



INTEGRAÇÃO ENTRE PROJETO ARQUITETÔNICO E ORÇAMENTO ATRAVÉS DE SOFTWARES CAD

Mateus Moreira Pontes (1); Maria Lúcia Malard (2)

- (1) Núcleo de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo – Escola de Arquitetura – Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil – e-mail: mateus.pontes@gmail.com.
(2) Departamento de Projetos – Escola de Arquitetura – Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil – e-mail: pirapora@arq.ufmg.br

RESUMO

Proposta: O custo é fator fundamental de decisão em projetos de habitação de interesse social. Os processos tradicionais de projeto incorporam análises qualitativas de custo em suas etapas iniciais, normalmente através de recursos comparativos, para balizar as decisões, mas deixam o orçamento para uma etapa secundária, gerando com freqüência grande quantidade de re-trabalho em função de alteração de especificações ou de soluções de projeto. A integração de ferramentas que possibilitem análises de custo nas etapas iniciais de projeto é desejável, a fim de garantir um processo mais integrado e eficiente. Alguns softwares de CAD já oferecem possibilidades neste sentido, mas poucos são os recursos utilizados pelos arquitetos. O objetivo do trabalho é, portanto, buscar nestas ferramentas a integração da variável custo ao processo de projeto. **Metodologia:** Utilização do software CAD Vectorworks no desenvolvimento do projeto arquitetônico do conjunto Residencial Serra Verde, parceria da Prefeitura de Belo Horizonte, UFMG e Associação dos Sem Casa; incorporação das variáveis de custo no anteprojeto e no projeto ebásico, através da parametrização dos objetos no modelo tridimensional; avaliação dos resultados. **Resultados:** validação do processo de orçamentação através da parametrização dos objetos do modelo tridimensional com as variáveis de custo;. **Contribuições:** desenvolvimento de uma metodologia para incorporação da variável custo nas etapas iniciais do projeto, de fácil adaptação aos processos tradicionais de projeto.

Palavras-chave: CAD, projeto arquitetônico, orçamento, habitação de interesse social.

ABSTRACT

Propose: Costs are a major issue in low-cost housing projects. Traditional project process uses estimated cost studies and comparative methods at initial phases, but the cost itself is elaborated only at final phases, generating significant re-working and changing specifications and drawings. Tools that create possibilities of integration between costs and architectural projects are desirable. Some CAD software already offers these tools, but they are not used by architects. This work intention is search in these tools the integration between costs and architectural projects. **Methods:** To use software Vectorworks in a low-cost housing project, Residential Serra Verde; incorporate cost aspects at initial phase by parameterization of 3D model; analysis of costs and project results. **Findings:** validation of cost estimative with the utilization of tested procedures. **Value:** developing a simple methodology of cost estimation and integration with architectural project.

Keywords: CAD, Architectural project, costs, low-cost dwelling.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Breve histórico do uso de softwares CAD

O uso dos computadores tem alterado gradativamente os métodos e processos da construção civil, no Brasil e no mundo. No decorrer dos anos oitenta, esta transformação foi marcada pelo uso de planilhas eletrônicas, bancos de dados e editores de texto. Durante a década de noventa houve a incorporação dos sistemas CAD (*computer aided design*) pelos escritórios de projeto e pelas construtoras, facilitando a produção de desenhos técnicos e documentação de obra e *automatizando* uma série de tarefas relacionadas à produção destes documentos. Especificamente no campo da arquitetura, houve grande avanço também na representação gráfica e artística, através do desenvolvimento dos programas de modelagem e renderização.

Desde o princípio, os sistemas CAD para construção civil têm sido desenvolvidos a partir de duas linhas distintas: *entity-based model*, ou geométricos e *object-oriented model*, ou paramétricos. O que distingue as duas linhas é o fato de a segunda trabalhar com um modelo do edifício a ser construído baseado em objetos paramétricos, como paredes, janelas ou pilares, capazes de conter dados significativos, ao contrário da primeira, que simplesmente usa de entidades geométricas como arcos e linhas para representá-los, mas não trazem consigo informações além daquelas da própria geometria, como no desenho tradicional. Como exemplos do modelo geométrico temos, entre outros, os softwares Autodesk AutoCAD, de 1983 e Bentley Microstation, de 1984. A linha dos paramétricos traz o Nemetschek Allplan, de 1980, e o Graphisoft ArchiCAD, de 1984. As datas de lançamento dos softwares mostram que as duas linhas de trabalho têm origens próximas no tempo, mas o desenvolvimento e a adoção delas pelos projetistas seguem caminhos diferentes. Desde o princípio da utilização dos softwares CAD até hoje, há um domínio significativo da primeira solução, sendo o AutoCAD o software mais utilizado. Pode-se dizer que uma das causas desta diferença era a maior necessidade de processamento dos softwares paramétricos, mais dependentes de hardware poderoso, indisponíveis na época (Tse 2005). Uma pequena reversão deste quadro foi percebida a partir no final da década de noventa até hoje, com um significativo incremento da capacidade de hardware e da eficiência dos softwares paramétricos. Outra motivação desta transformação foi a entrada de outros programas, como o Autodesk Architectural Desktop (1996) e o Bentley Microstation Triforma (1998), ambos baseados respectivamente no AutoCAD e no Microstation (Tse 2005).

Os softwares paramétricos evoluíram para o que ficou conhecido como *Building Information Modeling* (BIM), caracterizado pela criação de modelos que incluem relacionamentos e interdependências entre os diversos parâmetros de cada componente do edifício. Segundo Bazjanac, o termo foi inicialmente definido por Laisserin e depois passou a ser utilizado internamente e comercialmente pela Autodesk (Bazjanac 2004). Os principais benefícios prometidos por este padrão estão relacionados não apenas aos projetos, mas a todo o ciclo de vida do edifício, disponibilizando uma base de dados relacional junto a um modelo comportamental para apresentar informações dinâmicas sobre ele (Autodesk 2005).

Apesar desta evolução nos softwares CAD, em particular para a construção, o processo de elaboração e desenvolvimento dos projetos relativos ao edifício pouco mudou. Algumas tarefas foram automatizadas, em especial cálculos padronizados e geração de quantitativos para projetos de instalações prediais e de estruturas, através de programas específicos, muitas vezes rotinas ou customizações. No caso de projeto de arquitetura, poucos são aqueles que se utilizam de softwares paramétricos, e muitas vezes não lançam mão de todo o seu potencial (Fabrício e Melhado 2002). Se o hardware disponível já é capaz do processamento necessário, os softwares encontram-se significativamente mais desenvolvidos, porque temos pouco avanço no sentido de adotar estes recursos no processo de projeto? Sanders diz que devemos descartar velhos hábitos e incorporar as novas perspectivas. Os agentes da construção civil não devem esperar pelas soluções, mas se dedicar a desenvolver processos integrados com a tecnologia disponível (Sanders 2004).

1.2 Projetos e integração

Projetar um edifício implica na participação de vários agentes, cada qual trabalhando sobre o seu projeto. O projeto arquitetônico, usualmente o primeiro, é responsável pela espacialização do edifício e serve de base aos outros. É ele também que os sintetiza, através da compatibilização. Enfim, pode-se entendê-lo mediador do processo projetual. Esta integração entre o projeto arquitetônico e os demais é um dos pontos que menos tem sido beneficiado com o desenvolvimento dos sistemas CAD. Mesmo onde houve incremento significativo, como na troca de arquivos e fornecimento de bases para desenho e compatibilização ainda há muito por fazer. Usualmente identificam-se padronizações diversas de arquivos e layers, versões incompatíveis de softwares, e outros problemas oriundos da falta de interoperabilidade entre os agentes. Tais problemas persistem não pela falta de tecnologia disponível, mas por problemas existentes durante os processos (Jacoski 2003).

Têm sido buscados caminhos para possibilitar esta integração, através de iniciativas de padronização dos sistemas CAD, como as normas americanas (AIA) e europeias (ISO). No Brasil, a Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura (ASBEA) publicou *Diretrizes Gerais para Intercambialidade de Projetos em CAD*, em parceria com diversos órgãos ligados à construção, como o Sindicato das Empresas de Construção Civil (SECOVI) e o Sindicato da Indústria da Construção Civil de São Paulo (SINDUSCON-SP). Trata-se de uma iniciativa fundamental, ligada à normatização dos procedimentos do setor, e tenta padronizar nomes de arquivos e layers e sistemas de desenho em CAD (ASBEA 2002). Porém, nem mesmo a adoção deste padrão se popularizou entre os projetistas, já passados quatro anos de sua publicação. É feita a opção por sistemas já em uso, específicos dos escritórios, geralmente mais simples por se ater apenas à parte do escopo do projeto de edificações. Além das iniciativas de normatização, tem sido buscada uma maior “interoperabilidade” entre os softwares, merecendo destaque a *International Alliance for Interoperability* (IAI 1995), em função do desenvolvimento do que se chama Industry Foundation Classes (IFC), o “primeiro modelo de dados orientado ao objeto aberto de edifícios”, que fornece regras e protocolos para definições que afetam todo o seu ciclo de vida (Bazjanac 2004). Jacoski desenvolveu um modelo de interoperabilidade baseado na linguagem IFC/XML (extended markup language) sobre um estudo de caso com escritórios catarinenses. Tal modelo mostra que a tecnologia encontra-se disponível, mas necessita de ser incorporada no dia-a-dia dos escritórios de projeto (Jacoski 2003).

Fica claro que alguns recursos de integração entre projetos através de sistemas CAD encontram-se disponíveis para uso, com grande potencial subutilizado. Tais recursos estão dirigidos à *comunicação* entre os vários agentes do processo, padronizando e garantindo a compatibilidade entre os dados trabalhados individualmente. O problema é que os dados não são trabalhados pelos projetistas, mas apenas as geometrias, num processo amarrado ao desenho. É preciso então atuar não somente na interoperabilidade, mas também nos processos individuais de projeto, incorporando os modelos paramétricos como ferramenta principal de trabalho.

2 OBJETIVOS

Buscou-se neste trabalho a incorporação de um procedimento de projeto simples, capaz de integrar os agentes responsáveis pela arquitetura e pelo orçamento, permitindo maior interação entre essas duas disciplinas. Paralelamente, investigou-se a dificuldade de incorporação de modelos tridimensionais paramétricos no projeto arquitetônico, uma vez que uma ferramenta como esta se apresenta com grande potencialidade, mas desperta um interesse de implementação aquém dela (Tse 2005). Por fim, procurou-se analisar o potencial deste modelo como instrumento de integração dos projetos pertinentes. Ou seja, não se pretendeu o desenvolvimento de sistemas de interoperabilidade ou utilização de recursos sofisticados de comunicação, mas habilitar o arquiteto a trabalhar com ferramentas já desenvolvidas e próximas de seu dia-a-dia, possibilitando seu papel mais ativo num conjunto maior de decisões.

3 METODOLOGIA

Para analisar as possibilidades do uso de softwares CAD para a integração entre o projeto arquitetônico e o orçamento da obra, foi escolhido como estudo de caso o projeto de pesquisa Residencial Serra Verde (RSV), desenvolvido pelo Departamento de Projetos da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais (EAUFGM). Trata-se do desenvolvimento de um modelo de auto-gestão e participação em projetos de habitação de interesse social e prevê a construção de 76 unidades residenciais, com a obra financiada pelo Programa de Crédito Solidário (PCS), da Caixa Econômica Federal (CEF), em terreno doado pela Prefeitura de Belo Horizonte (PBH). O projeto foi inicialmente desenvolvido com intensa participação da comunidade beneficiada, através da Associação dos Sem Casa (ASCA), e o anteprojeto resultante foi a base para o desenvolvimento deste estudo.

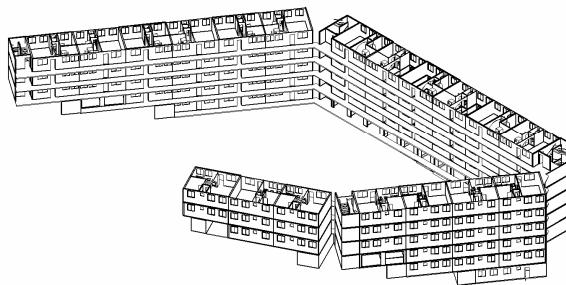


Figura 1 – Isométrica do modelo tridimensional dos blocos habitacionais do projeto RSV

A hipótese fundamental a ser trabalhada tratava do potencial do modelo tridimensional como agente de compatibilização e integração entre as disciplinas, sob a coordenação da arquitetura. Se o modelo é capaz de receber dados paramétricos de todos os projetistas envolvidos, seria interessante, portanto, tê-lo como elemento fundamental no processo, fornecedor de dados para documentos técnicos e de obra, indo além da mera representação artística do produto final.. Neste caso, o modelo sintetiza, além da solução arquitetônica, dados de anteprojeto de instalações elétricas e hidráulicas, propostas pelos arquitetos, e da solução estrutural. É claro que, em função da fase do projeto, não era possível trabalhar muito detalhadamente estas questões, mas dados como caminhamento de tubos, posicionamento de caixas de passagem e lançamento dos elementos fundamentais da estrutura foram considerados.

Tendo como ponto de partida o anteprojeto de arquitetura, foram desenvolvidos dois modelos tridimensionais detalhados, um com o terreno e a urbanização, e o outro com o edifício. A estratégia de utilizar dois modelos teve duas razões, a primeira relacionada ao próprio processo de modelagem, onde a separação facilita o trabalho, e a segunda relacionada aos dados gerados, onde os aspectos contemplados pelo modelo do terreno, como terraplenagem e contenções são tratados por item específico. Foi usando o software Vectorworks, na versão 11. Apesar de permitir a parametrização de vários elementos, este programa não pode ser classificado como BIM, pois se trata ainda de um modelo geométrico que não inclui plenamente todas as relações e dependências dos diversos elementos do edifício (Bazjanac, 2004; Tse, 2005). Sua escolha se deu pelo fato dele permitir a parametrização de grande parte dos elementos, a vinculação de outros dados a eles, ainda que manualmente, a possibilidade de integrar elementos de elétrica, hidráulica e estrutura também parametrizados e, finalmente, o fato de já ter sido usado em outros projetos da EAUFGM, mas sem a incorporação destas potencialidades. O modelo foi criado a partir de desenhos básicos desenvolvidos em AutoCAD.

A partir do modelo gerado foram incorporados registros com informações pertinentes para abastecer a planilha de orçamento. O registro é um pequeno conjunto de dados que contém as informações referentes a um determinado objeto (Nemetscheck 2004). A cada elemento do modelo, correspondente a um elemento do edifício, foi atribuído um ou mais registros, dependendo de suas características. Cada registro era composto da descrição das características do item (equivalente à especificação do projeto arquitetônico), do preço unitário e da quantidade. O elemento piso dos banheiros, por exemplo, recebeu um registro que caracterizava seu acabamento (cerâmica 20x20) e outro que caracterizou a necessidade de impermeabilização do contrapiso, por se tratar de uma área molhada. Da mesma maneira, ao elemento alvenaria externa foram atribuídos registros de acabamento externo (reboco e pintura), acabamento interno (gesso) e blocos de concreto estruturais. A partir dos registros, que caracterizavam e quantificavam o elemento, foram extraídos relatórios individuais que juntos geraram os dados da planilha de orçamento. Alguns elementos permitiram a apropriação de quantidade diretamente do objeto, como paredes ou pisos, onde alterações no tamanho, e consequentemente na quantidade, se refletiam automaticamente nos registros. Mas para outros foi necessária a incorporação manual na quantidade no registro, como as vergas nas janelas e portas, ou cintas nas paredes externas. Nesses casos, adicionamos o dado correspondente à quantidade, pois não existia o objeto parametrizado. Ao incorporarmos um registro de verga no elemento porta, por exemplo, indicamos também que esta verga possuía noventa centímetros de comprimento, dado este extraído posteriormente para as planilhas de quantitativos. A necessidade destes registros adicionais com quantidades atribuídas manualmente tem uma relação clara com as diferenças da construção civil no Brasil e nos Estados Unidos. O software se mostrou muito mais efetivo em tratar sistemas adequados ao padrão americano, uma vez que este é seu mercado principal. Os elementos pré-configurados foram muitas vezes inadequados ou completamente dispensáveis, como wall frame. Do outro lado, faltam vários elementos que poderiam existir no modelo, mas que acabaram sendo inseridos através dos registros, como vergas ou a própria alvenaria estrutural. É um problema relativamente trivial, que pode ser trabalhado através de customizações com linguagem específica (vectorscript), ou disponíveis comercialmente.

Como o projeto está incluído no PCS, a forma final do orçamento deveria atender aos padrões determinados pela Caixa Econômica Federal (CEF 2002). Este padrão segue também a metodologia tradicional de composição de custos na construção civil (Goldman 1986, p.53). Desta forma, um elemento do modelo, como uma parede externa, deve ser decomposto em bloco de concreto (m²), reboco externo (m²), pintura acrílica externa (m²), gesso liso interno (m²), pintura látex interna (m²) e cinta (m linear). Para o modelo tridimensional, o objeto parametrizado é a parede, e ele é capaz de fornecer a área e o perímetro dela, além da descrição dos diversos elementos que a compõe. Mas para extrair as informações e alimentar a planilha de orçamento, foi necessário acrescentar um registro para cada um destes elementos, de modo que eles também pudessem ser itens independentes na composição do custo. Este procedimento foi repetido para todos os objetos que forneciam mais de uma informação, desde este exemplo relacionado à área dos elementos que compõe a alvenaria até aqueles unitários, como portas e janelas, que trazem consigo informações sobre vergas, associadas conforme descrito anteriormente (lembRANDO que verga é um item ligado à alvenaria, na planilha de orçamento). Em um momento de projeto onde a produção de um orçamento detalhado não seja necessária, mas apenas a apropriação de seu custo, pode-se trabalhar com uma composição diferente, mais adaptada ao modelo tridimensional e menos voltada à obra, na qual a parede já poderia ter seu custo definido por todos os elementos que a compõe.

Após a elaboração dos modelos e a criação de todos os registros adicionais, foram extraídas as informações através de planilhas geradas automaticamente pelo programa, a partir dos dados paramétricos existentes e daqueles atribuídos manualmente. O software gera uma planilha para cada registro existente. Tais planilhas, que funcionam dentro do Vectorworks, foram exportadas através de arquivos separados por tabulação.

Tipo	Descrição	Quant.	Larg.	Alt.	Peitoril	Preco (R\$)
J01	Janela 2 fls correr alumínio	77	120	160	120	269,00
J02	Janela 2 fls correr alumínio	154	100	120	140	188,31
J03	Janela 2 fls correr alumínio	231	120	120	120	188,31
J04	Janela basculante alumínio	77	60	60	180	52,08

Tabela 1 – Tabela de transição gerada pelo software Vectorworks a partir do registro “Janelas”

Foi criada uma planilha única, a partir de todas aquelas que foram exportadas, em formato xls, que serviu como intermediária, trabalhando relacionada com a planilha final, que contém o orçamento efetivo, nos padrões da CEF. A planilha intermediária necessitou de um trabalho significativo de compatibilização, para que os dados importados fossem corretamente incorporados, especialmente em caso de alterações. Alguns custos foram inseridos depois, diretamente na planilha de transição, especialmente aqueles relacionados com procedimentos de obra não diretamente ligados ao edifício, como as instalações provisórias de canteiro ou custo dos projetos. Não foi possível criar um vínculo permanente entre as planilhas oriundas do Vectorkworks e a de transição, uma vez que elas não sofrem atualizações automáticas quando da realização de alterações no modelo. Ou seja, a cada alteração faz-se necessário gerar uma nova planilha interna que alimenta a planilha de transição. Esta sim pode permanecer conectada ao arquivo final do orçamento.

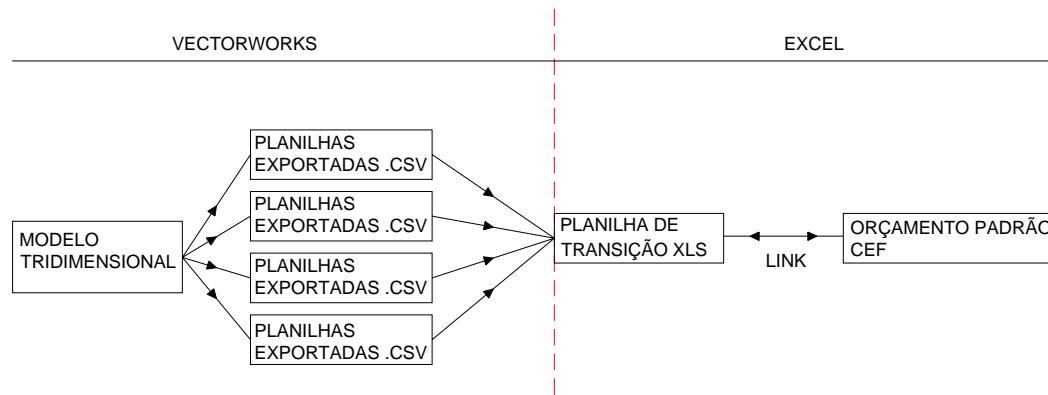


Figura 2 – Diagrama geral dos procedimentos desenvolvidos

A referencia de custos utilizada foi definida PBH, através da Superintendência de Obras da Capital, que disponibiliza planilha de referência de custos para suas medições. Poderiam ser utilizadas outras tabelas de referência de custos.

4 CONCLUSÕES

O trabalho desenvolvido mostra ser possível um domínio maior dos arquitetos sobre as variáveis de custo das obras, ainda numa fase inicial de projeto. O resultado mais interessante é, no entanto, apontar para uma metodologia de projeto capaz de gerar maior integração entre os diversos agentes, em especial entre o arquiteto e o orçamentista, mas também entre o primeiro e os projetistas de instalações prediais. Essa integração se mostra possível de ser conseguida através da incorporação das potencialidades dos sistemas CAD já disponíveis, porém subutilizadas. O desenvolvimento de um modelo tridimensional capaz de conter informações para a elaboração do orçamento exige a incorporação de dados que, em um processo fragmentado de projeto, seriam trabalhados individualmente pelas equipes e somente compatibilizados depois de um grande esforço na produção de desenhos. O maior obstáculo, porém, está na necessidade de todos os projetistas trabalharem

utilizando uma mesma base, às vezes um mesmo software e, como já foi dito, nem mesmo as tentativas de padronização de procedimentos, layers e arquivos obtiveram sucesso considerável entre os arquitetos, muito menos entre todos os agentes da construção civil. Integração é, portanto, o maior obstáculo e também o maior benefício deste processo.

A incorporação dos modelos paramétricos no processo de projeto por todos os profissionais do setor de projetos da construção civil torna-se fundamental para garantir maior integração através dos sistemas CAD. Aos arquitetos cabe, talvez, a principal responsabilidade nesta transição, na medida em que o projeto de arquitetura atua como mediador de todos os outros e gera a espacialização do edifício a ser construído. Ao demonstrar uma pequena possibilidade nesta direção, espera-se contribuir para esta transição.

5 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA. **Diretrizes Gerais para Intercambialidade de Projetos em CAD**. São Paulo: Ed. PINI, 2002. 44p.

AUTODESK. **Parametric Building Modeling: BIM's Foundation**. 2005. Disponível em:
<http://www.autodesk.com/bim>

BAZJANAC, Vladimir. **Virtual building environments (VBE) – Applying information modeling to buildings**. In: Lawrence Berkeley National Laboratory, University of California, 2004. Disponível em: <http://repositories.cdlib.org/lbnl>

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Manual técnico de engenharia**. Disponível em:
https://webp.caixa.gov.br/urbanizacao/caixacidade/links_menu_lat_esq.asp

FABRICIO, Márcio Minto; MELHADO, Silvio Burratino: **Impactos da Tecnologia da Informação no Conhecimento e Métodos Projetais**. In: Seminário de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção Civil, 2002. Universidade Federal do Paraná, 2002. Disponível em
http://solar.cesec.ufpr.br/grupotic/tic2002/artigos/TIC2002_04.pdf

GOLDMAN, Pedrinho. **Introdução ao Planejamento e Controle de Custos na Construção Civil**. São Paulo: Ed. PINI, 1986. 125p.

JACOSKI, Claudio Alcides. **Integração e Interoperabilidade em Projetos de Edificações – Uma Implementação com IFC/XML**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis: 2003. 218f.

NEMETSCHEK. **Vectorworks Architect Reference Manual**. Columbia, EUA: Nemetschek N. A., 2002. CD-ROM.

SANDERS, Ken. **Why building information modeling isn't working...yet**. In: Architectural Record, set. 2004. disponível em:
<http://archrecord.construction.com/features/digital/archives/0409feature-1.asp>

TSE, Tao-chiu Kenny; WONG, Kam-din Andy; WONG, Kwan-wah Francis. **The utilization of Building information models in nD modeling: a study of data interfacing and adoption barriers**. In: Electronic Journal of Information Technology in Construction, v. 10, pg. 85-110. Disponível em <http://www.itcon.org/2005/8>

6 AGRADECIMENTOS

Agradecimentos à FINEP, financiadora do projeto RSV, e aos bolsistas Pedro Henrique Fialho e Denise Góes Mintz, pela dedicação na elaboração dos modelos.