sim. Quando perguntado se definem toda a estrutura de uma única vez, outros cinco afirmaram que sim. Dois estudantes não se sentiram suficientemente satisfeitos com as possíveis respostas e não se definiram, afirmando negativamente nas duas questões. Quando perguntados se eles definem os elementos estruturais em momentos separados, quinze estudantes, de um total de dezessete, afirmaram que sim. Nestes, estão incluídos todos os dez que responderam positivamente na primeira pergunta deste grupo. Dois estudantes definiram as suas respostas negativamente a essa e à primeira pergunta e positivamente à segunda, confirmando a coerência e a certeza de que a definição da estrutura em seus projetos dá-se de uma única vez e não no início do projeto de arquitetura. Outros quatro estudantes confirmaram que definem em etapas, mas não no início do projeto. Esta é outra questão muito importante nos sistemas BIM, pois ele permite que a qualquer momento, mesmo que por desconhecimento, se possam mudar os elementos construtivos ou mesmo substituí-los por outro. As análises mais detalhadas serão feitas pelos programas BIM de estrutura, no caso do Revit o Structure.

Na sequência perguntou-se aos estudantes se eles definem os elementos de vedação, os encapsulamentos, isoladamente. Onze estudantes afirmaram que não e que eles fazem parte do processo construtivo. Um estudante não soube responder a esta pergunta. Outros três estudantes entendem que o encapsulamento faz parte do processo construtivo, mas o definem isoladamente. Outros dois estudantes entendem que os elementos de encapsulamento não fazem parte do processo construtivo e o definem isoladamente. Os estudantes que

definem os encapsulamentos provavelmente iniciaram os seus projetos pelo ambiente de massa conceitual e posteriormente migraram para ambiente de projeto e definiram os encapsulamentos ou apenas definiram o projeto preliminarmente.

Aos professores couberam perguntas que pudessem mostrar os ensinamentos de tecnologia aplicados nos projetos acadêmicos com uma visão mais crítica, pois, em tese, eles têm mais experiência no ensino-aprendizagem e uma diversidade maior de alunos e nas suas relações com os elementos do processo construtivo. Quando perguntado se, na visão deles, os estudantes têm dificuldades com algum tipo específico de tecnologia construtiva, seis professores entrevistados disseram que sim, eles têm essas dificuldades. Desses apenas três professores entrevistados também afirmaram, em perguntas anteriores, que BIM desafiou os conhecimentos dos alunos em tecnologia construtiva e que precisou de mais informações tecnológicas da construção para utilizar BIM. Destes três, dois afirmaram que BIM interferiu na maneira como os estudantes definem a estrutura e também o partido arquitetônico. Três professores afirmaram que não perceberam essas dificuldades, mas dois desses professores afirmaram, em outra pergunta anterior, que com BIM os seus alunos precisaram de mais informações para projetar. Dos dez professores entrevistados, um não soube responder. Pelo conjunto de respostas combinadas, os professores afirmaram que alguns estudantes têm dificuldades com os elementos construtivos e não os resolvem satisfatoriamente, mesmo estando em ambiente BIM. Ou esses estudantes não entenderam as ferramentas BIM ou não sabem tecnologia construtiva suficientemente para pesquisar alternativas para os seus projetos. Por outro lado, alguns estudantes, quando instigados a pesquisar mais soluções tecnológicas, mudaram até a sua maneira de projetar como o BIM, provavelmente se apropriando das ferramentas potencializadoras de modelagem com informação 3D do BIM.

Na segunda pergunta desse grupo, seis professores responderam que os estudantes que utilizam BIM não têm mais domínio em tecnologia construtiva dos que não usam BIM. Todos os seis informaram, em pergunta anterior, que BIM desafiou os conhecimentos sobre tecnologia construtiva. Desses, três professores afirmaram também que os estudantes que usam BIM precisaram de mais

informações de tecnologia construtiva em seus projetos. Outros três professores responderam que alunos que utilizam BIM têm maior domínio em tecnologia construtiva do que aqueles que não usam BIM. Estes, em outras perguntas anteriores, afirmaram que os estudantes precisaram de mais informações tecnológicas da construção para usar BIM e que ele interferiu na maneira de esses estudantes projetarem. Dos dez professores, um não soube responder. Mesmo que os professores estejam convencidos de que tecnologia construtiva não seja exclusividade de BIM, e realmente não o é, alguns entendem que BIM desafia os estudantes a pesquisarem sobre elementos construtivos e que este fato pode mudar padrões consolidados da relação ensino-aprendizagem da arquitetura e até a maneira como os estudantes podem elaborar propostas volumétricas. Este é um fato importante, pois o estímulo além da sala de aula e ateliês expande os conhecimentos da prática e do exercício de composição e da função.

Quando perguntado aos dez professores se o curso de tecnologia de sua faculdade é voltado para a prática do projeto (Planilha 16), sete afirmaram categoricamente que não. Destes, quatro professores afirmaram, em perguntas anteriores, que falta conhecimento mais aprofundado por parte dos estudantes em estrutura e materiais construtivos e, desses, dois afirmaram que os estudantes utilizam todos os seus conhecimentos apreendidos do ramo tecnológico na hora de projetar. Outros três restantes afirmaram que o ramo tecnológico de suas faculdades de arquitetura é voltado para a prática do projeto, mas, destes, dois afirmaram que falta conhecimento mais aprofundado de estrutura e de materiais construtivos na hora de projetar, provavelmente acreditando que a falha esteja no rendimento do próprio estudante. Não há e nunca houve unanimidade na forma como os arquitetos devem aprender sobre os elementos da estrutura e sobre os materiais empregados na arquitetura. Normalmente, eles são estudados de forma isolada e desconexa da prática do projeto, mesmo que os estudos avancem no pré-dimensionamento. Os defensores do PBL compreendem que os estudos integrados de todos os meios da arquitetura devam ser estudados e trabalhados em conjunto, pois a obra, ou seja, a arquitetura, é o espaço construído de uma única vez e assim deve ser aprendido. O problema é apenas o desafio a ser vencido e que as variáveis fazem parte da solução única. Talvez por isso que o BIM seja, em última

análise, um ambiente apropriado para a investigação e solução dos problemas da arquitetura.

Nesta próxima pergunta do grupo, a metade (cinco professores) respondeu que os projetos dos estudantes refletem o que eles aprenderam no ramo tecnológico de seu respectivo curso.

Nº	PROFESSORES ORIENTADORES	PUC GOIÁS			UEG			UFG		TOTAL		%			
		Sim	Não	N/S	Sim	Não	N/S	Sim	NÃO	SIM	NÃO				
ASSUNTO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
10	Dados sobre os elementos construtivos na definição do projeto.														
10.1	De uma maneira geral, você percebe que os alunos têm dificuldades com algum tipo de tecnologia?											3	4	30,00%	40,00%
10.2	Os alunos que utilizam BIM tem maior domínio em tecnologia dos que não utilizam BIM?											8	2	80,00%	20,00%
10.3	Você entende que o curso de tecnologia da sua Faculdade de Arquitetura é voltado para a prática do projeto de arquitetura?											6	3	60,00%	30,00%
10.4	Os projetos dos alunos, de uma maneira geral, refletem o que foi ensinado no ramo tecnológico do seu curso?											3	4	30,00%	40,00%
10.5	Os alunos que utilizam BIM demonstram ter maior facilidade em projetos dos que não utilizam BIM?											8	2	80,00%	20,00%
10.6	No geral, você entende que a carga horária de tecnologia está adequada as praticas atuais?											6	3	60,00%	30,00%
10.7	Você entende que a falta de detalhamento das estruturas nos projetos é uma falha do aprendizado do ramo tecnológico?											3	4	30,00%	40,00%
10.8	E para o aluno utiliza BIM, voce entende que a carga horária em tecnologia deveria ser maior?											8	2	80,00%	20,00%

Planilha 16. Pergunta aos professores sobre os elementos construtivos na definição do projeto em BIM.

Destes, três professores afirmaram que o curso de arquitetura é voltado para a prática de arquitetura, mas também afirmaram que os estudantes têm dificuldades com algum tipo de tecnologia. Os três afirmaram também que BIM interferiu na maneira como o estudante define o partido arquitetônico, sendo que dois afirmaram que os estudantes precisaram de mais informações tecnológicas para usar os sistemas BIM. Dos dez professores respondentes, um não soube avaliar a pergunta. Mesmo que os professores sejam defensores dos atuais métodos de aprendizagem dos elementos construtivos das faculdades de arquitetura, eles admitem que haja deficiências na hora de aplicá-los no projeto.

Dos dez entrevistados, oito responderam que os estudantes que utilizam BIM não demonstram ter maior facilidade em projeto do que os que não utilizam BIM. Destes, cinco professores entendem que o estudante que utiliza BIM tem mais recurso para definir tecnologia e, destes cinco, quatro afirmaram também que BIM desafiou os conhecimentos sobre tecnologia e eles precisaram de mais informação tecnológica da construção para utilizar BIM, mesmo que apenas um tenha afirmado que os aprendizados convencionais dos elementos construtivos e BIM sejam compatíveis para o uso no projeto de arquitetura. Há um convencimento dos professores de que BIM estimula o aprendizado, mesmo entendendo que os

aprendizados dos elementos estruturais nas faculdades não sejam compatíveis com BIM. No entanto, mesmo sendo apenas dois professores, há um entendimento de que os estudantes que utilizam BIM têm maiores facilidades na hora de projetar. Ainda que não haja evidências científicas, são percepções que começam a mudar o ponto de vista do uso das ferramentas digitais, principalmente as ferramentas BIM como instrumentos aliados ao ensino do projeto e não como barreiras negativas.

Dos dez entrevistados, dois afirmaram que os estudantes que utilizam BIM têm maior facilidade em projetos do que aqueles que não usam BIM. Esses dois professores entrevistados também responderam, em perguntas anteriores, que os seus orientandos definem projetos de arquitetura desde o início em ambiente BIM, que BIM interferiu na maneira como os estudantes definem os elementos estruturais no projeto e também o projeto arquitetura. Tudo isso é a despeito deles terem afirmado também que ainda falta mais conhecimento aprofundado de estrutura e materiais construtivos em seus projetos de arquitetura acadêmicos e que poderiam ser mais ousados.

Na próxima pergunta, cinco dos dez professores entrevistados responderam que a carga horária de tecnologia da construção está adequada às necessidades atuais práticas de projetos de arquitetura. Destes cinco, três afirmaram também que os estudantes apresentam algum tipo de dificuldades em tecnologia construtiva e apenas um destes afirmou que os projetos acadêmicos refletem o que foi ensinado no ramo tecnológico. Um professor não soube responder à questão e quatro entrevistados afirmaram que a carga horária do ramo tecnológico não está adequada às atuais práticas projetuais. Destes, três afirmaram que os estudantes têm dificuldades com algum tipo de tecnologia.

Dos dez professores entrevistados, sete afirmaram que a falta de detalhamento das estruturas nos projetos de arquitetura é falha do aprendizado tecnológico. Destes, seis afirmaram que o ensino do ramo tecnológico não é voltado para a prática do projeto de arquitetura. Destes seis, apenas três estudantes afirmaram que a carga horária do ramo tecnológico não está adequada às práticas atuais de BIM. Provavelmente, por entenderem que o problema esteja

no enfoque, ou seja, com a mesma carga horária seria possível ter um aprendizado voltado para as necessidades do projeto de arquitetura e menos em cálculos matemáticos e físicos.

Nesta questão, perguntou-se apenas se, com o uso de BIM, os professores entenderiam haver a necessidade de se ter mais carga horária de tecnologia, diante das exigências do programa. Cinco dos dez professores entrevistados responderam negativamente, ainda que três destes tenham afirmado em outra pergunta anterior que os estudantes possuem dificuldades com algum tipo de tecnologia construtiva. Destes três, dois professores afirmaram, em perguntas anteriores, que o aprendizado das tecnologias construtivas atuais e BIM são compatíveis. Um professor não soube responder e outros quatro afirmaram que a carga horária para quem usa BIM deveria ser maior. Destes quatro, apenas um afirmou que o ensino do ramo tecnológico é voltado para a prática do projeto.

4.1.9 Dados sobre aprendizado no ramo tecnológico

Este item relaciona-se ao item 11 do questionário aplicado aos estudantes. Apresenta cinco perguntas (Planilha 17) e questiona sobre o peso da tecnologia construtiva na metodologia construtiva.

Nº	ESTUDANTES QUE UTILIZAM BIM	PUC GOIÁS					UEG					UFG					TOTAL		%			
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	SIM	NÃO	SIM	NÃO
11	Dados sobre a aprendizagem de tecnologia nas escolas de arquitetura.																					
11.1	Você entende que aprendeu todo tipo de tecnologia para aplicá-los em BIM?																		2	15	11,76%	88,24%
11.2	Durante o seu curso, você teve dificuldades com algum tipo de tecnologia?																		9	8	52,94%	47,06%
11.3	Você entende que o seu curso de tecnologia foi voltado para a prática do projeto?																		9	7	52,94%	41,18%
11.4	Os seus projetos refletem o que foi ensinado no ramo tecnológico do seu curso?																		12	4	70,59%	23,53%
11.5	Você entende que a carga horária de tecnologia está adequada as praticas do projetos atuais, utilizando BIM?																		3	13	17,65%	76,47%

Planilha 17. Dados sobre aprendizagem de tecnologia.

Na primeira pergunta, as respostas foram bastante contundentes, posto que quinze estudantes entrevistados disseram que não, embora dez destes estudantes afirmassem que os aprendizados de tecnologia construtiva convencionais são compatíveis com o ambiente BIM. Quinze respondentes desta questão, de um total

de dezessete estudantes, afirmaram também que as cargas horárias das disciplinas do ramo tecnológico não estão adequadas às praticas projetuais de quem usa BIM. Dois outros estudantes restantes afirmaram que aprenderam todo tipo de tecnologia construtiva, suficientemente, para aplicação em BIM, embora tenham afirmado, em questões anteriores, que lhes falta mais conhecimento do ramo tecnológico para serem mais ousados em seus projetos e que dominam um tipo de tecnologia mais do que outros.

Na segunda pergunta, nove estudantes, de um total de dezessete, afirmaram que, durante o curso, tiveram mais dificuldades com algum tipo de tecnológica construtiva. Destes, dois estudantes, mesmo assim, afirmaram que a carga horária do ramo tecnológico está adequada para trabalhar em ambiente BIM. Dos nove, seis estudantes afirmaram que precisaram de mais informações tecnológicas construtivas para aplicação em BIM.

Dos dezessete estudantes respondentes, nove afirmaram que o curso do ramo tecnológico foi voltado para a prática do projeto. Afirmaram também, em perguntas anteriores, que utilizam todos esses conhecimentos do ramo tecnológico em seus projetos e que não possuem dificuldades em definir tecnologia em ambiente BIM, ainda que apenas quatro destes terem afirmado que definem a estrutura diretamente no ambiente BIM. Um estudante não soube responder e outros sete estudantes que a tecnologia não foi voltada para a prática do projeto, ainda que três destes tenham afirmado que não é mais fácil definir tecnologia estando em ambiente BIM.

Quando perguntado aos estudantes se seus projetos refletem o que foi ensinado no ramo de tecnologia de seu respectivo curso de arquitetura, doze, de um total de dezessete, afirmaram que está adequado, embora onze destes tenham afirmado, em perguntas anteriores, que lhes falta conhecimento aprofundado em estrutura. Desses, nove afirmaram que lhes faltam mais conhecimentos para serem ousados em seus projetos. Na última pergunta, treze estudantes entrevistados entenderam que a carga horária do ramo tecnológico construtivo não está adequada às atuais práticas de projeto em que se utiliza BIM. Um não soube responder e outros três responderam que as cargas horárias das disciplinas do ramo tecnológico estão adequadas, embora tenham afirmado, em perguntas

anteriores, que lhes falta mais conhecimento aprofundado em estrutura e materiais construtivos e, conseqüentemente, para serem mais ousados em seus projetos.

4.2 Análise da entrevista com estudantes sem BIM

Para esta etapa da pesquisa os critérios de análises serão os mesmos utilizados anteriormente no item 1, ou seja, desta vez aplicados aos estudantes que não utilizam BIM em seus projetos acadêmicos. Fizeram-se também inserções por grupos de pesquisa, conforme as entrevistas, e desenvolveram-se análises individualizadas ou agrupando-se a cada duas perguntas, dependendo do assunto e suas relações de compreensão. Estabeleceram-se também, da mesma forma como foi feito anteriormente, relações com outras partes da pesquisa que às vezes confirmavam um determinado raciocínio e às vezes com partes que contradiziam determinadas afirmações anteriores.

4.2.1 Dados sobre o uso de *softwares* em projetos acadêmicos

Este item relaciona-se ao item 3 do questionário aplicado aos estudantes que não utilizam BIM. Apresenta sete perguntas (Planilha 18) e questiona sobre a adequação das ferramentas digitais às necessidades dos estudantes nos trabalhos de arquitetura.

No questionário aplicado aos estudantes foi perguntado inicialmente quais os *softwares* que eles habitualmente trabalhavam. Praticamente todos indicaram AutoCad. A maioria indicou um segundo programa complementar.

Nº	ESTUDANTES QUE UTILIZAM NÃO USAM BIM	PUC GOIÁS			UEG			UFG			TOTAL		%					
		R1	S1	T1	U1	V1	R2	S2	T2	U2	R3	S3	T3	U3	SIM	NÃO	SIM	NÃO
3	Dados sobre o uso de software em projetos acadêmicos.																	
3.1	Você escolheu trabalhar com este programa por ser o seu programa habitual?													12	1	70,59%	5,88%	
3.2	Você escolheu este software por ser o mais adequado para o tipo de trabalho?												7	4	41,18%	23,53%		
3.3	Você conhece e sabe trabalhar com outros software de CAD?												3	10	17,65%	58,82%		
3.4	Você utiliza outro software para complementar seus trabalhos?												13	0	76,47%	0,00%		
3.5	Você conhece (utiliza) outros programas que fazem somente a modelagem?												11	2	64,71%	11,76%		
3.6	Você entende que este software que você utiliza é adequado para qualquer tipo de tarefa?												9	4	52,94%	23,53%		
3.7	Você conhece ou ouviu falar de tecnologia BIM?												12	1	70,59%	5,88%		

Planilha 18. Dados sobre o uso dos softwares pelos estudantes que não usam BIM.

Destes, quase todos indicaram SketchUp como programa de modelagem. Alguns poucos indicaram o 3D Max, como programa de renderização. Pode-se afirmar com certeza que ainda o AutoCad é o programa de desenho mais utilizado para registrar e apresentar os projetos.

No primeiro grupo de perguntas sobre o uso dos *softwares* em projetos acadêmicos, praticamente todos, doze estudantes de um total de treze entrevistados, afirmaram que trabalham em seus projetos de arquitetura com o *software* ao qual eles estão habituados, o que nos leva a crer que dificilmente os estudantes se aventuram a desenvolver os projetos acadêmicos sem terem garantias de que irão terminar nos prazos estipulados pelos orientadores. Se por um lado podem-se ressaltar a responsabilidade e coerência com os compromissos assumidos, por outro, pode-se lembrar que a academia é o local apropriado para experiências, mesmo que com riscos, desde que calculados e com fundamentação e avaliação do que se sabe e o que é preciso saber para concluir as tarefas. Os estudantes, mesmo não tendo todas as habilidades necessárias com programas de BIM, poderiam experimentar, dedicando-se um pouco mais à fase do projeto, e ter a recompensa no final, na hora dos registros. Provavelmente faltam estímulos por parte dos orientadores.

Quando perguntado aos estudantes se eles escolheram o *software* para desenvolver os seus projetos acadêmicos, quatro disseram que não e dois não souberam responder, de um total de treze estudantes. Outros sete afirmaram que sim, que trabalham com o *software* adequado para o tipo de trabalho acadêmico, ou seja, AutoCad e eventualmente Sketch Up ou 3D Max.

Três entrevistados, de um total de treze, responderam que os estudantes conhecem e sabem trabalhar com outros *softwares* de CAD, o que reforça ainda mais o que foi dito anteriormente, que dificilmente os estudantes são induzidos a experimentarem outros *softwares* que não aqueles a que estão habituados. Completando essa pergunta, todos os estudantes responderam que utilizam outros *softwares* para complementar os trabalhos que eles desenvolvem no CAD. Como inicialmente não foi solicitada a indicação de mais de um tipo de programa, fica claro que todos, de alguma forma, utilizam programas de modelagem ou de apresentação. Quase todos os estudantes, onze de um total de treze, afirmaram

que utilizam programas que fazem somente modelagem, caso dos SketchUp e do 3D Max.

Quando perguntado aos estudantes entrevistados se eles entendem que o *software* utilizado seria adequado para qualquer tipo de tarefa, nove de um total de treze responderam que sim, mesmo que, praticamente, todos eles tenham dito que conhecem ou que tenham ouvido falar de tecnologia BIM. Isso é perfeitamente compatível com as respostas anteriores, pois o grau de cobrança das faculdades de arquitetura varia conforme o gosto do orientador, até porque os professores afirmaram categoricamente que o grau de exigência não varia conforme os *softwares* utilizados.

4.2.2 O que se aprende e o que se usa nos projetos acadêmicos

Este item relaciona-se ao item 4 do questionário aplicado aos estudantes que não utilizam BIM. Apresenta sete perguntas (Planilha 19) e questiona sobre o ensino das tecnologias e suas aplicações à prática do projeto.

Quando perguntado aos estudantes se eles utilizam em seus projetos acadêmicos o que aprenderam no ramo tecnológico de suas respectivas faculdades de arquitetura, praticamente todos, doze estudantes, de um total de treze, afirmaram que utilizam esses conhecimentos e os aplicam em seus projetos.

Nº	ESTUDANTES QUE UTILIZAM NÃO USAM BIM	PUC GOIÁS			UEG			UFG			TOTAL		%					
		R1	S1	T1	U1	V1	R2	S2	T2	U2	R3	S3	T3	U3	SIM	NÃO	SIM	NÃO
	ASSUNTO																	
4	o que se aprende o que se usa nos projetos acadêmicos.																	
4.1	O que você aprendeu no ramo tecnológico, utiliza nos seus projetos acadêmicos?													12	1	70,59%	5,88%	
4.2	Este aprendizado foi suficiente para aplicar nas diversas tipologias de projetos?													1	12	5,88%	70,59%	
4.3	Durante o seu curso, você teve alguma dificuldade com algum tipo de tecnologia?													11	2	64,71%	11,76%	
4.4	Voce entende que o seu curso de tecnologia foi voltada para a prática do projeto?													11	2	64,71%	11,76%	
4.5	Os seus projetos refletem o seu conhecimento sobre a tecnologia aprendida no seu curso?													9	3	52,94%	17,65%	
4.6	Você domina um tipo de tecnologia mais que outros?													7	5	41,18%	29,41%	
4.7	A carga horária de tecnologia está adequada as necessidades da pratica do projeto atuais?													3	8	17,65%	47,06%	

Planilha 19. Dados sobre o que se aprende e se usa nos projetos acadêmicos para alunos sem BIM.

Mas quando se inverte a pergunta, ou seja, se o aprendizado foi suficiente para aplicar nas diversas tipologias de projetos, quase todos, doze estudantes, de um total de treze entrevistados, responderam que não.

Aprofundando um pouco mais sobre os conhecimentos adquiridos do ramo tecnológico, perguntou-se se os entrevistados tiveram dificuldades com algum tipo específico de tecnologia. Onze estudantes, de um total de treze, afirmaram que sim. Apenas dois disseram que não tiveram nenhuma dificuldade tecnológica para projetar. Mesmo tendo dificuldades com algum tipo de tecnologia na hora de projetar, praticamente todos, outros onze estudantes de um total de treze, entendem que o ensino do ramo tecnológico das suas respectivas faculdades foi voltado para a prática do projeto.

Nove de um total de treze afirmaram que os seus projetos acadêmicos refletem o que aprendeu no ramo de tecnologia do curso de arquitetura, três afirmaram que não e um não soube responder. O interessante do cruzamento dessas duas últimas perguntas é o fato de que os três que afirmaram que o projeto não reflete o que aprendeu em tecnologia afirmaram na pergunta anterior que o ramo de tecnologia de sua respectiva faculdade foi voltado para a prática do projeto. O único que afirmou que o ramo tecnologia não é voltado para a prática do projeto afirmou nessa pergunta que o projeto é reflexo direto do ramo tecnológico.

Na tentativa de compreender melhor os impactos do ramo tecnológico nos projetos acadêmicos, perguntou-se se os estudantes dominariam, predominantemente, algum tipo de tecnologia sobre os outros. A maioria, sete de um total de treze estudantes, responderam que sim, cinco afirmaram que não e um não soube responder. Aqui a intenção não é saber se as escolas têm linhas de trabalhos baseadas em tecnologia, mas se haveria "buracos" nos conhecimentos de tecnologias, principalmente aquelas que são mais exigidas em projetos de grandes complexidades. Não houve uma tendência muito definida nas respostas dos estudantes que não usam BIM, diferentemente das respostas dos estudantes que utilizam BIM, mas percebe-se nitidamente que há deficiências no aprendizado dos elementos construtivos quando se envolve o aço.

Para finalizar esse assunto sobre o aprendizado de tecnologia e suas aplicações nos projetos acadêmicos, perguntou-se se os estudantes entendem que

a carga horária do ramo tecnológico estaria adequada às necessidades dos seus projetos. A maioria, oito de um total de treze, respondeu que não, três afirmaram que sim e dois não souberam responder. Os três estudantes que afirmaram que a carga horária está adequada às práticas atuais dos projetos de arquitetura nas faculdades de arquitetura também responderam que seus projetos refletem o que eles aprenderam no ramo tecnológico, mas que tiveram dificuldades com algum tipo de tecnologia para aplicação ao projeto.

4.2.3 O uso da tecnologia e ferramenta digital no projeto arquitetura

Este item relaciona-se ao item 4 do questionário aplicado aos estudantes que não utilizam BIM. Apresenta sete perguntas (Planilha 20) e questiona sobre o ensino das tecnologias e suas aplicações à prática do projeto.

Esse grupo de perguntas relaciona-se com o item 5 do questionário aplicado aos estudantes que não utilizam BIM. Explora os usos da tecnologia e das ferramentas digitais nos projetos de arquitetura. Quase todas as perguntas desse grupo também foram feitas aos estudantes que usam BIM e, de certa forma, ainda aos professores. Então, as perguntas foram elaboradas para saber as diferenças e semelhanças, comparando-se as respostas com as dos estudantes que usam BIM.

Na primeira pergunta, cinco de um total de treze estudantes afirmaram que definem os materiais construtivos no início do projeto, oito afirmaram que não, ou seja, que essa decisão é deixada para um segundo plano, definindo-os em etapas posteriores.

Nº	ESTUDANTES QUE UTILIZAM NÃO USAM BIM	PUC GOIÁS			UEG			UFG			TOTAL		%					
		R1	S1	T1	U1	V1	R2	S2	T2	U2	R3	S3	T3	U3	SIM	NÃO	SIM	NÃO
5	Uso da tecnologia e o uso da ferramenta digital no projeto.																	
5.1	Você define os materiais construtivos no início do projeto?													5	8	29,41%	47,06%	
5.2	Você define a estrutura no início do projeto?													8	5	47,06%	29,41%	
5.3	Sente que lhe falta conhecimento mais aprofundado dos materiais construtivos?													11	2	64,71%	11,76%	
5.4	Falta mais conhecimentos para ser mais ousado?													11	2	64,71%	11,76%	
5.5	Essa tecnologia é a que você habitualmente utiliza em seus projetos?													10	3	58,82%	17,65%	
5.6	Você pesquisa soluções tecnológicas utilizadas em projetos de grandes complexidades?													9	4	52,94%	23,53%	

Planilha 20. Dados sobre o uso da tecnologia e o uso da ferramenta no projeto.

Dois oito estudantes que afirmaram, na segunda pergunta, que definem a estrutura no início do projeto, a metade também define os materiais no início do projeto. Outros quatro definem apenas a estrutura no início do projeto. O interessante é que, comparando as duas perguntas, um estudante tem as preferências inversas às da maioria ou do senso comum, ou seja, define os materiais no início e a estrutura em etapas posteriores. Outros quatro estudantes não definem nem materiais e nem estrutura no início do projeto.

Na terceira pergunta deste grupo, onze estudantes, de um total de treze, afirmaram que ainda lhes faltam conhecimentos mais aprofundados dos materiais construtivos. Destes, apenas três fazem parte dos respondentes que afirmaram que definem materiais construtivos no início de seus projetos. Outra combinação de onze estudantes, de um total de treze, informaram que lhes faltam mais conteúdos para serem ousados em seus projetos de arquitetura. Destes, seis estudantes afirmaram que definem estrutura no início do projeto e todos afirmaram que tiveram dificuldades em algum tipo de tecnologia. Mas, destes, dez estudantes entendem mesmo assim que o ensino das tecnologias de suas respectivas faculdades foi voltado para a execução do projeto de arquitetura.

Dez estudantes de um total de treze afirmaram que utilizam a tecnologia habitual em seus projetos acadêmicos. Destes, oito também afirmaram que pesquisam soluções tecnológicas em projetos mais complexos. Dois estudantes afirmaram que utilizam, normalmente, a tecnologia habitual e que não pesquisam soluções tecnológicas para projetos de grandes complexidades, mas afirmaram, em pergunta anterior, que o aprendizado não foi suficiente para aplicação nas diversas tipologias de projetos. Outros dois estudantes responderam não para as duas perguntas, ou seja, que não utilizam a tecnologia habitual e nem pesquisam soluções tecnológicas para fazer projetos de grandes complexidades, mas afirmaram em pesquisas anteriores que lhes faltam mais conhecimentos aprofundados dos materiais construtivos para serem mais ousados nos projetos.

4.2.4 Como você trabalha com elementos construtivos

Em relação às estruturas aplicadas ao projeto, esse grupo de seis perguntas (Planilha 22) explora como os estudantes que não utilizam BIM trabalham com elementos construtivos, mais especificamente as estruturas, em seus projetos de arquitetura nas faculdades. Esse grupo de pergunta está relacionado ao item 6 da pesquisa aos alunos sem BIM.

Nº	ESTUDANTES QUE UTILIZAM NÃO USAM BIM	PUC GOIÁS			UEG			UFG			TOTAL	%						
		R1	S1	T1	U1	V1	R2	S2	T2	U2		R3	S3	T3	U3	SIM	NÃO	SIM
6	Como você trabalha com elementos construtivos.																	
6.1	Você define apenas os pilares?													6	7	35,29%	41,18%	
6.2	Você define as vigas nos cortes?													10	3	58,82%	17,65%	
6.3	Você define a estrutura paralelamente a definição do projeto de arquitetura?													3	10	17,65%	58,82%	
6.4	Você define os elementos estruturais , separadamente, cada um a seu tempo?													8	4	47,06%	23,53%	
6.5	Você define os elementos de fechamento (encapsulamento) isoladamente?													4	9	23,53%	52,94%	
6.6	Ou conjuntamente, pois para você eles fazem parte do processo construtivo?													11	1	64,71%	5,88%	

Planilha 21. Aplicada aos estudantes que não utilizam BIM em seus projetos.

Na primeira pergunta, também feita aos estudantes que utilizam BIM, seis estudantes afirmaram que definem apenas os pilares, desses, quatro definem as vigas quando estão elaborando os cortes. Desses, apenas dois afirmaram que definem a estrutura no início do projeto. Outros sete, de um total de treze, afirmaram que não definem apenas as estruturas. Destes, seis afirmaram que definem as vigas nos cortes verticais, mas apenas quatro definem as estruturas no início do projeto. Desses quatro, apenas dois afirmaram também que lhes faltam mais conhecimento aprofundado para serem mais ousados nos projetos. Outros três afirmaram que não definem as vigas quando estão elaborando os cortes. Desses, dois disseram que lhes faltam mais conhecimento aprofundado de materiais construtivos para serem mais ousados nos seus projetos.

Em outra pergunta, apenas três, de um total de treze estudantes, afirmaram que definem a estrutura paralelamente ao desenvolvimento do projeto de arquitetura. Outros dez estudantes afirmaram que não definem a estrutura paralelamente ao desenvolvimento do projeto. Destes, seis afirmaram em perguntas anteriores que definem estrutura desde o início do projeto, apenas quatro pesquisam soluções tecnológicas para utilizarem em projetos mais complexos.

Oito de um total de treze estudantes afirmaram que definem elementos estruturais separadamente, cada um a seu tempo. Destes, seis definem as vigas nos cortes, quatro afirmaram que não definem apenas os pilares e apenas dois definem essa estrutura separadamente, cada elemento a seu tempo. Um estudante não soube avaliar, outros quatro estudantes afirmaram que não definem os elementos estruturais separadamente. Destes, dois afirmaram, em perguntas anteriores, que definem as vigas em corte, pesquisam soluções tecnológicas para projetos mais complexos e no início do projeto.

Nove estudantes, de um total de treze, afirmaram que não definem o encapsulamento isoladamente, ou seja, definem conjuntamente ao desenvolvimento do projeto, pois faz parte do processo construtivo. Outros quatro estudantes afirmaram que definem os encapsulamentos separadamente. Destes, apenas um afirmou que não os define em conjunto com o processo do projeto, pois não fazem parte do processo construtivo. Dois estudantes não souberam avaliar se definem isoladamente ou em conjunto como parte de um mesmo processo construtivo.

5 Considerações Finais

5.1 Sobre o tema

Na sociedade atual a comunicação virtual passa a ser um elo imprescindível nas relações interpessoais. O espaço físico não é mais tão relevante como foi no passado. A informática mudou as ações comportamentais, promoveu mudanças importantes no modo de vida das pessoas. Agora estamos vivendo a era da mudança do mundo analógico para o mundo digital. Nesse momento de transição praticamente tudo está se transfigurando, com uma velocidade nunca vista antes. O que passamos nos últimos vinte anos, com os avanços dos meios de informações, equivale a uma mudança de vários séculos na linha da história. É um momento sem precedentes.

As áreas de conhecimentos que dependem de conhecimento mais elaborado, como a medicina e o geoprocessamento, por exemplo, estão se transformando e se apropriando das novas descobertas. Ninguém, em sã consciência, quer fazer exames radiológicos com equipamentos ultrapassados. A arquitetura também experimenta essas mudanças, tanto no aspecto da velocidade da comunicação quanto nos procedimentos do trabalho dos profissionais e dos estudantes. Neste novo contexto tudo pode mudar: os velhos hábitos, as relações com outros profissionais das obras e principalmente com os clientes. Na arquitetura a lógica não será apenas mudar para acumular novas experiências, mas mudar a maneira de enxergar os novos meios, como ferramentas que ampliam as possibilidades e potencialidades. Para se relacionar com as novas tecnologias, haverá, num futuro muito próximo, a necessidade de novas habilidades extras, provavelmente novos e mais densos conhecimentos.

Se a profissão do arquiteto muda, inevitavelmente em algum momento a academia, que é a formadora dos novos profissionais, deve mudar também. O que ela precisa agora é saber, antecipadamente, qual o papel que assumirá neste novo contexto. Se de um agente ativo propulsor dos novos conhecimentos e integrar-se a eles, ou apenas de um agente passivo e entregue ao seu próprio tempo, o passado.

Hoje, o que se discute não é mais como essas ferramentas BIM serão introduzidas na arquitetura, mas de que lado do processo os arquitetos estarão. O

que se precisa saber é se eles dominarão os meios e coordenarão todo processo da cadeia produtiva, ou se ficarão a reboque, como “pobres” intermediários entre o projeto e o executor da obra. Então o papel das academias de arquitetura será o de aproximar o estudante do processo da fabricação do edifício e da tecnologia, para que os novos arquitetos assumam a sua verdadeira identidade de executor do edifício, como foi no passado distante.

Logicamente que não dá para antecipar e antever se os arquitetos reagirão a esses novos desafios, ou se perderão o posto de coordenador do processo construtivo, como era no passado, para os engenheiros civis. Ou, até quem sabe, se ambos perderão o espaço da fabricação do edifício para outros profissionais, muito provavelmente, novas categorias que serão parceiras, de última hora, das grandes corporações. Parece uma reflexão futurista, mas não o é. Nos últimos vinte anos, surgiram, em função de uma demanda crescente, mais de cem tipos de novas engenharias, inclusive ligadas as áreas da construção civil. Esta parece ser a última barreira para a desregulamentação das profissões de arquitetos e de engenheiros, o que não seria nenhuma novidade, pois a profissão de arquiteto só foi legalizada em 1966. Nesse período sofreu várias tentativas de desregulamentação, inclusive pela presidência da República, que no final do ano de 2011 normatizou o Conselho dos Arquitetos e urbanistas (CAU), uma reivindicação histórica.

Do Renascimento até os dias atuais o processo da projeção, incluído o da aprendizagem, ficou submetido ao desenho bidimensional, centralizador na representação, e da tomada de decisão. Ele tem baixo valor semântico e pode ser interpretado de diferentes maneiras, mesmo que alguns profissionais tenham uma grande capacidade de representação e apresentação. Nos últimos vinte anos, o que mudou, de fato, foi a inserção definitiva das ferramentas digitais bidimensionais CAD, melhorando, sem nenhuma sombra de dúvida, o processo do desenho. Ou na melhor das hipóteses, inserindo ferramentas intermediárias, como as modelagens genéricas, que não informam e nem agregam tecnologia e nem informações para a fabricação e a obra.

O que se pergunta é, para a própria sobrevivência dos arquitetos, qual será a sua participação nesse processo? Tudo dependerá desse momento de transição

que a profissão está vivenciando. Nesse ponto as escolas de arquitetura têm um papel fundamental. Mas que não se engane, há resistências enormes a serem transpostas. Os mais velhos e mais acostumados ao velho processo do desenho como o centro e protagonista do projeto tendem a resistir por muito tempo, provavelmente até o fim. Novos tempos necessitam de novas atitudes, é preciso “coragem” para implantar mudanças, incorporadas de muita tecnologia para serem concretizadas definitivamente.

Desde as primeiras civilizações na Mesopotâmia houve a preocupação do homem como sociedade com o fazer da arquitetura. Mais visivelmente na arquitetura dos grandes edifícios religiosos e dos palácios suntuosos ou até mesmo nas pequenas residências de abrigo às intempéries. A geometria e por consequência os desenhos sempre estiveram envolvidos, de uma maneira ou de outra, com o processo de representação da edificação. O desenho, tomado emprestado das artes e das pinturas rupestres, agregou-se como elemento de comunicação do fazer da arquitetura e durante dezenas de séculos permaneceu inalterado. Sofreu pequenas alterações na Idade Média, algumas mais substanciais no período do Renascimento e outras mais conceituais no Iluminismo de Descartes, mas sobreviveram quase que intactamente até os dias atuais, mais precisamente no final do século passado, antes da invasão das ferramentas CAD na vida do arquiteto.

Embora muitos autores renomados e já citados culpem o período do Renascimento como o responsável pela separação do arquiteto e da obra, não é um fato isolado e que se explique por si só. Foi um processo lento e contínuo que ainda traz consequências perigosas para a sobrevivência dos arquitetos. As influências das escolas de Belas Artes, chamadas por Otilia Arantes de “heranças malditas”, ainda são muito presentes na formação do arquiteto brasileiro, principalmente nas escolas mais tradicionais. É a linguagem, por um lado, da expressão artística enriquecida de percepção e por outra documental na forma, mas desvinculada do método de projetar. Não que isso seja de todo ruim, mas é que no passado os desenhos foram valorizados em excesso e se tornaram um ornamento bastante cultuado, em detrimento das outras áreas do saber. Foi o que se verificou com o uso das tecnologias na arquitetura, sobretudo no período da Revolução Francesa, com o

início das Escolas Politécnicas de Napoleão, que buscavam experimentar novos materiais, como o aço, para o uso nos edifícios.

As tarefas do processo ainda continuam centralizadas na produção do registro do projeto e menos no processo da concepção. Essa lógica não mudou, como se esperaria, com as ferramentas digitais CAD. Há uma grande dificuldade de se mudar os velhos hábitos, mesmo que os instrumentos sejam novos, diferentes e ofereçam outras vantagens mais interessantes.

A técnica da representação do desenho de arquitetura, moldada pelas novas ferramentas de modelagem tridimensionais BIM, coloca em discussão a atual validade às práticas tradicionais dos desenhos como centralizadores do processo do ensinar-aprender o projeto de arquitetura. Esse momento é, talvez, o mais enriquecedor e propício para mudanças profundas nos métodos e nas relações professores-alunos, mais pautadas no fazer do edifício, nas tecnologias e nos processos de fabricação.

Os novos meios digitais BIM não são uma adaptação dos desenhos de CAD, que também já foram uma adaptação dos velhos desenhos feitos à mão. O ambiente BIM é muito mais relevante e decisivo que os modelos tridimensionais utilizados por programas genéricos como o SketchUp, que não têm informações para o processo de execução da obra e da fabricação. Nesse novo cenário as ferramentas de modelagem genéricas terão o seu papel assegurado, mas, com toda certeza, não serão o de protagonista, condutor do processo do ensino-aprendizagem.

BIM facilitará a integração dos agentes e das várias etapas que fazem parte da fabricação do edifício, com menos possibilidades de erros. É um processo mais rápido, confiável e menos oneroso. A arquitetura está atrasada, em relação às outras áreas da indústria de transformação, no processo de aceitação das ferramentas BIM, há pelo menos quinze anos. Enquanto as escolas não descobrem o seu verdadeiro papel, os estudantes, ainda na sua minoria, buscam, fora das academias, alternativas de aprendizagem para o BIM, provavelmente induzidos pela mídia ou pelos escritórios de arquitetos particulares, ou em busca de estágios e de um aperfeiçoamento mais imediato.

Hoje, nas escolas de arquitetura, há um cenário bastante curioso, pois se de um lado alguns estudantes, por iniciativa própria, buscam as novas ferramentas digitais BIM para “resolver” os problemas de elaboração de projeto, por outro, os orientadores, pouco conhecedores das utilidades e possibilidades dos novos meios digitais, ficam receosos por não saberem se, de fato, os estudantes estão fazendo os seus projetos nos programas BIM ou se os programas estão “resolvendo” os trabalhos por eles. É um jogo de “preciosidades” de ambos os lados, pois se oficialmente não se pode “ser contrário” ao uso das ferramentas ditas “modernas”, também não se pode cobrar excessivamente o uso de elementos tão importantes no projeto dos estudantes que usam BIM, como é o caso das estruturas. Correm-se riscos excessivos se se descompensar a balança, comparativa, entre os estudantes que utilizam e os que não utilizam BIM. Então, a posição de neutralidade parece ser a posição mais “racional” a ser adotada pelos professores, pois não criariam situações de animosidades e nem passariam por constrangimentos, por não saberem o limite do uso e da cobrança aos estudantes que utilizam as ferramentas BIM.

Se as ferramentas estão ajudando os estudantes a produzirem resultados, quanto ao uso das estruturas, estão abaixo de suas possibilidades reais, então aqui neste ponto existe um problema a ser pesquisado. Essa preocupação pode ser percebida em praticamente todas as faculdades de arquitetura do Brasil, pois a inserção das ferramentas BIM, assim como aconteceu com as ferramentas CAAD, não está sendo acompanhada didaticamente nos resultados dos trabalhos, muito menos no processo projetual. O que se buscou nesta pesquisa foi averiguar se os poucos estudantes que utilizam as ferramentas BIM, mesmo que de maneira oficiosa, mostram dados relevantes quanto ao uso dos elementos estruturantes, estudados na academia durante o curso, em seus projetos de arquitetura.

Sabe-se que as ferramentas digitais BIM podem ser mais bem utilizadas como meio de aprendizagem de um modelo único voltado para o processo da fabricação do edifício, relacionando todas as áreas do conhecimento da arquitetura. Além dos benefícios óbvios de ganho de conhecimentos mais integralizados, poder-se-ia ter maior ganho de produtividade no projeto, além de se disponibilizar mais

tempo na concepção e produção do edifício, principalmente para obras complexas, como com o caso do arquiteto Frank Gehry. Pode-se alegar que os projetos de exceção sempre existiram, já foram mencionados neste trabalho, eram difíceis de representar e sua execução criaram verdadeiros arranjos construtivos, todos com materiais rígidos moldados no local. A excepcionalidade da forma fez com que os arquitetos criassem alternativas engenhosas para a construção, como foi também no passado, com Brunelleschi e a cúpula de Florença.

Hoje, com os novos meios digitais a estrutura passa a ter uma nova importância para o arquiteto. Os novos modelos incorporaram mais significativamente as soluções tecnológicas quase que obrigatoriamente, atendendo às exigências, além das propostas formais, o problema do desempenho e da construção. Os *softwares* atuais sintetizam e aperfeiçoam as soluções estruturais, analisando outros elementos da construção como a rigidez, peso e o custo da obra. É possível explorar variáveis com mais flexibilidade e dar credibilidade às soluções da exequibilidade por customização. Um modelo digital tridimensional do BIM é uma associação rica do edifício que contém todos os tipos de dados interessantes e úteis.

Existia uma expectativa, no início da pesquisa de campo, de que os resultados sistematizados explicassem como as diversas decisões, que se acumulam no processo do ensino do projeto, eram tomadas. Quais seriam, de fato, as prováveis interferências dos elementos estruturantes em ambiente BIM.

Os resultados apontam que os elementos que compõem a estrutura podem ser mais bem estudados quando se está no ambiente BIM. Dessa forma, uma opção seria descentralizar os estudos e, como processo, estimular uma maior intenção tecnológica na solução do edifício. Os próprios estudantes e até os professores afirmaram que alguns estudantes têm dificuldades com os elementos construtivos e não os resolvem satisfatoriamente, mesmo estando em ambiente BIM. As dificuldades dos estudantes de arquitetura com os elementos da tecnologia são recorrentes e comprometem as experimentações da forma e da criação do espaço.

5.2 Sobre a pesquisa

O que chamou mais a atenção em toda pesquisa, lido nas entrelinhas das entrevistas, foi a diferença entre o que os estudantes são capazes de fazer com as ferramentas BIM e o que os seus respectivos orientadores não sabem o que as ferramentas podem produzir. Nesse sentido, as ferramentas BIM podem estar mascarando as soluções tecnológicas dos edifícios, mostrando apenas conceitos mal resolvidos, mas com a aparência de trabalhos bem elaborados. Pura ilusão, não é o foco deste trabalho, mas que precisa ser mais bem investigado.

Caso o orientador não saiba exatamente o que se pode produzir com ferramenta BIM, principalmente com os estudos de massa, alunos medianos podem se passar por alunos excepcionais. É preciso ficar atento e não se abstrair do principal, pois estudantes podem procurar as ferramentas BIM apenas com a finalidade de ocultar, ou “suprir”, prováveis falhas de conhecimento em descritiva, representação projetiva e principalmente tecnológica. Isso não invalida, totalmente, os seus trabalhos, mas revela que as lacunas deixadas pelas ferramentas de desenho digital e os planos de ensino das faculdades de arquitetura brasileiras não podem ser preenchidos com atitudes artificiais, não é esse o propósito do BIM. Toda essa trama pode revelar-se um problema no futuro, pois que os professores, de uma maneira geral, não admitirão isso com muita facilidade, pois certamente não acreditam que os estudantes buscam as ferramentas BIM prioritariamente para obter os registros, pelo menos ficou claro nas respostas dos orientadores.

A pesquisa revelou que quase todos os professores não veem problemas com os desenhos gerados pelo BIM. Talvez nem seja esse o maior problema a ser resolvido, pois o BIM apenas gera o que foi modelado. Se o estudante modelou com ênfase nas estruturas elas vão aparecer e dar maior nitidez aos tão “necessários” desenhos. Mas se o estudante não modelou os elementos da estrutura em conjunto com a arquitetura, então o resultado certamente ficará também mal resolvido. O que pode se verificar nesses casos é os estudantes editarem os desenhos gerados no plano bidimensional e assim “esconderem” as falhas estruturais. Não é o

procedimento usual do BIM, mas pode ser feito e provavelmente os professores nem notarão as diferenças nos desenhos que foram editados.

Este é um erro que só ocorre porque as academias ainda insistem em centralizar os desenhos no processo projetual. Com as ferramentas BIM, esse procedimento chega a ser inapropriado, invalidando todo o esforço de aprendizagem do estudante. É preciso avançar o aprendizado nas análises do modelo e suas parametrizações, averiguar as reais propostas, dentro de um cenário tridimensional, mais apropriado para o ensino da arquitetura, diferentemente dos desenhos bidimensionais, que só geram dúvidas e são passíveis de diversas interpretações conceituais.

Em ambiente BIM, notadamente a construção dos modelos únicos elaborados pelos estudantes, leva-se muito pouco em consideração as relações construtivas de lajes, vigas e pilares. Há uma simulação por parte dos estudantes quando estão modelando, pois suprimem os elementos da estrutura, provavelmente por erros de aprendizagem das ferramentas BIM ou até mesmo por uma deficiência do aprendizado da tecnologia. É preciso averiguar melhor. Em trabalhos acadêmicos sempre houve uma “certa condescendência” com a falta de compromisso com o processo construtivo. Provavelmente porque essas disciplinas são ministradas em módulos diferentes, com pouca conexão com outras disciplinas curriculares correlacionadas do mesmo semestre as cadeiras de projeto de arquitetura.

Não há um controle por parte dos orientadores na execução do modelo BIM. Normalmente os estudantes trabalham em casa, sem orientação. Provavelmente o melhor cenário para os novos experimentos com BIM fosse um acompanhamento mais sistemático nas soluções das estruturas no modelo em ambiente BIM e até fora dele, mas infelizmente isso não é o que não ocorre nas faculdades de arquitetura. De sua parte, os estudantes afirmam que definem estrutura direto em BIM, mas que não têm a devida análise preliminar e nem as definem no início do processo da experimentação da forma. Por sua vez os orientadores, afirmaram, categoricamente, que as estruturas não aparecem nos projetos dos estudantes, como se esperaria, principalmente para os estudantes que utilizam as ferramentas BIM. Quando os

elementos estruturais aparecem nos projetos dos estudantes, se apresentam timidamente, sem uma coerência conceitual, por insistência do orientador, normalmente em postos-chaves dos projetos como escadas, elevadores e caixa d'água. Não fazem parte de um todo, estruturado, que deveria ter nascido com desenvolvimento conceitual do projeto.

Os estudantes se confundem nas respostas e não sabem afirmar, com precisão, como o processo projetual se dá. Também não revelam em que momento as estruturas são definidas, ou menos em que momento são “lançadas” as estruturas em seus modelos digitais. Mesmo que esse momento não fosse relevante, as pesquisas deveriam dar uma resposta mais clara, relevando o método de projeto, o que não se verificou. Só reforçam a falta de uma sintonia mais apurada entre os diversos saberes das disciplinas que compõem o plano pedagógico, pelo menos para o ambiente BIM, que “exige” mais compromisso tecnológico.

Normalmente, as estruturas deveriam aparecer com as primeiras ideias de projeto. O BIM permite isso, ou seja, que se faça uma concepção das estruturas separadas dos elementos de vedação, ainda que em ambiente de modelagem de massa. Os estudantes definem os encapsulamentos, provavelmente, no início em ambiente de massa conceitual e posteriormente migram para ambiente de projeto e os definem no projeto apenas como elemento conceitual e não como elemento estruturante. Mesmo que essa seja uma dificuldade histórica da praxe projetual das academias de arquitetura brasileiras, notam-se, mesmo que de forma tímida, sinais de mudanças importantes nos procedimentos metodológicos projetuais, pelo menos quanto ao uso das estruturas e dos materiais. Os estudantes, apesar de todas essas dificuldades, entenderam que o ambiente BIM “exige” que os projetos precisam obrigatoriamente de estrutura. Obviamente que estamos restringindo a pesquisa aos aspectos tecnológicos da estrutura e arquitetura, mas seria, em última instância, necessário incluirmos as outras áreas do processo construtivo como as instalações elétrica, hidro sanitário, lógica, incêndio, telefonia, eficiência energética e tantas outras.

Há, por certo, uma lacuna entre o que as ferramentas permitem fazer e o que se pode exigir dos estudantes que projetam em ambiente BIM. Esse limiar de compreensão é bastante tênue e só poderá ser superado se os professores se engajarem, mais uma vez, na ideia do modelo tridimensional digital BIM, como foi com ferramentas manuais de desenho e, de certa forma, também nas ferramentas CAD. É importante afirmar, mais uma vez, que as ferramentas de CAD e as ferramentas BIM são totalmente diferentes. Não é um processo apenas de adaptação, mas de um novo recomeço. Parece difícil compreender, mas é fundamental para o processo projetual, avançar em um novo sentido, o da construtividade!

Há alguns sinais importantes percebidos pelos professores, mais precisamente quanto à concepção dos projetos dos estudantes, principalmente nos elementos estruturantes. Ficou claro nas entrevistas que ela é influenciada pelas ferramentas BIM. Isso só ficaria muito evidente se ocorressem mudanças mais contundentes nos aspectos formais e de tecnologia em relação aos estudantes que não utilizam BIM. Caso contrário, passariam despercebidas. Talvez os estudantes, totalmente envolvidos no ambiente BIM, não percebam esse fenômeno com tanta nitidez como os orientadores, mas as mudanças começaram a ocorrer.

Embora BIM permita uma facilidade na escolha tecnológica em projetos de arquitetura, praticamente todos os estudantes optaram por usar o concreto moldado no local. A dificuldade não é tanto pelo uso das ferramentas em si, mas principalmente pela falta de conhecimento do uso da tecnologia. Optaram pelo uso de um determinado tipo de estrutura porque esta exige menos detalhamento entre as peças, ou seja, não precisariam ter um conhecimento mais aprofundado no processo da fabricação e da construção do edifício. Normalmente, mesmo sem muito detalhamento, os professores percebem a presença dos elementos construtivos e estruturantes nos projetos dos estudantes que utilizam BIM.

Alguns professores acreditam que as ferramentas BIM, de alguma forma, deem mais recursos aos estudantes para definirem tecnologia construtiva em seus projetos, só ainda não sabem dizer como isso acontece. Entendem que ainda falta conhecimento de tecnologia para os estudantes serem mais ousados nos projetos,

independentemente de estarem em ambiente BIM. Os professores, como conhecedores dos programas de ensino do respectivo curso de arquitetura, sabem que as cadeiras de tecnologia não estão em consonância com as disciplinas de projeto. Não existe uma programação correlata de aprendizagem entre os ramos.

Por outro lado, os estudantes entendem que o que eles aprenderam no ramo tecnológico não é suficiente para projetarem com eficiência, principalmente para os estudantes que atuam em ambiente BIM. Em determinados aspectos eles têm razão, pois no mesmo semestre os conteúdos necessários aos projetos podem ser ensinados apenas em outro semestre adiante, ou depois ainda. Afirmam também que a carga horária precisa ser aumentada, ou no mínimo adequada, e a disciplina ensinada levando-se em consideração os novos aspectos tecnológicos disponíveis em ambiente BIM. Os próprios estudantes que hoje trabalham com as ferramentas BIM admitem que antes usavam menos e de uma maneira diferente os elementos estruturais nos projetos de arquitetura. Agora podem organizar e aplicar mais conceito de tecnologia construtiva, mesmo tendo dificuldades na aplicação, conforme relataram nas respostas.

Necessariamente para se ter maior controle das ferramentas BIM é preciso de mais informações tecnológicas. Nisso os estudantes e professores concordam e admitem. Admitem também que BIM desafiou e estimulou os alunos a utilizarem cada vez mais tecnologias construtivas e volumétricas em seus projetos de arquitetura. Esse é um aspecto válido, pois mesmo que de uma maneira ainda incipiente percebem-se resultados significativos para o amadurecimento das relações professores e estudantes no ambiente BIM e conseqüentemente nos projetos acadêmicos.

Ficou compreendido que os estudantes mudaram muito mais nos aspectos conceituais da forma, principalmente por utilizarem as ferramentas de massa conceitual, do que por uma resposta na mesma proporção da solução tecnológica construtiva, principalmente da estrutura e encapsulamento. Não é possível afirmar que essa desproporção seja simplesmente por deficiências do aprendizado do ramo tecnológico. De qualquer modo, concordam que o que foi visto no ramo tecnológico

seja compatível com as ferramentas BIM. Claro que são, pois os elementos conceituais das estruturas são os mesmos. Trelças de madeira ou de metal, pilares, vigas e lajes de concreto têm o mesmo conceito de forças, embora os materiais, os cálculos, peso e volume sejam diferentes. Mas discordam quanto à forma como são aplicados os conteúdos do ramo tecnológico e a quantidade de horas/aula.

Os aspectos da construtividade, como a correta especificação do material para a fabricação, precisão na elaboração do projeto e também a compatibilidade entre os diversos tipos de projetos necessários para execução da obra, não são tão exigidos em projetos acadêmicos, nem mesmo no que tange à coerência tecnológica, como detalhamento da estrutura metálica, por exemplo. Talvez seja essa uma das maiores deficiências do ensino brasileiro de arquitetura, ou seja, formar os novos profissionais sem terem um conhecimento mais aprofundado da cadeia do processo da fabricação do edifício, salvo algumas raras exceções.

Normalmente os currículos e os programas pedagógicos das faculdades de arquitetura estão muito mais voltados para a formação do agenciador de espaço do que para ser um construtor de obra de arquitetura. Talvez por uma consciência das próprias limitações de tempo e carga horária para o aprendizado, ou até mesmo pelas próprias consequências distantes dos desenhos Renascentistas, como já comentado anteriormente. Se o aprendizado ficar centrado nos aspectos da representação do projeto, principalmente os bidimensionais, em detrimento da obra, os resultados serão parciais e encerrar-se-ão em si próprios.

As históricas incongruências das representações bidimensionais, se tinham um propósito definido, já completaram o seu papel, mas que hoje não servem às novas expectativas da produção de mercado. Essas incongruências, Jon Pittman, vice-presidente da Autodesk, chamou-as de ambiguidade proposital, retirando do autor do projeto a obrigação da assertividade do projeto e consequentemente transferindo a responsabilidade para o executor da obra. O que mais se vê nos canteiros de obras são outros profissionais resolvendo problemas que deveriam estar claros nos projetos ou resolvidos pelo próprio arquiteto.

Mesmo o Brasil, um país atrasado tecnologicamente no processo de produção do edifício, está passando por um processo de mudanças. As obras das Olimpíadas e da Copa do Mundo de Futebol e outras obras de exceção, alavancadas pelo momento econômico, estão incorporando aspectos tecnológicos da produção dos edifícios que irão reverberar por muito tempo no nosso meio de produção e fabricação do espaço.

5.3 Conclusão

Para concluir o trabalho é preciso fazer uma análise e responder definitivamente se há evidências suficientes no uso adequado dos elementos estruturantes e construtivos dos afazeres dos estudantes que utilizam BIM, para credenciar as ferramentas BIM e nortear os novos caminhos das academias diante desses tempos de transição. Nos relatos das entrevistas e das observações ponderaram-se os vários aspectos que orbitam em torno desse assunto: a formação continuada das estruturas, os métodos empregados no processo projetual e o aprendizado das ferramentas BIM, enfim todo um conjunto de vários outros aspectos que estão relacionados entre si.

Os estudantes que utilizam BIM, diga-se de passagem, por opção individual ainda não têm um referencial a ser seguido, pois ainda não se formularam parâmetros norteadores mostrando os aspectos relevantes e essenciais na montagem dos modelos parametrizados BIM. Poucas universidades brasileiras têm, por exemplo, laboratórios bem equipados, com as várias possibilidades de prototipagem, e um centro de experimentos digital das estruturas.

Então, nesse contexto poder-se-ia medir com mais precisão se as ferramentas BIM estariam, de fato, fazendo a reconstrução prévia da obra integrando os diversos conhecimentos do fazer do arquiteto e da obra. Mas, mesmo assim, sem as devidas condições ideais é possível afirmar que os estudantes, com todas as dificuldades já relatadas, mostram, mesmo que de maneira ainda incipiente, evidências de que BIM está conectando os conhecimentos da tecnologia,

mais precisamente os elementos da estrutura, aos arranjos dos conceitos que envolvem a forma na arquitetura.

Os orientadores precisariam conhecer melhor as ferramentas BIM para assessorar os estudantes com mais informação das possibilidades das ferramentas BIM. As disciplinas de tecnologias precisariam estar mais integradas a cadeiras de projetos, sincronizadas com as exigências projetuais. Então o propósito foi, mesmo nessas condições, investigar evidências que mostrassem que as ferramentas devem ser utilizadas nos estudos e no aprendizado do projeto para ampliar as possibilidades, sem subterfúgios ambíguos, dos elementos estruturais e tecnológicos da construção na arquitetura, mesmo em ambiente acadêmico. *A resposta da pesquisa aponta que sim, há evidências suficientes de que os estudantes que utilizam BIM compreendem melhor os conceitos dos elementos estruturais e os utilizam com mais propriedade.* Mas, é preciso estar atento para que a aprendizagem esteja relacionada as ferramentas, garantindo a construtividade da obra, caso contrário as poderosas ferramentas BIM, poderão afastar mais ainda o arquiteto do processo da obra, ou seja da verdadeira arquitetura.

Mostra principalmente que há uma preocupação no processo da construção, na escolha da tecnologia, muito mais acentuada do que entre aqueles estudantes que não utilizam BIM. Podem-se até levantar outros aspectos que poderiam estar influenciando além das ferramentas BIM, como o desempenho acadêmico do estudante, mas que não foi considerado, tendo em vista a falta de parâmetros para aferição dos resultados. BIM está colaborando para a construção de um novo ambiente no aprendizado da arquitetura, mais solidário, mais tecnológico e mais interligado entre as suas representações.

6 Referências

6.1 Obras citadas

AISH, Robert. Extensible computational design tools for exploratory architecture. KORALEVIC, B. *Architecture in digital age: design and manufacturing*. 2. ed. New York: Spon Press & Grafos, 2009. p. 244-252.

AKIN, O.; LIN, C. Design protocol data and novel design decisions. In: CROSS, N.; CHRISTIAANS, H.; DORST, K. *Analysing design activity*. West Sussex: John Wiley & Sons, 1996.

ARANTES, O. B. *O urbanismo em fim de linha e outros estudos sobre o colapso da modernização arquitetônica*. 2. ed. rev. São Paulo: Ed. USP, 2001.

CAIXETA, L. M. *O processo de aprendizagem e o atual uso das ferramentas digitais pelos arquitetos*. 2007. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, 2007.

CELENTO, D. Innovate or perish: new technologies and architecture's future. In: COSER, R. *Fabricating architecture*. New York: Princeton Architectural Press, 2010. p. 56-83.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A.; DA SILVA, R. *Metodologia científica*. 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

COSER, R. Rare readings: looking back at recent discourse in emerging technologies. In: COSER, R. *Fabricating architecture*. New York: Princeton Architectural Press, 2010. p. 11-19.

COSTA, M. C. *Sociologia: introdução à ciência da sociedade*. São Paulo: Moderna, 2005.

CROSS, N. *Design cognition: results from protocol and other empirical*. 2001. Disponível em: <usa.arch.gatech.edu:http://usa.arch.gatech.edu/old/Coa6763/Readings/Cross%20-%20Design%20Cognitionfinal.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2011.

EASTMAN, C. et al. *BIM hand book: a guide to building information modeling for owners, engineers, and contractors*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2008.

FOX, M.; KEMP, M. *Interactive architecture*. 1. ed. New York: Princeton Architectural Press, 2009.

FRAMPTON, K. *História crítica da arquitetura moderna*. Tradução: Jefferson Luiz Camargo. São Paulo: Martins Fontes, 1997.

- GARBER, C. Optimisation stories: the impact of building information modeling on contemporary design practice. *Architeturat Design: Closing the Gap: Information Models in Contemporary Design Practice*, p. 6-13, March 2009.
- GAUCHAT, U. The \$ 300,000/year Architect. *Architeturat Design: Closing da Gap: Information Models In Contemporary Design Practice*, p. 32-37, March 2009.
- GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4. ed. 9. reimpr. São Paulo: Atlas, 2007.
- GLANCEY, J. *A história da arquitetura*. São Paulo: Loyola, 2001.
- GOULTHORPE, M. Scott points: exploring principles of digital creativity. In: KORALEVIC, B. *Arquitecture in digital age: design and manufacturing*. 2. ed. New York: Spons Press & Grafos, 2009. p. 163-180.
- GRAEFF, A. E. *Arte e técnica na formação do arquiteto*. São Paulo: Studio Nobel e Fundação Vilanova Artigas, 1995.
- GRAEFF, A. E. *Uma sistemática para o estudo da teoria da arquitetura*. Goiânia: Trilhas Urbanas, 2006.
- GREENFIELD, A. *Everyware: the dawning age of ubiquitous computing*. Berkely: New Riders, 2006.
- HADID, Z. *Zaha Hadid*. New York: The Solomon R. Guggenheim Foundation, 2006.
- IWAMOTO, L. *Digital fabrications: architectural and material techniques*. New York: Princeton Architectural Press, 2009.
- KATINSKY, J. R. Preliminares a um estudo futuro de Vitruvius. In: POLIÃO, M.V. *Da arquitetura*. São Paulo: Hucitec, 1997. p. 8-127.
- KLOFT, H. Engineering of freeform architecture. In: CORSER, R. *Fabricating architecture* New York: Pricenton Architectural Press, 2010. p. 110-127.
- KORALEVIC, B. *Arquitecture in digital age: design and manufacturing*. 2. ed. New York: Spons Press & Grafos, 2009.
- KRYGIEL, E. Using building information modeling for performance based design. In: CORSER, R. *Fabricating architecture*. New York: Princeton Architectural Press, 2010. 42-55.
- KUHN, T. S. *A estrutura das revoluções cietíficas*. 5. ed. São Paulo: Perspectivas, 2000.
- LAWRENCE, A. W. *Arquitetura grega*. Tradução: Maria Luiza Moreira de Alba. São Paulo: Cosac & Naify, 1998.

LAWSON, B. *What designers know*. Oxford: Ed. Architectural Press, 2004.

LÉVY, P. *As tecnologias da inteligência*. Tradução: Carlos Irineu da Costa. Rio de Janeiro: Ed. 34, 2004 (Coleção Trans, 13).

LLOYD, P.; BRIAN, L.; SCOOT, P. Can concurrent verbalization reveal design cognition? In: CROSS, N. *Analysing design activity*. West Sussex: Ed. John Wiley & Sons, 1996.

LUEBKEMAN, C. Performance: based design. In: KORALEVIC, B. *Architecture in digital age: design and manufacturing*. 2. ed. New York: Spons Press & Grafos, 2009.

MAINTLAND, B. Problem-based learning for architecture and construction management. In: BOUD, D.; FELETTI, G. *The challenge of problem-based learning*. 2. ed. London: Kogan Page, 1991. p. 211-217.

MENGES, A. Instrumental geometry. In: CORSER, R. *Fabricating architecture*. New York: Princeton Architectural Press, 2010. p. 22-41.

MONTANER, J. M. *A modernidade superada: arquitetura, arte e pensamento do século XX*. Barcelona: Gustavo Gili, 2001.

NEGROPONTE, N. *A vida digital*. Tradução: Sérgio Tellaroli. Supervisão técnica: Ricardo Rangel. São Paulo: Companhia das Letras, 1995.

PHILLIPS, E.; PUGH, D. S. *How to get a PHD: a handbook for students and their supervisor*. 4.th ed. Buckinghamshire: Open University Press, 2005.

PITTMAN, J. Building information modeling: current challenges and future directions. In: KORALEVIC, B. *Architecture in digital age: design and manufacturing*. 2. ed. New York: Spons Press & Grafos, 2009. p. 253-267.

POLIÃO, M. V. *Da arquitetura*. Tradução e notas de Marco Aurélio Logonegro. São Paulo: Hucitec, 1999.

ROBBINS, E. *Why architects draw*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 1997.

SAFFER, D. *Designing for interaction*. Berkeley: New Riders, 2010.

SAGGIO, A. Other challengers. In: KORALEVIC, B. *Architecture in digital age: design and manufacturing*. 2. ed. New York: Spons Press & Grafos, 2009. p. 229-242.

SANTOS, A. R. *Metodologia científica: a construção do conhecimento*. 7. ed. Rio de Janeiro: Lamparina, 2007.

SILVA, A. M. *De Sansedoni a Vasari: o desenho como fundamento do processo conceptual em arquitetura*. Lisboa: Universidade Lusíada, 2010.

SZALAPAJ, P. *Contemporary architecture and the digital design process*. Oxford: Elsevier, 2005.

VIRILIO, P. *O espaço crítico*. Rio de Janeiro: Ed. 34, 1993 (Coleção Trans).

WHITEHEAD, H. Laws of form. In: KORALEVIC, B. *Architecture in digital age: design and manufacturing*. 2. ed. New York: Spons Press & Grafos, 2009. P. 81-100.

WILLIS, D.; WOODWARD, T. Diminishing difficulty. In: CORSER, R. *Fabricating architecture*. New York: Princeton Architectural Press, 2010. p. 178-213.

YESSIOS, C. Is there more to come? In: KORALEVIC, B. *Architecture in digital age: design and manufacturing*. 2. ed. New York: Spons Press & Grafos, 2009. p. 259-267.

ZEVI, B. *Saber ver a arquitetura*. São Paulo: Martins Fontes, 1996.

6.2 Outras referências

AZEVEDO, E.; CONCI, A. *Computação gráfica: teoria e prática*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

BAHAMÓN, A. *Sketch, plan, build: world class architects show how it's done*. New York: Harper Collins Publishers, 2005.

BANHAM, R. *Teoria e projeto na primeira era da máquina*. [1. ed. 1960]. 3. ed. São Paulo: Perspectiva, 2003.

BRAYER, M.-A.; MIGAYROU, F.; NANJO, F. *Archilab's urban experiments: radical architecture, art and the city*. London: Thames & Hudson, 2005.

CORDEIRO, D. *Ciência, pesquisa e trabalho científico*. Goiânia: Ed. UCG, 1997.

DOLLENS, D. *De lo digital a lo analógico*. Santa Fé: Sites Books, Lumen Inc., 2001.

DUARTE, F. *Arquitetura e tecnologias de informação: da revolução industrial à revolução digital*. São Paulo: Ed. Unicamp, 1999.

FAWCETT, P. A. *Arquitetura: curso básico de proyectos*. Barcelon: Gustavo Gil, 1999.

GRAEFF, A. E. *O edifício: cadernos brasileiros de arquitetura*. São Paulo: Projeto, 1979.

Hani, R.; COUTURE, L. A. *Flux Asymptote*. London: Phaidon Press, 2002.

HOUAISS, A. *Dicionário eletrônico*. Versão 1.0a. Rio de Janeiro: Objetiva, 2002.

- KLICZKOWSKI, H. *Arquitetura alternativa*. Barcelona: LOFT Publications, 2002.
- LAWSON, B. *Design in mind*. Oxford: Architectural Press, 1994.
- LAWSON, B. *How designers think: the design process demystified*. 4. ed. Oxford: Elsevier, 2006.
- LONGMAN, A. W. *Dictionary of American English*. 2. ed. New York: Longman, 2000.
- MACHADO, S. R.; MELUL, M. *Computação gráfica em escritórios de projetos informatizados*. Rio de Janeiro: Braspor, 2005.
- MARTINEZ, A. C. *Ensaio sobre o projeto*. Tradução de Ane Lise Spaltemberg. Brasília: Ed. UnB, 2000.
- MASCARÓ, J. L. *O custo das decisões arquitetônicas*. 3. ed. Porto Alegre: Masquatro Editora, 2004.
- MELUL, M.; MACHADO, S. R. *Computação gráfica em escritórios de projetos informatizados*. Rio de Janeiro: Brasport, 2005.
- MILLS, C. B. *Projetando com maquetes*. Tradução de Alexandre Salvaterra. 2. ed. Porto Alegre: Bookman Companhia, 2007.
- PELLEGRINO, P. et al. *Arquitetura e informática*. Barcelona: Gustavo Gili, 1999.
- PIAZZALUNGA, R. *A virtualização da arquitetura*. Campinas: Papiru, 2005.
- RAUPP, M.; REICHLÉ, A. *Avaliação: ferramenta para melhorar projetos*. Santa Cruz do Sul: Edunisc, 2003.
- SILVA, E. *Uma introdução ao projeto arquitetônico*. 2. ed. Porto Alegre: Universidade UFRGS, 1998.
- SILVA, M. A. *Normas para elaboração e apresentação de trabalhos acadêmicos na UCG*. Goiânia: Ed. UCG, 2005.
- SPUYBROEK, L. *Nox*. New York: Thames & Hudson, 2004.
- STEELE, J. *Arquitectura y revolución digital*. Barcelona: Gustavo Gili, 2001.
- STUNGO, N. Frank Gehry. London: Carlton Books, 1999.
- VENTURI, R. *Complexidade e contradição em arquitetura*. Tradução Álvaro Cabral. 2. ed. São Paulo: Livraria Martins Fontes, 2004.
- VIRILIO, P. *A máquina da visão*. Tradução de Paulo Roberto Pires. Rio de Janeiro: José Olympio, 1994.
- ZEIN, R. V. *O lugar da crítica: ensaios oportunos de arquitetura*. Porto Alegre: ProEditores, 2001.

6.3 Revistas especiais, Artigos, Anais, vídeos e Periódicos

- Neo Architecture – *Manuelle Gautrand*: Images publishing. Austrália, 2005.
- Neo Architecture – *Studio 8 Architects, cjLIM*: Images Publishing, Austrália, 2005.
- CATALOGUE. *Foster and Partners*. Prestel, London, 2005.
- SIGRADI. *Do moderno ao digital*. São Paulo: Comdesenho, 2009.
- *10x10*: Phaidon Press Limited, London, 2000.
- *Design Cognition: results from protocol and other empirical studies of design activity*, Oxford, 2001, Nigel Cross. Departamento of Design of Innovation. The Open University Milton Keynes, UK.
- Esboços de Frank Gehry, Documentário. Sidney Pollack, participação de Dennis Hopper. EUA, 2005.

6.4 Sites pesquisados

- <http://www.vitruvius.com.br>
- <http://www.ulusiada.pt/>
- <http://www.momahomedelivery.org/>
- <http://www.boeing.com/>
- <http://www.gehrytechnologies.com/>
- <http://www.fosterandpartners.com/Practice/Default.aspx>
- <http://www.iba-bv.com/>
- <http://www.univ-paris1.fr/>
- <http://www.unb.br/>

- <http://www.3ds.com/solutions/>
- <http://www.archdaily.com.br/>
- <http://www.piniweb.com.br>
- <http://www.laphil.com/>
- <http://www.sydneyoperahouse.com/>
- www.villalarotonda.it

7 Anexos

Nº	sim não ñ sei			SISTEMATIZAÇÃO RESPOSTAS COM BIM	PUC GOIÁS					UEG					UFG						
					A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
				ASSUNTO	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
3				Dados sobre o uso e aprendizagem de BIM.																	
3.1				Apreendeu BIM a menos de 1 ano?																	
3.2				Apreendeu BIM a mais de 2 anos?																	
3.3				Apreendeu BIM na faculdade?																	
3.4				Já usou BIM antes deste projeto?																	
3.5				Já usou BIM para fazer prototipagem?																	
3.6				Você conhece outros programas de BIM?																	
3.7				Você conhece (utiliza) outros programas que fazem somente a modelagem?																	
				ASSUNTO	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
4				Dados sobre o uso da ferramenta no trabalho.																	
4.1				Você acredita que conheça mais de 70% dos comandos do BIM?																	
4.2				Faz os projetos no BIM, prioritariamente, para obter plantas (registro)?																	
4.3				Você utiliza render do BIM para apresentar o projeto?																	
4.4				Você faz animação em BIM para apresentação ?																	
4.5				Você utiliza, exclusivamente, BIM para projetar?																	
				ASSUNTO	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
5				Sobre a sua maneira de trabalhar com BIM																	
5.1				Você define a o projeto de arquitetura, inicialmente, em ambiente BIM?																	
5.2				Você define a estrutura direto no programa BIM?																	
5.3				Você define a estrutura no início do projeto?																	
5.4				Este momento(5.1) é independente de estar usando a ferramenta BIM ?																	
5.5				Você define os materiais construtivos direto no BIM?																	
5.6				Você define os materiais construtivos no início do projeto?																	
				ASSUNTO	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
6				Escolha da tecnologia																	
6.1				A escolha da tecnologia em BIM é a mesma quando não utiliza BIM ?																	
6.2				É mais fácil definir tecnologia quando se está em ambiente BIM?																	
6.3				A ferramenta BIM te dá mais opções para definir a tecnologia?																	
6.4				Você tem dificuldades em definir a tecnologia no ambiente BIM?																	
				ASSUNTO	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
7				No processo de definição dos elementos construtivos em BIM																	
7.1				Você utiliza todos os seus conhecimentos aprendidos no ramo tecnológico?																	
7.2				Falta conhecimento mais aprofundado de estruturas?																	
7.3				Falta conhecimento mais aprofundado dos materiais construtivos?																	
7.4				Falta mais conhecimentos para ser mais ousado nos projetos?																	
7.5				Falta algum conhecimento seu sobre as ferramentas BIM de para aplicá-los?																	
7.6				No projeto, a exigência de conhecimento é igual quando se utiliza BIM?																	
7.7				Você percebe a presença de estrutura no seu projeto quando usa BIM?																	
7.8				Você percebe a mesma presença (7.7) quando não usava BIM?																	
				ASSUNTO	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
8				sobre os conhecimentos de tecnologia																	
8.1				Hoje, você entende que utilizava tecnologia em projetos antes de usar BIM?																	
8.2				Você percebe que utiliza mais tecnologia nos seus proj. agora com o BIM?																	
8.3				Você domina um tipo de tecnologia mais que outros?																	
8.4				Essa tecnologia é a que você habitualmente utiliza em seus projetos?																	
8.5				BIM, em seus projetos desafiou seus conhecimentos sobre as tecnologia?																	
8.6				Você precisou de mais informação tecnológicas para usar BIM?																	
8.7				BIM, mudou a maneira como você define os elementos estruturais do projeto?																	
				ASSUNTO	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
9				A forma como aprendeu sobre o processo construtivo e BIM?																	
9.1				Os aprendizados de tecnologia convencionais e o uso do BIM são compatíveis?																	
9.2				Você percebe que é importante aprender sobre tecnologia primeiro?																	
9.3				Você percebe que deve-se aprender BIM antes de conhecer sobre tecnologia?																	
9.4				Você acha viável que se aprenda os conteúdos (9.1) juntos e sincronizados?																	
9.5				Você acredita que a compatibilização de proj. seja possível em ambiente BIM?																	
9.6				Você acredita que a compatibilização seja mais difícil fora do ambiente BIM?																	
				ASSUNTO	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
10				Dados sobre os elementos construtivos no projeto na definição do projeto																	
10.1				Você define inicialmente apenas os pilares em seus projetos?																	
10.2				Você define toda a estrutura de uma única vez?																	
10.3				Você define os elementos estruturais, em momentos (etapas) separados?																	
10.4				Você define os elementos de vedação (encapsulamento) isoladamente?																	
10.5				Ou para você eles(10.4) fazem parte do processo construtivo?																	
				ASSUNTO	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
11				Dados sobre os elementos construtivos no projeto na definição do projeto																	
11.1				Você entende que aprendeu todo tipo de tecnologia para aplicá-los em BIM?																	
11.2				Durante o seu curso, você teve dificuldades com algum tipo de tecnologia?																	
11.3				Você entende que o seu curso de tecnologia foi voltado para a prática do projeto?																	
11.4				Os seus projetos refletem o que foi ensinado no ramo tecnológico do seu curso?																	
11.5				Você entende que a carga horária de tecnologia está adequada as praticas do projetos atuais, utilizando BIM?																	

Anexo A. Estudantes que utilizam BIM em seus trabalhos acadêmicos de arquitetura.

Nº	sim não ã sei			SISTEMATIZAÇÃO RESPOSTAS, S/ USO DE BIM	PUC GOIÁS					UEG			UFG				
					R1	S1	T1	U1	V1	X1	R2	S2	T2	U2	R3	S3	T3
				ASSUNTO													
3				Dados sobre o uso de software em projetos acadêmicos.													
3.1				Você escolheu trabalhar com este programa por ser o seu programa habitual?													
3.2				Você escolheu este software por ser o mais adequado para o tipo de trabalho?													
3.3				Você conhece e sabe trabalhar com outros software de CAD?													
3.4				Você utiliza outro software para complementar seus trabalhos?													
3.5				Você conhece (utiliza) outros programas que fazem somente a modelagem?													
3.6				Você entende que este software que você utiliza é adequado para qualquer tipo de tarefa?													
3.7				Você conhece ou ouviu falar de tecnologia BIM?													
				ASSUNTO													
4				o que se aprende e o que se usa nos projetos acadêmicos.													
4.1				O que você aprendeu no ramo tecnológico, utiliza nos seus projetos acadêmicos?													
4.2				Este aprendizado foi suficiente para aplicar nas diversas tipologias de projetos?													
4.3				Durante o seu curso, você teve alguma dificuldade com algum tipo de tecnologia?													
4.4				Você entende que o seu curso de tecnologia foi voltada para a prática do projeto?													
4.5				Os seus projetos refletem o seu conhecimento sobre a tecnologia aprendida no seu curso?													
4.6				Você domina um tipo de tecnologia mais que outros?													
4.7				A carga horária de tecnologia está adequada as necessidades da pratica do projeto atuais?													
				ASSUNTO													
5				Uso da tecnologia e o uso da ferramenta digital no projeto.													
5.1				Você define os materias construtivos no inicio do projeto?													
5.2				Você define a estrutura no inicio do projeto?													
5.3				Sente que lhe falta conhecimento mais aprofundado dos materias construtivos?													
5.4				Falta mais conhecimentos para ser mais ousado?													
5.5				Essa tecnologia é a que você habitualmente utiliza em seus projetos?													
5.6				Você pesquisa soluções tecnológicas utilizadas em projetos de grandes complidades?													
				ASSUNTO													
6				Como você trabalha com elementos construtivos.													
6.1				Você define apenas os pilares?													
6.2				Você define as vigas nos cortes?													
6.3				Você define a estrutura paralelamente a definição do projeto de arquitetura?													
6.4				Você define os elementos estruturais, separadamente, cada um a seu tempo?													
6.5				Você define os elementos de fechamento (encapsulamento) isoladamente?													
6.6				Ou conjuntamente, pois para você eles fazem parte do processo construtivo?													

Anexo B. Estudantes que não utilizam BIM em seus trabalhos acadêmicos de arquitetura.

Nº	SISTEMATIZAÇÃO RESPOSTAS COM BIM	PUC GOIÁS				UEG				UFG	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	ASSUNTO										
3	Dados sobre os software utilizado.										
3.1	Voce conhece o programa de BIM utilizado pelo aluno?										
3.2	Você já orientou outros alunos que utiliza BIM antes deste projeto?										
3.3	Você conhece outros programas de BIM?										
3.4	Você conhece outros programas de Modelagem?										
	ASSUNTO										
4	Dados sobre o uso da ferramenta pelo aluno.										
4.1	O aluno utiliza BIM para projetar?										
4.2	O aluno utiliza render do BIM para apresentar o projeto?										
4.3	Faz animação em BIM para apresentação ?										
4.4	O aluno faz os projetos no BIM, prioritariamente, para obter plantas (registro)?										
4.5	As plantas geradas pelo aluno que utilizam programas BIM são compreensivas?										
	ASSUNTO										
5	Sobre a maneira de projetar.										
5.1	Ele define a o projeto de arquitetura, inicialmente, em ambiente BIM?										
5.2	Ele define a estrutura direto no programa BIM?										
5.3	Ele define a estrutura no inicio do projeto?										
5.4	Ele define os materias construtivos direto no BIM?										
5.5	O aluno que usa BIM, define materiais construtivos no inicio do projeto?										
5.6	O aluno que não usa BIM, define estrutura no inicio do projeto?										
5.7	O aluno que não usa BIM, define os materiais no inicio do projeto?										
	ASSUNTO										
6	Escolha da tecnologia										
6.1	Neste projeto, a escolha da tecnologia pelo aluno definiu o partido arquitetônico.										
6.2	A escolha da tecnologia neste projeto é a mesma quando não utiliza BIM ?										
6.3	Comparativamente, o aluno que utiliza BIM, no processo de projeção define a tecnologia antes do aluno que não utiliza?										
6.4	Voce percebe que o aluno que utiliza BIM tem mais recursos para definir a tecnologia?										
6.5	Voce percebe que este aluno que utiliza BIM sabe mais sobre tecnologia para utilizá-la que o aluno que não usa BIM?										
	ASSUNTO										
7	No processo de definição dos elementos construtivos em BIM										
7.1	O aluno utiliza todos os seus conhecimentos aprendidos no ramo tecnológico, na hora de projetar?										
7.2	Na solução tecnológica do projeto, falta conhecimento mais aprofundado de estruturas?										
7.3	Falta conhecimento mais aprofundado dos materias construtivos?										
7.4	Falta mais conhecimentos para ser mais ousado nos projetos?										
7.5	Voce entende que falta mais conhecimento do aluno sobre as ferramentas BIM de para aplicá-los?										
7.6	No projeto, a exigência de conhecimento sobre tecnologia é igual quando se utiliza BIM?										
7.7	Você percebe a presença de estrutura no projeto quando usa BIM?										
7.8	Você percebe a mesma presença (7.7) quando não usava BIM?										
	ASSUNTO										
8	Sobre os conhecimentos de tecnologia do aluno										
8.1	BIM, desafiou os conhecimentos do aluno sobre as tecnologia?										
8.2	O aluno precisou de mais informação tecnológicas da construção para usar BIM?										
8.3	Com BIM, o aluno domina um tipo de tecnologia mais que outros?										
8.4	E o aluno que não usa BIM, domina mais um tipo de tecnologia do que outro?										
8.5	Você precisou de mais informação tecnológicas para orientar o aluno que usa BIM?										
8.6	BIM interferiu na maneira como o aluno define os elementos estruturais do projeto?										
8.7	BIM interferiu na maneira como o aluno define os partido arquitetônico?										
	ASSUNTO										
9	A forma como aprendeu sobre o processo construtivo e BIM?										
9.1	Os aprendizados de tecnologia convencionais e o uso do BIM são compatíveis?										
9.2	Você percebe que é importante o aluno aprender sobre tecnologia primeiro?										
9.3	Você percebe que deve-se aprender BIM antes de conhecer sobre tecnologia?										
9.4	Com BIM, voce acha possível aplicar P.B.L no atellier de projeto?										
9.5	Sem BIM, voce acha possível aplicar P.B.L no atellier de projeto?										
	ASSUNTO										
10	Dados sobre os elementos construtivos no projeto na definição do projeto.										
10.1	De uma maneira geral, você percebe que os alunos têm dificuldades com algum tipo de tecnologia?										
10.2	Os alunos que utilizam BIM tem maior domínio em tecnologia dos que não utilizam BIM?										
10.3	Você entende que o curso de tecnologia da sua Faculdade de Arquitetura é voltado para a prática do projeto de arquitetura?										
10.4	Os projetos dos alunos, de uma maneira geral, refletem o que foi ensinado no ramo tecnológico do seu curso?										
10.5	Os alunos que utilizam BIM demonstram ter maior facilidade em projetos dos que não utilizam BIM?										
10.6	No geral, você entende que a carga horária de tecnologia está adequada as praticas atuais?										
10.7	Você entende que a falta de detalhamento das estruturas nos projetos é uma falha do aprendizado do ramo tecnológico?										
10.8	E para o aluno utiliza BIM, voce entende que a carga horária em tecnologia deveria ser maior?										

Anexo C. Professores dos estudantes que utilizam BIM em seus trabalhos acadêmicos de arquitetura.