

## Introdução

### Breve histórico do uso de softwares CAD

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. A primeira tem como exemplos, entre outros, os softwares Autodesk AutoCAD, de 1983 e Bentley Microstation, de 1984. A segunda traz o Nemetschek Allplan, de 1980, e o Graphisoft ArchiCAD, de 1984. As datas de lançamento dos diversos softwares mostram que as duas linhas de trabalho têm origem comum 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).

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. Se o hardware disponível já é capaz do processamento necessário, os softwares encontram-se significativamente

# Integração entre Projeto Arquitetônico e Orçamento através de Softwares CAD

*Mateus Moreira Pontes*

*Núcleo de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo - Escola de Arquitetura - Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil*

*e-mail: mateus.pontes@gmail.com.*

*Maria Lúcia Malard*

*Departamento de Projetos - Escola de Arquitetura - Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil.*

*e-mail: pirapora@arq.ufmg.br*

**Propose:** Costs are a major issue in low-cost housing projects.

Traditional project process uses estimated cost studies and comparative methods in initial phases, but the cost itself is elaborated only at the end phases, generating significant re-working and changes in specifications and drawings. Is desirable to use tools that possibility more integration between costs and architectural projects. Some CAD software already offers these tools, but they are not use 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 cost 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.



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).

### 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, ele é o 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).

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 ainda ao desenho. É preciso então atuar não somente na interoperabilidade, mas também nos processos individuais dos projetistas, incorporando os modelos paramétricos como ferramenta principal de trabalho.

### Objetivos

Buscou-se neste trabalho um procedimento de projeto simples, capaz de integrar os agentes responsáveis pelo projeto arquitetônico 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 desta potencialidade (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.

### 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 (EAUFG). 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), financiado pela 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.

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, não apenas como mera representação artística do produto final, mas como fornecedor de dados para documentos técnicos e de obra. 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 interessante 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 piso dos banheiros, por exemplo, recebeu um registro que caracterizava seu acabamento (cerâmica 20x20) e outro que caracterizou a necessidade de impermeabilização do contra piso, por se tratar de uma área molhada. Da mesma maneira, à 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, juntados, geraram os dados da planilha de orçamento. Alguns elementos extraíram a quantidade do próprio objeto, como paredes ou pisos, mas para outros foi necessária a informação manual, como as vergas nas janelas e portas, ou cintas nas paredes externas. 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-cofigurados 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 Vectorplus.

Como o projeto está incluído no Programa Crédito Solidário (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 latex interna (m2) e cinta (m linear). Para o modelo, 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 extraír 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 a área até aqueles unitários como portas e janelas que trazem consigo informações sobre vergas (lembre 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 de custos diferente, mais adaptada ao modelo tridimensional e menos voltada à obra, onde 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. Tais planilhas, que funcionam dentro do Vectorworks, foram exportadas através de arquivos separados por tabulação.



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 manualmente depois, especialmente aqueles relacionados com procedimentos de obra não diretamente ligados ao edifício, como as instalações provisórias de canteiro. Não foi possível criar um vínculo permanente entre as planilhas, 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.

#### 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. 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 especialização do edifício a ser construído. Ao demonstrar uma pequena possibilidade nesta direção, espera-se contribuir para esta transição.

#### 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](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 Projetuais. 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](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>

#### Agradecimentos

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

#### Keywords:

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