

## Além da avaliação energética e ambiental nas etapas iniciais do processo de projeto

*Beyond energy and environmental evaluation in the initial steps of the design process.*

Gabriela Celani

Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP  
Campinas, SP, Brasil  
Contato: celani@fec.unicamp.br

### Abstract

This paper describes the use of a tool for energy and environmental evaluation in the initial steps of the design process in a fourth year architectural design studio. It discusses the contribution of such tools for the decision-making process in regards to two important issues: the relationship between building form and performance, and the relationship between design teaching and the introduction of computer tools.

### Resumo

Este trabalho descreve o uso de um aplicativo de análise simplificada de desempenho energético em uma disciplina de projeto de arquitetura de quarto ano, discutindo sua contribuição para o processo de tomada de decisão e refletindo em seguida sobre duas importantes questões: a relação entre o projeto e o desempenho do edifício e a relação entre o ensino de projeto e o ensino da informática aplicada.

---

### Introdução

O projeto de arquitetura deve levar em consideração fatores contextuais, como topografia, clima, cultura, sociedade, legislação urbana, fluxos de veículos e de pessoas, materiais e técnicas construtivas disponíveis no local, além de incluir características consideradas boas condutas em arquitetura, como o conforto ambiental, o desempenho energético, a sustentabilidade e a responsabilidade econômica. Na maioria dos casos, a otimização simultânea de todas essas variáveis é praticamente impossível, sendo necessário encontrar o melhor equilíbrio entre elas por meio da priorização de determinados fatores. Por esse motivo o projeto arquitetônico é considerado um problema mal comportado (*wicked problem*), um termo aplicado à arquitetura principalmente nos anos 1970 (Rittel e Weber, 1973) para indicar que o problema não possui solução única e definitiva, mas apenas soluções satisfatórias (Simon, 1969).

O processo de projeto constitui-se, portanto, em um exercício de análise multicritério, em que é necessário avaliar diferentes alternativas e combinações de parâmetros, priorizando alguns deles em detrimento de outros. Frequentemente, processos heurísticos são utilizados para a geração de soluções, uma vez que a avaliação precisa do desempenho dos edifícios em diferentes situações, como resultado da priorização de diferentes fatores, consumiria tanto tempo que seria inviável realizá-la para um grande número de alternativas. O processo heurístico consiste em aplicar um procedimento que garanta uma solução razoável para o problema, sem necessariamente obter sua otimização (Simon, Newell e Shaw, 1958).

Exemplos de heurísticas tipicamente utilizadas em arquitetura são a decisão baseada na experiência e o uso de “regras de boa conduta” (*rules of thumb*). Dois exemplos típicos de regras de boa conduta em arquitetura

estão ligados à topografia e à orientação solar. O alinhamento da maior dimensão do edifício com a direção predominante das curvas de nível diminui, em teoria, a necessidade de cortes e aterros, preservando a camada superficial do solo, mais rica em nutrientes, evitando processos de erosão, e reduzindo gastos desnecessários. O posicionamento das fachadas com maior área de aberturas em direção ao Norte e a minimização de fachadas expostas ao Oeste (na região tropical do hemisfério Sul) diminui, em princípio, a necessidade de resfriamento artificial dos edifícios nos períodos mais quentes, contribuindo para o conforto térmico. Contudo, apesar de bastante utilizadas, em especial em projetos de habitação social, essas heurísticas nem sempre resultam em boas soluções do ponto de vista da implantação urbana e da ocupação do solo, gerando muitas vezes espaços residuais que são subutilizados.

Além disso, nem sempre outros fatores, como o sombreamento por outros edifícios, são levados em consideração ao se gerar uma solução por processos simplificados deste tipo. Tradicionalmente, as ferramentas computacionais que permitiam realizar análises detalhadas de desempenho do edifício eram difíceis de usar e exigiam um nível muito elevado de detalhes do projeto, o que tornava seu uso praticamente restrito às etapas mais avançadas do processo, sendo sua aplicação muitas vezes feita por profissionais especializados e não pela equipe responsável pela concepção do projeto. Além disso, problemas de interoperabilidade entre diferentes programas exigiam muitas vezes o retrabalho de modelagem geométrica do edifício.

A inclusão dos procedimentos de análise nas etapas iniciais do processo de projeto tem sido uma preocupação desde o início do desenvolvimento de ferramentas computacionais desse tipo. Desde os anos 1980, Tomas Maver (1988), por exemplo, enfatizava a importância de se desenvolver “software tools for the evaluation of the technical issues which

are relevant at the conceptual stages, as opposed to the detailed stages, of design decision-making” (Maver (1988, p.47). Além da questão da integração entre análise e representação, Maver chamava a atenção para a necessidade de se desenvolver ferramentas que propiciassem a exploração ativa de alternativas e a comparação dinâmica de resultados durante a etapa de concepção do projeto.

Essas questões começaram a ser resolvidas quando se passou a pensar no modelo integrado do edifício, o Building Information Model:

*“BIM not only changes how building drawings and visualizations are created, but also dramatically alters all of the key processes involved in putting a building together: how the client’s programmatic requirements are captured and used to develop space plans and early-stage concepts; how design alternatives are analyzed for aspects such as energy, structure, spatial configuration, way-finding, cost, constructability, and so on; how multiple team members collaborate in a design, within a single discipline as well as across multiple disciplines; how the building is actually constructed, including the fabrication of different components by subcontractors; and how, after construction, the building facility is operated and maintained.” (Eastman et al., 2011, p.vii).”*

Contudo, as ferramentas BIM ainda são caras e exigem treinamento especializado e grande poder de processamento computacional, sendo inacessíveis grande parte dos arquitetos.

Em 2005, Kolarevic ainda reclamava da inexistência de ferramentas de análise voltadas à concepção do projeto: *There is currently an abundance of digital analytical tools that can help designers assess certain performative aspects of their projects post-facto, i.e. after an initial design is developed, but none of them provide*

*dynamic generative capabilities that could open up new territories for conceptual exploration in architectural design. (Kolarevic b, 2005, p.200).*

Mais recentemente, contudo, tem havido uma preocupação, por parte da indústria de software em criar aplicativos que estendem a capacidade de análise do edifício às etapas de concepção do projeto, às quais os softwarehouses se referem como “pré-projeto” (*pre-design*). Essa análise simplificada muitas vezes é feita por meio de aplicativos gratuitos e por processamento em nuvem, o que alivia os requisitos de hardware, viabilizando sua utilização até mesmo por estudantes de arquitetura. Além disso, alguns desses aplicativos são capazes de fazer pressuposições baseadas em dados estatísticos, como, por exemplo, os materiais de construção a serem utilizados, eliminando a necessidade de inserção de dados detalhados do projeto.

Um exemplo desse tipo de aplicativo é o Project Vasari, da Autodesk, que permite realizar avaliações rápidas de desempenho ambiental do edifício, mas há diversos outros exemplos. Este trabalho descreve a introdução desse aplicativo em uma disciplina de graduação do curso de Arquitetura e Urbanismo da Unicamp, como recurso auxiliar para a implantação de edifícios de habitação sócia I em um centro urbano. O trabalho não tem a intenção de comprovar a hipótese de que o uso deste aplicativo leva a melhores decisões de projeto, uma vez que os resultados não foram comparados a um grupo de controle. Pretende-se apenas descrever a introdução dessa nova ferramenta no ateliê de projeto, refletindo em seguida sobre duas importantes questões: a relação entre o projeto e o desempenho do edifício e a relação entre o ensino de projeto e o ensino da informática aplicada.

## **O software Vasari**

Programas de simulação energética, como o Ecotect, são normalmente utilizados apenas nas

etapas mais avançadas do projeto, em consequência de sua complexidade. Os estudantes em geral só decidem investir tempo nesse tipo de análise quando o projeto já está relativamente bem definido, pois seria inviável realizar análises para muitas alternativas de projeto. Além disso, esses programas em geral exigem um nível de definição de materiais construtivos e posicionamento de aberturas relativamente avançado, o que torna seu uso inviável no início do processo de projeto.

O software Vasari apresenta características de software BIM, mas permite a realização de análises sem que seja necessária uma definição muito detalhada do edifício, como área de janelas e materiais de construção. O programa permite a utilização de parâmetros baseados em dados estatísticos relacionados às tipologias habitacional, comercial e institucional. Além disso, o Vasari permite a realização de análises dinâmicas. À medida que o conceito inicial do projeto vai sendo alterado, a análise energética vai sendo também atualizada. Isto possibilita a comparação de alternativas de projeto de forma contínua.

A apresentação dos resultados por meio de gráficos pelo Vasari torna mais fácil a realização de comparações entre as diversas alternativas de projeto, auxiliando na tomada de decisões ainda na fase conceitual do projeto, quando as alterações são menos dispendiosas. A análise de energia do Vasari é realizada remotamente, por meio de um processador central (computação em nuvem), o que torna esse procedimento muito mais rápido, evitando a necessidade de grande poder de processamento. O mesmo não ocorre com o módulo de simulação de ventilação (túnel de vento), que é feito localmente e exige maior capacidade de processamento.

O programa Vasari não precisa ser instalado. Ele funciona a partir de um arquivo executável, no estilo *portable software*, e até o momento tem sido disponibilizado de maneira gratuita pelo site da Autodesk. A partir

de um modelo geométrico paramétrico do estudo de massas simplificado do edifício, da definição de sua tipologia (residencial, escritórios, comércio ou indústria) e de seu posicionamento geográfico, o Vasari permite realizar as seguintes análises: (1) circulação de ar ao redor do edifício (a partir de especificação de dia e hora, e baseada em rosa dos ventos do local, obtida pela Internet); (2) carga térmica recebida nas fachadas (baseada em dados climáticos obtidos pela Internet); e (3) custo da construção e de seu ciclo de vida (Figuras 1 a 3). Os resultados dessas análises são apresentados graficamente, por meio de animações (túnel de vento), visualizações 3D, planilhas para Excel e relatórios com tabelas e gráficos gerados em formato PDF.

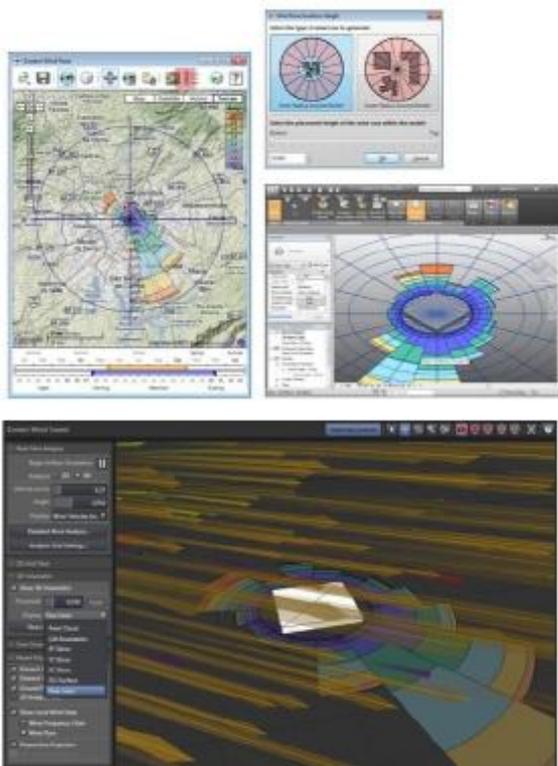


Figura 1: Obtenção da rosa dos ventos para o local do projeto e simulação animada no módulo “túnel de vento”.

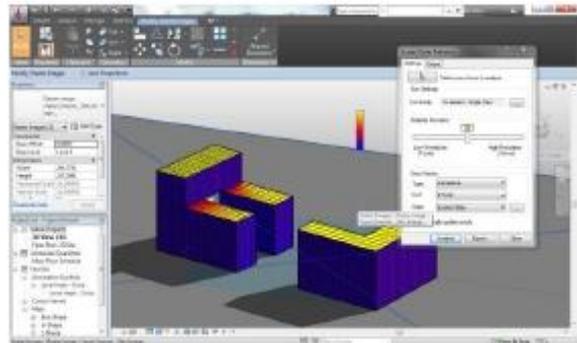


Figura 2: Módulo de avaliação da carga térmica recebida.



Figura 3: Módulo de análise de custo do ciclo de vida, com geração automática das aberturas do edifício baseada na tipologia selecionada (neste caso residencial) e no pé-direito aproximado informado.

## O ensino de Projeto: dos fatores isolados à complexidade

No ensino de projeto de arquitetura costuma-se introduzir os fatores de projeto aos poucos, de modo que o aluno possa enfatizar cada um de modo mais ou menos exclusivo antes de tentar compatibilizar todos simultaneamente. Por outro lado, a complexidade dos problemas de projeto propostos costuma ir aumentando paulatinamente à medida que o aluno evolui no curso. Certas questões, como a relação com a topografia, podem ser facilmente eliminadas, por exemplo, pela escolha de um terreno completamente plano, simplificando o exercício de projeto e permitindo obter maior controle na ênfase de outros fatores. É preciso levar em conta também o fato de que, em diferentes culturas e épocas, certos fatores são vistos como mais importantes que outros, devendo ser necessariamente

priorizados. Esse é o caso, por exemplo, do fator “sustentabilidade” no mundo contemporâneo.

No curso de Arquitetura e Urbanismo da Unicamp as 10 disciplinas da sequência de projeto que antecedem o trabalho final de graduação priorizam, por meio de ateliers integrados a disciplinas teóricas, os seguintes fatores, mais ou menos nesta ordem cronológica: composição, programa de necessidades, racionalização da construção, sustentabilidade, conforto térmico, iluminação, acústica, entorno urbano e estrutura. Contudo, costuma haver uma ênfase maior nas questões bioclimáticas. Questões urbanas, fenomenológicas e simbólicas costumam ser menos enfatizadas. O conforto ambiental é a área de pesquisa com maior tradição no departamento de Arquitetura e Construção da Unicamp, oferecendo diversas disciplinas obrigatórias e eletivas.

A escolha desta ênfase para o projeto de arquitetura no curso da Unicamp foi pautada não apenas por questões logísticas, referentes à disponibilidade de professores, mas sobretudo pela intencionalidade de conferir uma personalidade ao curso que o distinguísse de outros cursos existentes no estado de São Paulo.

A disciplina “AU118 Teoria e Projeto VIII – Complexidade”, oferecida no oitavo semestre do curso, lida prioritariamente com questões urbanas, como densidade habitacional nos centros consolidados e relações do edifício com seu entorno, levando em consideração uma diversidade de fatores de projeto e a complexidade resultante de sua interação. Em seus últimos instantes, a AU118 tem proposto como exercício de projeto a requalificação da região conhecida como Cracolândia, área deteriorada do Bairro da Luz em São Paulo. A proposta baseia-se nas diretrizes estabelecidas pelo projeto Nova Luz, desenvolvido por um consórcio de escritórios de arquitetura e empreiteiras contratados pela prefeitura de São Paulo, e tem

como principal objetivo introduzir no local edifícios habitacionais voltados para públicos de diferentes faixas de renda, além de requalificar os espaços urbanos, criando espaços de estar e lazer para os novos moradores.

Dada a ênfase nas questões bioclimáticas do curso da Unicamp, os alunos dessa e de outras disciplinas, ao desenvolverem seus projetos, frequentemente optam pela utilização de regras e “boa orientação solar” das fachadas, visando otimizar o desempenho dos edifícios, como primeira estratégia de projeto. Com o objetivo de introduzir uma opção mais avançada para a tomada de decisões com relação às questões bioclimáticas, em 2011 o programa Vasari foi utilizado na AU118 para a previsão da carga térmica e para a simulação da circulação de vento no entorno dos edifícios projetados. A introdução da nova ferramenta na disciplina se deu por meio de aulas específicas para treinamento e adaptação dos alunos durante duas semanas. A integração entre projeto e análise foi facilitada pelo uso de um atelier em que havia grandes mesas para desenho à mão livre e reunião das equipes, e computadores instalados em bancadas próximas a essas mesas, um dos quais com excelente capacidade de processamento, permitindo a utilização da função “túnel de vento” do Vasari. A realização de estudos no aplicativo Vasari não foi imposta como uma tarefa obrigatória a ser executada para obtenção de nota e sim como um recurso adicional que poderia ser utilizado pelas equipes.

O problema de projeto proposto na Disciplina consistia em requalificar um quadra da região de estudo, por meio da remoção de edifícios de pouca utilidade e/ou de baixa relevância histórica, e sua substituição por edifícios de uso misto, de maneira a aumentar a densidade habitacional para cerca de 600 habitantes por hectare. Cada equipe, formada por 3 a 4 alunos, ficou responsável pelo redesenho de uma q

quadra. As figuras 4 a 6 apresentam trabalhos desenvolvidos por três equipes da disciplina. Elas ilustram os três diferentes estilos de tomada de decisão com relação aos aspectos bioclimáticos observados entre os alunos.

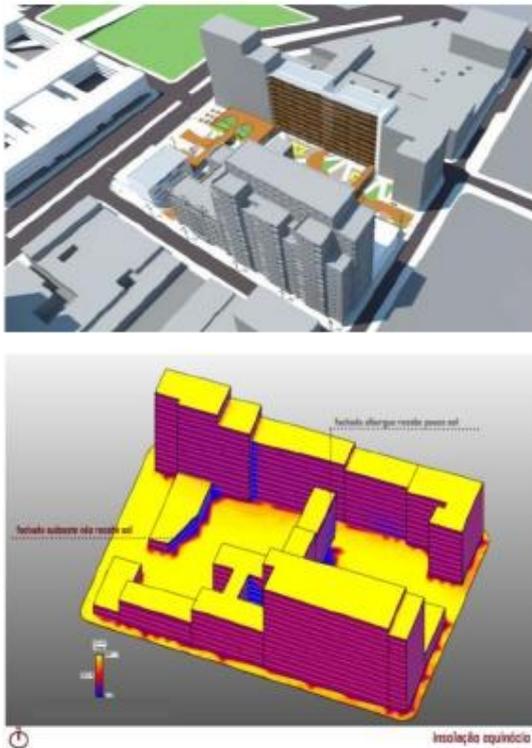
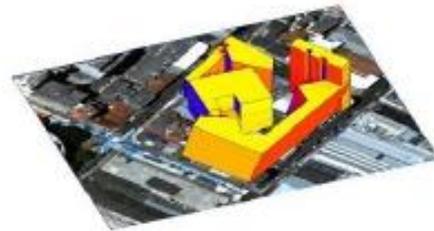


Figura 4: Debora Mariane Fantinato e Fernando Lopes Cordeiro: a análise feita no Vasari no estágio inicial do projeto resultou na eliminação do bloco habitacional no meio da quadra.



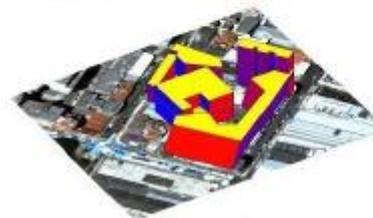
solução de vento



equilíbrio de primarias



solução de insolação



equilíbrio de custos

**ANÁLISE NO VASARI DEMONSTRANDO A NECESSIDADE DE PROTEÇÃO NAS FACHADAS OESTE**

Figura 5: Marina Luna e Tainá Ceccato: uso da análise de carga térmica do Vasari apenas para constatação da “necessidade de proteção nas fachadas oeste”.

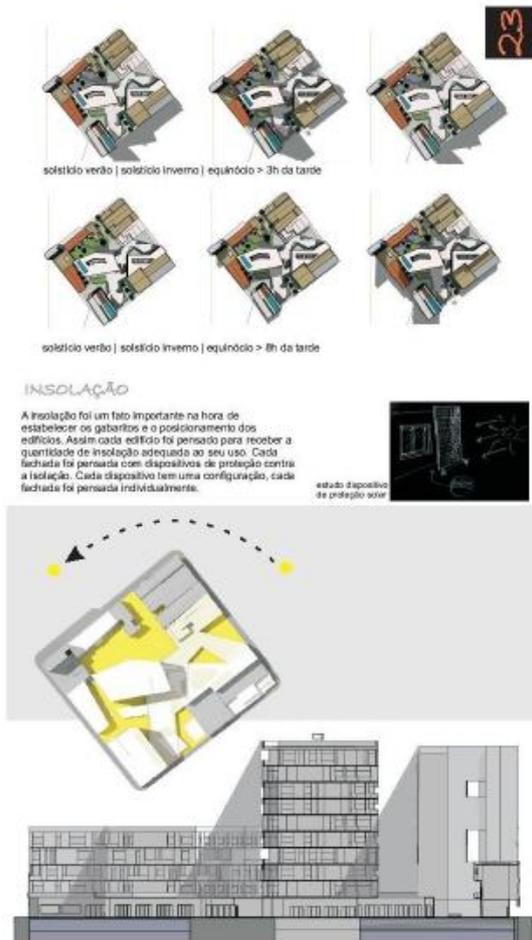


Figura 6: Ronaldo Ferrari e Thalita Carvalho: implantação baseada em “regras de boa orientação”, com fachada principal do edifício residencial voltada para o Norte.

A partir dos resultados obtidos pode-se inferir que o uso dessa ferramenta permitiu a alguns alunos perceber que muitas vezes a diferença entre uma fachada sul e sudoeste, por exemplo, não era tão significativa quando comparada às conseqüências dos espaços residuais para a densidade habitacional da área. Contudo, nem sempre os alunos utilizaram a ferramenta para a avaliação de alternativas iniciais, preferindo utilizá-la para confirmar decisões tomadas com base em outros procedimentos. Finalmente, algumas equipes claramente mantiveram o uso de “regras de boa orientação” para orientar suas decisões projetuais.

A introdução da ferramenta simplificada de análise ambiental não garantiu que todos os alunos analisassem diversas alternativas de implantação dos edifícios ao invés de

utilizarem procedimentos simplificados de decisão, já incutidos em sua formação prévia. Essa constatação mostra a necessidade de uma reestruturação do ensino de atelier ao longo de toda a formação do arquiteto, e não apenas em uma disciplina, para que ele possa efetivamente incorporar as ferramentas de simulação nas etapas de concepção do projeto.

Discussão: as relações entre o projeto e o desempenho do edifício e entre o ensino de projeto e a informática aplicada.

Na introdução do livro *Performative Architecture: Beyond Instrumentality*, Kolarevic (a, 2005) fala sobre uma “nova abordagem em arquitetura” que teria o desempenho do edifício como princípio fundamental de projeto, sobrepondo-se às questões de geração da forma (form-making). Essa tendência estaria diretamente ligada ao uso das tecnologias digitais que permitem a simulação quantitativa e qualitativa do desempenho do edifício, além da visualização colorida dos resultados sobre o modelo geométrico:

*In this new information- and simulation- driven design context, the paradigm of performance-based design can be approached very broadly — its meaning spans multiple realms, from spatial, social and cultural to purely technical (structural, thermal, acoustical, etc.). The increasing emphasis on building performance — from the cultural and social context to building physics — is influencing building design, its processes and practices, by blurring the distinctions between geometry and analysis, between appearance and performance.* (Kolarevic a, 2005 , p.3, grifos meus).

No trecho acima é importante observar como Kolarevic enfatiza que essas analyses não devem se restringir apenas a os fenômenos físicos, como o desempenho térmico e acústico, devendo incluir também fenômenos sociais e culturais, os quais se constituem em importantes fatores de

projeto. A análise e visualização de questões culturais e sociais por meio de ferramentas digitais não é tão disseminada como a análise dos fenômenos físicos, para os quais existe uma enorme diversidade de aplicativos, muitos dos quais integrados a pacotes BIM, como já descrito na introdução deste trabalho. Três exemplos de aplicações desse tipo são (1) as ferramentas de otimização de layout (que lidam não apenas com questões de otimização operacional, mas também com questões culturais), baseadas na teoria dos grafos, (2) as ferramentas de simulação de circulação (de pessoas e de veículos), baseadas na teoria da auto-organização (que lidam inclusive com questões psicológicas, como o comportamento das massas em situações de pânico), e (3) as ferramentas de análise do espaço urbano (de profundidade de rotas), baseadas na teoria da sintaxe espacial. Outros aspectos não físicos do desempenho do edifício, como por exemplo o humor de uma dada população ao longo dos meses do ano, dependem ainda de pesquisas empíricas que sistematizem dados que possam ser convertidos em aplicativos de predição, mas já existem publicações que mostram resultados interessantes nesse sentido. Outra interessante discussão suscitada pela disciplina AU118 foi a relação entre o ensino de projeto e a informática aplicada.

No início dos anos 2000, Mark, Martens, e Oxman já levantavam a questão sobre as vantagens e desvantagens de se introduzir o ensino da informática isoladamente ou nos ateliers de projeto. Segundo eles, o primeiro caso teria como principal motivação o preparo dos alunos para o mercado de trabalho, sendo muito mais superficial que a segunda opção:

In some schools, the technology may be introduced within an isolated course in order to give students a jump on the job market of entry-level computer based drafting positions. In other Schools, an intensive integration of

computers within design studio and research courses has been more completely realized. (Mark, Martens, e Oxman, 2001, p.168). Uma das grandes discussões atuais sobre o ensino da informática aplicada ao processo de projeto diz respeito à inserção de ferramentas de Building Information Modelling - BIM (como o Revit e o Bentley Architecture) em substituição às Ferramentas de desenho vetorial mais neutras, como o AutoCAD e o Rhinoceros.

Uma das características das ferramentas BIM é o fato delas exigirem um elevado nível de especificação de materiais e dimensões do edifício que será modelado. Embora apresentem diversas vantagens, como a geração automática de projeções ortogonais e a interoperabilidade com programas de análise de desempenho, a maioria dos aplicativos BIM não contempla as fases mais abstratas no processo de projeto, em que certas questões podem ser deixadas em aberto até que outras sejam resolvidas. Como resultado, tem-se verificado, nas disciplinas de projeto da Unicamp, tipicamente duas situações: (1) ou os alunos simplesmente ignoram completamente o uso das ferramentas BIM e de quaisquer aplicativos de análise, apoiando-se apenas em regras de boa conduta para a tomada de decisões e utilizando sistemas CAD, e em especial o Sketchup, apenas para a representação do projeto, (2) ou utilizam software BIM, em especial o Revit Architecture, porém sem explorar suficientemente sua capacidade de interoperabilidade com outros aplicativos de análise, como o Ecotect da AutoDesk ou o Space Planner da Bentley.

Esta última situação é frequentemente mais prejudicial que a primeira, pois ela obriga os alunos a dimensionar os espaços e a especificar materiais prematuramente. A introdução de ferramentas BIM simplificadas, como o Project Vasari, nas disciplinas de projeto, poderia ser uma alternativa à introdução de ferramentas mais avançadas, levando em consideração que se trata

arquitetos em treinamento, sem uma experiência prática que lhes permita dispensar as etapas de análise de alternativas. Esse tipo de software possui conectividade direta com os sistemas BIM mais avançados, permitindo um desenvolvimento do projeto com incorporação gradual de maior nível de especificação.

Finalmente, é preciso reafirmar que o uso de ferramentas de análise nas etapas iniciais do processo de não deve ser restringir aos aspectos físicos do edifício. É preciso introduzir também nas disciplinas de projeto programas que permitam a realização de análises qualitativas que permitam a incorporação, de modo sistematizado, de questões sociais e culturais como fatores fundamentais do projeto urbano e arquitetônico. Esse é atualmente um dos principais desafios para o ensino de arquitetura.

MARK, E., Martens, B.; Oxman, R., The Ideal Computer Curriculum. In: Penttila, H. (Ed.), Architectural Information Management, 19th eCAADe Conference Proceedings, Helsinki University of Technology, Helsinki, Finland, 2001, 168- 175.

## Referências

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACHS, R.; LISTON, K. BIM handbook: a guide to building information modeling for owner, managers, designers, engineers and contractors, second edition. Hoboken, NJ: Wiley and Sons, 2011.

SIMON, H. The Sciences of the Artificial, Cambridge, MA: MIT Press, 1969.

KOLAREVIC, B. Prologue. In: KOLAREVIC, B., MALKAWI, A. M. Performative Architecture: Beyond Instrumentality. Londres: Routledge, 2005, p.3.

KOLAREVIC, B. Computing the Performative In: KOLAREVIC, B., MALKAWI, A. M. Performative Architecture: Beyond Instrumentality. Londres: Routledge, 2005, p.195-202.  
KOLAREVIC, B.; MALKAWI, A. M. Performative Architecture: Beyond Instrumentality. Londres: Routledge, 2005.