



EIXO TEMÁTICO:

- | | | |
|---|---|---|
| <input type="checkbox"/> Ambiente e Sustentabilidade | <input type="checkbox"/> Crítica, Documentação e Reflexão | <input type="checkbox"/> Espaço Público e Cidadania |
| <input type="checkbox"/> Habitação e Direito à Cidade | <input type="checkbox"/> Infraestrutura e Mobilidade | <input checked="" type="checkbox"/> Novos processos e novas tecnologias |
| <input type="checkbox"/> Patrimônio, Cultura e Identidade | | |

Concepção de projetos de arquitetura com os meios digitais: a experiência do grupo do LAPAC-Unicamp

Architectural design with digital media: the experience of LAPAC-Unicamp

Diseño de arquitectura con medios digitales: la experiencia del grupo LAPAC-Unicamp

CELANI, Gabriela (1)

(1) Professora Livre-docente, Universidade de Campinas, Unicamp, Campinas, SP, Brasil; email: celani@fec.unicamp.br



Concepção de projetos de arquitetura com os meios digitais: a experiência do grupo do LAPAC-Unicamp

Architectural design with digital media: the experience at LAPAC-Unicamp

Diseño de arquitectura con medios digitales: la experiencia del grupo LAPAC-Unicamp

RESUMO

Este artigo apresenta o que tem sido feito na Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Unicamp em termos de uso do computador na concepção de projetos de arquitetura pelo grupo Teorias e Tecnologias Contemporâneas Aplicadas ao Processo de Projeto e pelo laboratório a ele associado, o Laboratório de Automação e Prototipagem para Arquitetura e Construção (LAPAC). Após uma breve discussão sobre a dificuldade de aceitação do CAAD por muitos arquitetos e sobre a introdução da Informática no ensino de Arquitetura, o artigo apresenta detalhes da evolução das disciplinas de Informática oferecidas no curso de Arquitetura e Urbanismo da Unicamp, desde sua criação em 1999, e finaliza com conclusões sobre os motivos da dificuldade ainda existente de introdução dos meios digitais na concepção de projetos de Arquitetura.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino de arquitetura, CAAD, meios digitais

ABSTRACT

This paper present what has been done at the School of Civil Engineering, Architecture and Urban Design at the University of Campinas in terms of the use of computers in architectural design projects by the research group Contemporary Theories and Technologies Applied to the Design Process and the lab associated with it, the Laboratory of Automation and Prototyping for Architecture and Construction (LAPAC). After a brief discussion about the difficulty in accepting CAAD by many architects, and the introduction of information technology in architectural education, the paper describes the IT subjects offered in the Architecture and Urban Design program at Unicamp, since its creation in 1999. The paper ends with conclusions about the possible reasons for the bias that still exists in the use of digital media in the architectural design process.

KEY-WORDS: Architectural education, CAAD, digital media

RESUMEN

En este trabajo se presenta lo que se ha hecho en la Escuela de Ingeniería Civil, Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Campinas, en términos del uso de los ordenadores en el diseño arquitectónico por el grupo de investigación Teorías contemporáneas y tecnologías aplicadas al proceso de diseño y el laboratorio a él asociado, el Laboratorio de Automatización y Prototipado para Arquitectura y Construcción (LAPAC). Después de una breve discusión acerca de la dificultad para aceptar el CAAD por muchos arquitectos, y sobre la introducción de la informática en la formación de los arquitectos, el documento describe las materias de TI ofrecidas en el curso de Arquitectura y Urbanismo de la Unicamp, desde su creación en el 1999. El artículo termina con conclusiones acerca de las posibles razones del prejuicio que todavía existe en el uso de los medios digitales en el proceso de diseño arquitectónico.

PALABRAS-CLAVE: Formación de arquitectos, CAAD, medios digitales



INTRODUÇÃO

O objetivo deste artigo é apresentar o que tem sido feito na Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Unicamp em termos de uso do computador na concepção de projetos de arquitetura pelo grupo Teorias e Tecnologias Contemporâneas Aplicadas ao Processo de Projeto e pelo laboratório a ele associado, o Laboratório de Automação e Prototipagem para Arquitetura e Construção (LAPAC).

Na área de Automação do Projeto, começamos trabalhando com linguagens de script textuais (Autolisp e VBA) e depois passamos para programação visual e modelagem paramétrica (Grasshopper and Generative Components), que podem ser aprendidos mais rapidamente. No campo do Projeto Generativo, trabalhamos inicialmente com Gramática da Forma na análise da arquitetura e paisagismo modernos no Brasil. Na área de Fabricação Digital, começamos usando uma cortadora a laser e uma impressora 3D simplesmente para produzir maquetes. Com a fresadora CNC evoluímos para formatos maiores, e finalmente chegamos à fabricação em escala 1:1 com uma cortadora a plasma de uma empresa próxima à Unicamp. Todas essas áreas de pesquisa acabaram, de algum modo, “contaminando” o ensino de graduação.

O artigo começa com uma breve discussão sobre a dificuldade de aceitação do CAAD por muitos arquitetos, e sobre a introdução da Informática no ensino de Arquitetura. Em seguida, apresenta detalhes da evolução das disciplinas de Informática oferecidas no curso de Arquitetura e Urbanismo da Unicamp, desde sua criação em 1999. O artigo finaliza com conclusões sobre os motivos da dificuldade ainda existente de introdução dos meios digitais na concepção de projetos de Arquitetura.

A “AMEAÇA” DO CAAD

Segundo PICON (2005), o uso dos meios digitais no processo de projeto é “frequentemente apresentado como uma ameaça” pelos arquitetos, em especial com relação à questão da materialidade (p.114). O autor cita como exemplo as duras críticas ao uso da informática publicadas na obra *Studies in Tectonic Culture*, de FRAMPTON (1995), e culpa a “natureza altamente formalista da produção de diversos arquitetos digitais” por essa situação, referindo-se, muito provavelmente, a figuras como Greg Lynn e Frank Gehry. Picon afirma que a “arquitetura digital” se encontraria ainda em sua “infância”, e que seria prematuro tirar conclusões baseadas em aspectos provisórios, que subestimam sua real capacidade de levantar novas questões em arquitetura.

Embora o trabalho dos pioneiros da área de Computer-Aided Architectural Design (CAAD) tenha começado há décadas, tendo como marco inicial a tese de Ivan Sutherland no MIT, nos anos 1960, essa afirmação faz sentido se levarmos em consideração a opinião que muitos arquitetos ainda possuem sobre as aplicações da informática na arquitetura, em especial nas etapas iniciais de concepção do projeto. Segundo eles, a informática teria apenas um papel superficial no processo projeto, restrito à representação e com uma capacidade limitada de interferir no resultado final.

Segundo MITCHELL (1990), nos anos 80, os PC's, surgidos na década de 1970, ainda não se comparavam ao poder de processamento dos computadores de grande porte usados nas universidades que desenvolveram os primeiros sistemas CAAD. Por outro lado, a fim de se



viabilizar economicamente a comercialização em larga escala, era preciso criar programas menos específicos, que pudessem ser utilizados por um grande número de usuários diferentes. Por estes motivos, o CAAD foi reduzido a um programa genérico para a representação de formas. O efeito negativo dessa adaptação teria sido estabelecer uma concepção simplista do CAD, retardando as possibilidades de uma utilização mais inteligente e avançada do mesmo:

The negative effect of fourth-generation CAD was to establish a banal and simplistic conception of CAD functions and style of interaction in the minds of many architects. CAD systems were now seen, by most professionals and teachers of architecture, as the graphic equivalent of word processors-rather simple devices for input, editing, and production of graphic (rather than text) documents. The theoretical foundations of these systems (which had been established a quarter of a century before, and contained much that was problematic) remained mostly unexamined, and the wider possibilities were largely ignored (p.483).

Nos grandes centros internacionais em que a informática entrou na Arquitetura com o objetivo de solucionar problemas multi-critério, automatizar procedimentos e gerar soluções otimizadas, como o MIT, Carnegie Mellon, Georgia Tech, UCLA e Architectural Association, essas possibilidades foram em grande parte levadas adiante e permitiram aos arquitetos desenvolver uma visão muito mais avançada do processo de projeto auxiliado por computador, lançando mão dos recursos computacionais desde as etapas iniciais da concepção. Nos Estados Unidos, a discussão sobre introdução da informática na formação de arquitetos já estava bem estabelecida nos anos 1980 (NOVITSKI, 1987) e apontava, por exemplo, para contribuições ligadas ao desempenho do edifício (JOHNSON; MANSOUR, 1990), à resolução de problemas (JOG, 1990) e ao processo criativo (YESSIOS, 1990).

Contudo, mesmo nos Estados Unidos muitas vezes essa transformação esbarrou com incompatibilidades com os métodos de projeto prevalentes:

Computer-aided architectural design has spread throughout architecture schools in the United States as if sown upon the wind. Yet, the proliferation alone may not be a good measure of the computer's impact on the curriculum or signify the true emergence of a digital design culture. The aura of a relatively new technology may blind us from understanding its actual place in the continuum of design education. The promise of the technology is to completely revolutionize design, however, the reality of change is perhaps rooted in an underlying connection to core design methods. (MARK, 2000, p.77)

A partir dessa constatação, Mark propõe que a introdução da Informática no ensino de Arquitetura seja feita de maneira análoga ao modo como a Bauhaus introduziu a questão da indústria em seu currículo, respondendo às mudanças provocadas na sociedade por essa inovação tecnológica.

O ENSINO DE CAAD NO BRASIL E NA UNICAMP

A análise do material publicado em congressos da área de CAAD nas diversas regiões do mundo (ACADIA, CAADRIA, ECAADE, ASCAAD e SIGRADI) mostra que nos países que não participaram das primeiras iniciativas de pesquisa na área ainda prevalece um uso muito mais representativo que generativo do computador no processo de projeto. No Brasil, a pesquisa em computação aplicada à Arquitetura só teve início após o ponto de inflexão do desenvolvimento do CAAD identificado por Mitchell¹. A Informática Aplicada só passou a ser considerada matéria

¹ Nos anos 1990 é fundado o LCAD pelo prof. Arivaldo Leão Amorim, na Universidade Federal da Bahia, primeiro laboratório brasileiro a se dedicar ao estudo das aplicações do CAD em Arquitetura e Urbanismo. Um dos prováveis motivos para o início tardio da pesquisa nessa área no Brasil foi o artigo 9º da "Lei de Informática" (Lei nº 7.232) de 1984, que limitava a importação de equipamentos do exterior, com o objetivo de proteger o desenvolvimento da indústria nacional: "Para assegurar adequados níveis de proteção às empresas nacionais, enquanto não estiverem



profissional obrigatória nos cursos de graduação em Arquitetura e Urbanismo em 1994, porém voltada apenas para o “tratamento da informação e representação do objeto” (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA, 1994). Até mesmo em cursos criados após a Portaria 1770 do MEC, como o da Unicamp, que incluiu, desde sua criação, diversas disciplinas de Informática em seu currículo, a percepção do computador como parceiro no desenvolvimento do projeto sempre foi vista com certo ceticismo por parte da maioria dos professores de projeto, provavelmente receosos da natureza formalista da produção dos “arquitetos digitais” a que no referíamos acima, citando Picon.

O curso de Arquitetura e Urbanismo da Unicamp foi criado em 1999, e possuía originalmente três disciplinas obrigatórias de Informática Aplicada, voltadas respectivamente à introdução do uso do computador, ao desenho em CAD e à modelagem e animação. Posteriormente, foi criada a disciplina “CAD no Processo Criativo”, como resposta à crítica dos avaliadores do MEC de que o curso não incorporava novas tecnologias no processo de projeto, como havia proposto originalmente. Posteriormente, foi criada mais uma disciplina obrigatória nessa área, denominada “Projeto Integrado e Colaborativo”, com foco no uso de ferramentas BIM no desenvolvimento do projeto.

Embora o leque de cinco disciplinas obrigatórias aparentemente cubra bem as diferentes aplicações da informática na Arquitetura, é preciso levar em consideração o fato de que a disciplina “CAD no Processo Criativo” possui apenas 2 créditos, enquanto as disciplinas “Introdução ao CAD”, “Modelagem e Animação” e “Projeto Integrado e Colaborativo”, mais voltadas para a representação e o desenvolvimento do projeto, possuem, respectivamente, 4, 4 e 6 créditos, sendo que a última faz parte da sequência de disciplinas de projeto. Além das matérias obrigatórias, diversas eletivas foram oferecidas aos alunos do curso da Unicamp em áreas bastante avançadas, como Sistemas de Informação Geográfica, Programação de CAD, CAD 4D, Sistemas Generativos, Arquitetura Responsiva (SEDREZ; CELANI, 2014) e FABRICAÇÃO DIGITAL (DUARTE; CELANI; PUPO, 2012).

Contudo, o oferecimento dessas eletivas nem sempre teve a continuidade desejada ao longo dos anos, e seu público limitou-se aos poucos alunos que se interessavam por esse assunto, que nunca chegou a ser estimulado nas disciplinas de Projeto. Mesmo o impacto do grupo de pesquisas Teorias e Tecnologias Contemporâneas Aplicadas ao Projeto e do Laboratório de Automação e Prototipagem para Arquitetura e Construção (LAPAC), criados em 2006, não foi tão profundo como se esperava. A principal consequência da disponibilização de máquinas de fabricação digital para os alunos do curso de Arquitetura da Unicamp pelo LAPAC foi o aumento do número e da qualidade das maquetes produzidas. Já a influência nas questões teóricas e de projeto limitou-se aos poucos alunos que desenvolveram pesquisas de Iniciação Científica no Laboratório ou que cursaram disciplinas eletivas oferecidas por sua equipe.

CONCEPÇÃO DE PROJETOS COM CAAD: EXPERIÊNCIAS RECENTES NA UNICAMP

Como discutido acima, mesmo na Unicamp, uma Universidade com tradição em inovação e no emprego de novas tecnologias, a concepção de projetos de arquitetura com os meios digitais esteve restrita a iniciativas isoladas, não sendo em nenhum momento adotada como diretriz institucional do curso. Mais recentemente, com a participação de pesquisadores do LAPAC em

consolidadas e aptas a competir no mercado internacional, (...) o Poder Executivo adotará restrições de natureza transitória à produção, operação, comercialização, e importação de bens e serviços técnicos de informática.” Esse artigo foi revogado pela Lei nº 8.248, de 1991.

disciplinas regulares de projeto, foram feitas algumas experiências de concepção com CAAD em uma disciplina do 5º ano (Verticalidade) e em uma parceria entre a disciplina “CAD no Processo criativo” e a disciplina de Projeto oferecida simultaneamente para a mesma turma, do 3º ano do curso.

Introduzida em 2004, disciplina “CAD no Processo Criativo” incluía, inicialmente, aspectos teóricos (conceitos computacionais como parametrização, projeto baseado em regras, etc.), e uma introdução à programação de CAD, com o uso de VBA para AutoCAD. Essa estratégia não permitia convencer os alunos sobre a relevância do assunto, por dois motivos: (1) os conceitos ainda não podiam ser ilustrados com exemplos de arquitetura construída, e (2) os alunos não se interessavam pela programação textual, que consideravam muito complicada, e não viam aplicações imediatas na concepção de projetos.

A partir de 2010, a disciplina passou a utilizar o plugin Grasshopper, que usa uma linguagem de programação visual, e a incluir o desenvolvimento de pequenos projetos, como paradas de ônibus, com a abordagem paramétrica. Embora o resultado da adoção do Grasshopper aliada ao exercício de projeto tenha sido positivo, isso eliminou o tempo que era dedicado originalmente ao ensino de conceitos, parte importante da disciplina. Além disso, os alunos consideraram o exercício de projeto demasiado apressado e limitado em termos de escopo.

No primeiro semestre de 2014, a disciplina “CAD no Processo Criativo” foi oferecida por Gabriela Celani, com a colaboração do pesquisador Maycon Sedrez. Nesse semestre, adotou-se o livro *The New Mathematics of Architecture*, do casal BURRY (2012), para ilustrar a aplicação de conceitos computacionais na arquitetura contemporânea. O livro apresenta projetos construídos recentemente, organizados sob os temas (1) superfícies matemáticas, (2) caos, complexidade e emergência, (3) empacotamento e padrões regulares, (4) otimização, (5) topologia e (6) datascapes. Tal como afirmado pelos autores, não teria sido possível publicar esse livro dez anos atrás, quando esses conceitos computacionais ainda não podiam ser materializados em forma de arquitetura, por limitações de tecnologia para sua representação e fabricação. O estudo dessa obra, por meio de seminários temáticos, parece ter contribuído para a formação de um repertório arquitetônico que teve efeito mais convincente perante os estudantes.

Em seguida, após a introdução de técnicas de modelagem paramétrica com o plugin Grasshopper, foi realizado um exercício de aplicação na disciplina “Teoria e Projeto V: Conforto Térmico e Projeto Bioclimático”, oferecida para a mesma turma. A proposta era que os alunos produzissem um elemento paramétrico de sombreamento para o projeto da escola que estavam desenvolvendo nessa disciplina. A estratégia de desenvolvimento do exercício prático em um elemento específico de um projeto mais complexo teve boa repercussão. Um exemplo de projetos desenvolvidos na disciplina é apresentados nas Figura 1. O sucesso da estratégia deve-se, acima de tudo, à abertura do professor Daniel Cóstola, que aceitou com entusiasmo a proposta de desenvolvimento do elemento paramétrico para o projeto de sua disciplina, sob o incentivo não menos importante, do coordenador do curso, prof. Evandro Monteiro.

Também no primeiro semestre de 2014 a disciplina “Teoria e Projeto VIII: Complexidade em Arquitetura” foi oferecida, pela primeira vez, por pesquisadores do LAPAC (Gabriela Celani e Jarryer de Martino). A modelagem paramétrica e a fabricação digital foram adotadas como ferramentas de concepção para o projeto de uma torre comemorativa para a cidade de Campinas. Além disso, foram adotados programas de análise energética e estrutural específicos para aplicação nas etapas iniciais do processo de projeto (Vasari e Scan & Solve). Os alunos

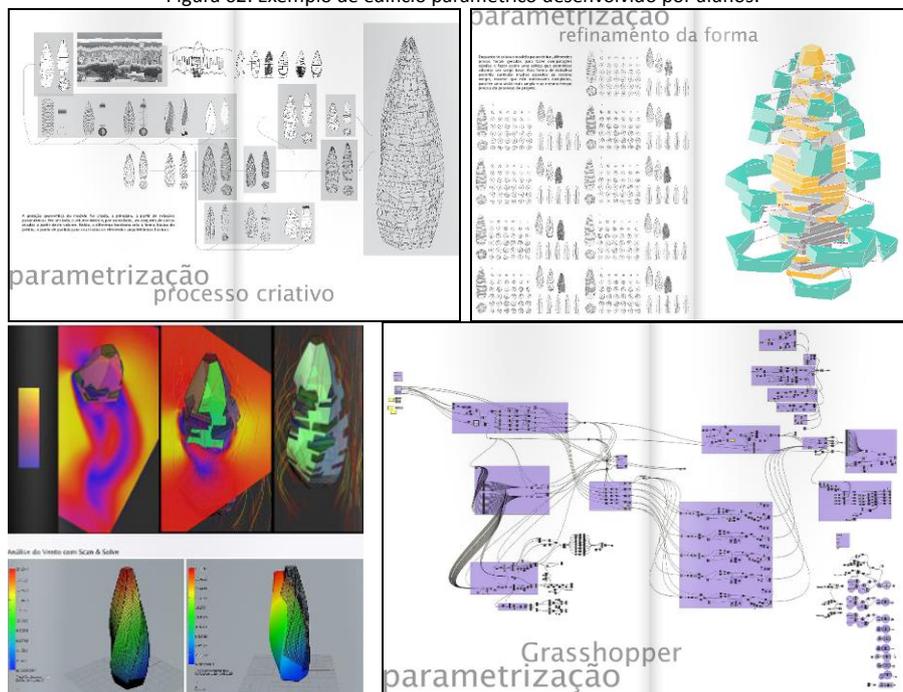
foram orientados a desenvolver um processo de projeto iterativo, em que a representação parametrizada do projeto facilitaria a manipulação de variáveis como dimensões da planta tipo e número de pavimentos, facilitando a implementação de ajustes após cada ciclo de avaliações. Um dos projetos mais bem-sucedidos é apresentado na Figura 2.

Figura 01: Exemplo de brise paramétrico desenvolvido por alunos.



Fonte: Alunos da disciplina da disciplina “CAD no Processo Criativo” (3º ano), 2014.

Figura 02: Exemplo de edifício paramétrico desenvolvido por alunos.



Fonte: Alunos da disciplina da disciplina “Verticalidade” (5º ano), 2014.

Os alunos, organizados em grupos de dois ou três componentes, apresentaram resultados bastante diversificados, e as opiniões sobre o método de projeto proposto foram por vezes contraditórias. Alguns alunos afirmaram que a disciplina os havia tirado de sua “zona de conforto”, com a adoção de uma dinâmica de aulas diferente das demais disciplinas de projeto. Além disso, demonstraram preocupação com os resultados que a adoção de um software



paramétrico poderia gerar, parecendo acreditar que a adoção de ferramentas paramétricas traria necessariamente como resultado uma arquitetura formalista. Outros, contudo, reconheceram a potencialidade do uso das ferramentas apresentadas e enxergaram o exercício de projeto como uma oportunidade para adquirir destreza em um método mais contemporâneo, sem se preocupar tanto com o resultado formal resultante dessa experimentação.

CONCLUSÕES

Ao afirmar que “os arquitetos tendem a desenhar o que podem construir, e constroem o que podem desenhar”, MITCHELL (2001) deixa claro que é importante que os estudantes de Arquitetura sejam adequadamente instrumentalizados em geometria avançada e no uso do CAAD, e que tenham conhecimento de métodos de fabricação digital, de maneira que essas não sejam limitações em seu processo criativo. Contudo, a efetiva adoção dos meios digitais na concepção de projetos de arquitetura requer mais do que a introdução dessas tecnologias de maneira isolada no currículo.

Como descrito acima, na Unicamp isso vem sendo feito por meio de disciplinas obrigatórias e eletivas de CAAD, da criação de um Laboratório de Fabricação Digital e, mais recentemente, da introdução da modelagem paramétrica em algumas disciplinas de projeto. Outras medidas, como a organização de palestras e workshops com a presença de pesquisadores e profissionais externos à Universidade, também têm surtido algum efeito, mais entre alunos que entre professores. Contudo, essas atividades extra-curriculares ficam restritas aos que já se interessavam pelo assunto.

Poderiam contribuir ainda mais para um avanço nessa área a adoção de um novo currículo de geometria logo no início do curso, baseado, por exemplo, no livro *Architectural Geometry*, de POTTMAN ET AL. (2007), que vai muito além da geometria descritiva, com uma sólida fundamentação de topologia ilustrada por edifícios contemporâneos, além de discussões sobre o uso da fabricação digital para a execução de formas complexas. Poderia haver também uma integração entre as disciplinas de Informática Aplicada e as de Projeto, ao invés de disciplinas de instrumentalização digital totalmente separadas das de projeto, seguindo a proposta de currículo integrado de MARK et al. (2001). No limite, poderia ser adotada a postura “pós-digital”, como sugerido por BURRY (2014), em que o ensino de ferramentas digitais se torna desnecessário; assume-se seu conhecimento por parte de alunos e professores e elas permeiam todas as disciplinas do curso. Dada a imersão no mundo digital a que os jovens estão cada vez mais expostos, com o uso de videogames em casa e aulas de programação e robótica cada vez mais comum nas escolas, isso bem poderá se tornar realidade em breve, mesmo no Brasil.

Contudo, a maioria dos professores de Teoria e Projeto de Arquitetura segue ainda uma agenda ligada à tradição modernista e ao aproveitamento das tecnologias, materiais e mão-de-obra locais. Isso se justifica se pensarmos na realidade do mercado de trabalho do arquiteto nos dias de hoje, mas para criarmos as condições de transformação da arquitetura brasileira, inserida cada vez mais em um contexto internacionalizado, é preciso investir igualmente no conhecimento das novas tecnologias. Apesar das diferentes opiniões dos professores de projeto, a aceitação do computador como parceiro na concepção de projetos é apenas uma questão de tempo, como em todo processo de transformação cultural.



AGRADECIMENTOS

A autora agradece à FAPESP (processos 06/59989-8 e 12/10498-3), à CAPES e ao CNPq pelos auxílios recebidos desde 2006, que levaram à criação do LAPAC e à consolidação do grupo de pesquisas.

REFERÊNCIAS

- BURRY, J.; BURRY, M. *The New Mathematics of Architecture*. Londres: Thames & Hudson, 2012.
- BURRY, J. Comunicação pessoal. Melbourne, RMIT, 2014.
- DUARTE, J. ; CELANI, M. G. C. ; PUPO, R. T. Inserting computational technologies in architectural curricula. In: Gu, N.; Wang, X. (Org.). *Computational Design Methods and Technologies: Applications in CAD, CAM and CAE Education*. Hershey: IGI-Global, 2012, pp. 390-411.
- JOG, B. An Interface Between CAD and Energy Analysis System. In: Novitski, B. (ed.). *Integrating Computers into the Architectural Curriculum - ACADIA Conference Proceedings*. Raleigh, North Carolina: North Carolina State University, 1987.
- JOHNSON, R; MANSOUR, Y. Aspects of Rules and Language in Design Decisions. In: Novitski, B. (ed.). *Integrating Computers into the Architectural Curriculum - ACADIA Conference Proceedings*. Raleigh, North Carolina: North Carolina State University, 1987.
- FRAMPTON, K. *Studies in Tectonic Culture*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 1995.
- MARK, E. A Prospectus on Computers Throughout the Design Curriculum. In: Donath, D. (ed.). *Promise and Reality - State of the Art versus State of Practice in Computing for the Design and Planning Process - 18th eCAADe Conference Proceedings*. Weimar, Germany: Bauhaus-Universität Weimar, 2000, pp. 77-83.
- MARK, E.; MARTENS, B.; OXMAN, R. The Ideal Computer Curriculum. In: *ECAADe Conference Proceedings*. Helsinki, 2001, pp.168-175.
- MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA. Portaria nº 1770. 1994.
- MITCHELL, W. J. Roll over Euclid: How Frank Gehry Designs and Builds. In: Ragheb, J. F. (ed.), *Frank Gehry Architect*. New York: Solomon R. Guggenheim Foundation, 2001, pp.352-63.
- MITCHELL, W. Afterword: the Design Studio of the Future. In: *The Electronic Design Studio: Architectural Knowledge and Media in the Computer Era - CAAD Futures Conference Proceedings*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 1990, pp. 479-494.
- NOVITSKI, B. (Ed.): *Integrating Computers into the Architectural Curriculum - ACADIA Conference Proceedings*. Raleigh, North Carolina: North Carolina State University, 1987.
- PICON, A. Architecture and the Virtual Towards a new Materiality. *Praxis*, 6, 2005. pp.114–121.
- POTTMANN, H.; Asperl, A.; Hofer, M.; Kilian, A.; Bentley, D. *Architectural Geometry*. Londres: Bentley Institute Press, 2007.
- SEDREZ, M.; CELANI, G. Ensino de projeto com a inclusão de novas tecnologias: uma abordagem pedagógica contemporânea. *Revista PÓS*. No prelo.
- YESSIOS, C. A Fractal Studio. In: Novitski, B. (ed.). *Integrating Computers into the Architectural Curriculum - ACADIA Conference Proceedings*. Raleigh, North Carolina: North Carolina State University, 1987, pp.169-182.