

# Entre representações, parâmetros e algoritmos: um panorama do ensino de projeto de arquitetura em ambiente digital na América Latina

Among representations, parameters and algorithms: a panorama of digital architectural design teaching in Latin America

**Tássia Borges de Vasconcelos**  
Universidade de São Paulo, Brasil  
tassiav.arq@gmail.com

**David Moreno Sperling**  
Universidade de São Paulo, Brasil  
sperling@sc.usp.br

## Abstract

This study focuses in the context of the recognition and appropriation of graphic representation technologies and digital design on Architectural teaching in Latin America. From categories proposed by Oxman (2006) and Kotnik (2010) and through a systematic review in Cumincad database (Cumulative Index of Computer Aided Architectural Design), this study presents a panorama of the state-of-art of the digital design teaching in Architecture, between 2010 and 2016. The results suggest a context of coexistence and transition from representational interaction for parametric interaction

**Keywords:** Computer Aided Architectural Design; Design methodology Teaching; Digital Architectural Design.

## Introdução e Aspectos Conceituais

Em 1975 William Mitchell diferenciou dois níveis de CAD como auxílio ao projetista ou designer. O primeiro, uma versão menos ambiciosa de auxílio, que se utiliza da máquina apenas para tarefa de representação. O outro, mais ambicioso, que concede à máquina a atribuição de funções de geração e análise de soluções baseadas em considerações feitas previamente por projetistas.

Trinta anos após esta diferenciação em níveis proposta por Mitchell, Oxman (2006) destaca a necessidade de reexaminar as teorias sobre o processo projetual no ambiente digital, estabelecendo inicialmente quatro componentes do design digital: representação, geração, avaliação e desempenho. Para compreensão do processo digital, a autora identifica e aborda, primeiramente, o modelo tradicional de concepção projetual, baseado em conhecimentos implícitos, no qual o processo de geração e avaliação não são formalizados.

Esta mesma prática que não explicita o processo de projeto já havia sido denominada por Bryan Lawson (1980), dentre outros autores, por “caixa preta”, estaria associada ao mito do “gênio criativo” do arquiteto. O modelo tradicional da caixa preta, segundo Lawson (1980), vai ao encontro da demanda pelo produto final, não importando necessariamente o processo metodológico aplicado. E, em oposição, ao processo projetual “caixa preta”, o autor defendia que o processo projetual deveria ser uma “caixa de vidro”, a qual expõe claramente o processo de projeto.

Interessada na explicitação do processo de geração e avaliação do processo projetual auxiliado por ambientes digitais, Oxman (2006) sistematiza formas de interação do projetista com a representação no ato projetual. Deste modo, tendo como base as possibilidades desta interação, a autora propõe a distinção de quatro classes de interação que, por sua

vez, permitem diferenciar quatro modos distintos de processos de projeto. As quatro classes de interações propostas por Oxman são: a) “Interação com representação baseada no papel”, b) “Interação com a representação digital”, c) “Interação com a geração da representação digital” e d) “Interação com o ambiente digital”.

Esta revisão de literatura tem interesse nas interações realizadas por meio do ambiente digital, desta forma, a primeira interação, estabelecida no papel e que não requer a utilização do ambiente digital, não será estudada.

As outras três classes descritas foram posteriormente denominadas por Kotnik (2010) como os três níveis de computabilidade que se estabelecem a partir das interações: representacional, paramétrica e algorítmica, respectivamente, permitindo pelo uso de uma terminologia sintética, um reconhecimento mais claro das distinções entre elas. A interação representacional, é aquela realizada a partir de um esboço, desenho ou modelo digital, cujo processo de projeto transpõe uma abordagem de design/projeto convencional em papel para o espaço digital. A interação paramétrica é uma representação digital gerada por regras pré-definidas, onde as possibilidades podem ser diferenciadas dentro de um espectro de variações dos parâmetros. A algorítmica é caracterizada pela descrição formal gerada como uma estratégia de projeto/design, sendo desenvolvida por meio de operações algébricas, analíticas e geométricas que resultam em uma forma arquitetônica.

Em suma, nos estudos de Oxman (2006) e Kotnick (2010), a interação representacional, como metodologia de projeto, difere das interações paramétrica e algorítmica pelo menor grau de consciência do fundo computacional por parte do designer/arquiteto. Em contrapartida, segundo os autores, as interações paramétrica e algorítmica se estabelecem através

de uma utilização consciente do potencial dos elementos que definem uma função computável como ferramentas de design.

No desenho/projeto paramétrico todos os parâmetros são explícitos, sendo este baseado na utilização de parâmetros para exploração formal gerada por uma hierarquia de associações geométricas (Burry, 2008). No momento em que o modelo é gerado, variações podem ser produzidas, transformadas e manipuladas pelo controle dos parâmetros, permitindo um espectro de possibilidades entre a entrada (*input*) e saída (*output*) de informações (Kotnik, 2010).

É importante destacar, que ambas, interação paramétrica e interação algorítmica, se utilizam do desenho paramétrico, ou seja, devem existir parâmetros que possam variar. Porém, o que difere as duas interações é que a segunda contém um processo generativo, no qual as variáveis iniciais não são diretamente proporcionais às variáveis finais.

Ainda, os autores apresentam as potencialidades da modelagem paramétrica, que modifica o processo de concepção do designer, pois todas as partes do objeto são trabalhadas em conjunto.

A partir ainda dos estudos de Oxman e Kotnik citados, pode-se afirmar que as interações entre o designer/projetista e a representação estão ligadas ao nível de computabilidade inserido no processo de projeto, no ato de desenvolvimento de uma representação de um objeto imaginado, independente do tipo de software utilizado. Porém a utilização de certos softwares, como são disponibilizados e pensados para serem utilizados, podem induzir o projetista a algum dos tipos de interação.

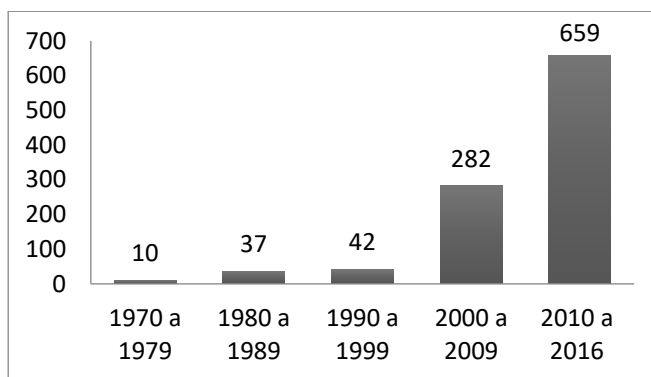
Os níveis de computabilidade vêm se convertendo em um dos temas chaves no estudo sobre processos de projeto, par-e-passo à coexistência de práticas projetuais que se posicionam nas e entre as classes de interação – como se verá no presente estudo. Enquanto pesquisadores como Kolarevic (2003) e Oxman (2008) defendem um avanço na direção de maior computabilidade, o cenário mais geral é ainda caracterizado por um movimento inercial.

Kolarevic apresentou, em 2003, exemplos em que as mídias digitais, não eram usadas apenas como ferramenta de representação, mas como uma ferramenta geradora de forma Oxman (2008) versou sobre a ampliação das possibilidades criativas dirigidas ao projeto, em consequência das abordagens digitais que permitem representar o espaço com uma maior complexidade, auxiliando a produzir e verificar respostas projetivas. Nesta direção, se referia à sigla DAD - *Digital Architectural Design* ou projeto de arquitetura digital, para caracterizar a utilização de metodologias de projeto integralmente apoiadas nas mídias digitais, descartando desta nomenclatura a utilização das ferramentas digitais que apenas reproduzem métodos analógicos. Schumacher (2008) empregou o termo *Parametricism* (*Parametricismo*) para caracterizar esta tendência baseada em parâmetros que vem se estabelecendo em práticas e projetos de vanguarda da arquitetura contemporânea. E Bohme e Barentim (2014)

reforçam esta observação, destacando o parametricismo como uma das principais áreas de inovação na arquitetura, e ressaltando a importância da compreensão destes novos processos de concepção da forma na formação dos futuros arquitetos.

Entretanto, em Oxman (2008) e Kalay (2009) é abordado o fato de que, mesmo diante de todas as possibilidades e avanços, a maioria das aplicações de tecnologias computacionais na prática e no ensino de arquitetura apenas transpunham os antigos métodos, ou seja, se baseavam em uma interação representacional.

Neste contexto, de fóruns específicos sobre gráfica digital e sua aplicação na prática projetual, conceitos como *Parametric Design*, e *Digital Architectural Design* apareceram e vêm permeando os estudos sobre a atividade e o processo de projeto de arquitetura. Esta percepção está apoiada em Celani, et al. (2015) que, ao realizarem a busca por palavras-chave no repositório CUMINCAD, destacaram que “*parametric*” é uma das terminologias mais frequentes. Buscando atualizar e explicitar a emergência da terminologia “*parametric*” em estudos ao longo dos anos, apresentamos a Figura 2 com base em títulos, resumos e palavras-chave de trabalhos presentes no repositório CUMINCAD. Esta figura expõe dois momentos de aumento de incidência (entre 2000 e 2009, 671% e entre 2010 e 2016, 234% em relação ao período anterior).



**Figura 1:** Incidência do radical da palavra Parametric, através da palavra chave “Parametr\*”, na busca em títulos, resumos e palavras-chave do repositório CUMINCAD.

Fonte: autores, a partir de dados retirados de: <http://cumincad.scix.net/cgi-bin/works/Home>. Acessado em: 11 a 19 de maio de 2016)

Como definição de recorte para o estudo apresentado neste artigo, optou-se pela circunscrição no período compreendido entre 2010 e 2016, o qual simultaneamente apresenta um espectro maior de experiências realizadas simultaneamente e representa um período de maior amadurecimento das experiências desenvolvidas, diante da disponibilidade aberta de software paramétricos (*Grasshopper*, disponibilizado em 2007).

## Metodologia

No presente estudo, foi desenvolvida uma pesquisa descritiva, como referida em Gil (2010), com o objetivo primordial de explicitar e classificar experimentações no ensino de arquitetura que se aproximem ao processo projetual através de tecnologias digitais. Assim utiliza-se uma revisão sistemática, a qual se estabelece na literatura por ser replicável e transparente. Este estudo foi dividido em sete etapas:

### A. Seleção da base de dados

Foi utilizado o repositório de artigos internacionais CUMINCAD pelo seu apelo específico na área em questão. É importante destacar a abrangência mundial do repositório escolhido para apresentar um panorama real do tema (WEBSTER; WATSON, 2002).

### B. Identificação dos artigos

A busca na base de dados foi realizada em inglês no repositório CUMINCAD, por meio de um grupo de palavras-chave que diz respeito às questões de ensino, contendo quatro palavras-chave, em seu radical, conforme o indicado pelo repositório: educa\* (*education, educate...*), teach\* (*teaching, teacher...*), learn\* (*learning, leared...*) e dida\* (*didatic*).

### C. Elegibilidade dos artigos

Diante da identificação através das palavras chaves, foram excluídos os artigos duplicados.

### D. Seleção dos artigos

A partir dos artigos elegidos, procedeu-se a uma etapa de leitura de títulos e resumos. Foram selecionados apenas estudos a partir de 2010 realizados na América Latina, buscando dados atuais e que vão ao encontro da emergência do tema, anteriormente apresentado no gráfico da Figura 2. Ainda, devido ao enfoque deste trabalho, foram selecionados apenas estudos estabelecidos em cursos de graduação em Arquitetura e Urbanismo, cursos experimentais e workshops, ou estudos que descrevessem o contexto de práticas de ensino, cujas comunicações fossem em língua inglesa, espanhola ou portuguesa.

### E. Artigos incluídos no estudo

Após leitura completa dos artigos selecionados, foram incluídos especificamente os que cumprissem os requisitos anteriormente citados.

### F. Classificação

Com base no estudo de Oxman (2006) sobre a evolução do processo de projeto estabelecido em ambiente digital, e as categorias descritas anteriormente por Kotnik (2010), foi realizada a classificação dos processos digitais de projeto desenvolvidos nas práticas de ensino relatadas pelos artigos selecionados na amostra, dividindo-os em: representacional,

paramétrico e algorítmico. Foi ainda realizada a classificação sobre o tipo de trabalho, experimental ou descritivo.

### G. Sistematização do panorama e mapeamento

A partir da classificação dos trabalhos encontrados no repositório, foi realizada a descrição do estado da arte no que tange as questões de projeto auxiliados por computador. Em paralelo, foi realizado o mapeamento geográfico e temporal dos artigos selecionados, com base na nacionalidade dos experimentos e dos estudos descritivos de contextos didáticos.

## Desenvolvimento

Iniciou-se a pesquisa na base de dados especificada anteriormente, que durante o mês de maio de 2016 continha 12.683 artigos. Por se tratar de uma única base de dados, que contém operações de busca avançada por grupos de palavras chaves, o próprio repositório exclui a sobreposição de artigos duplicados tornando o processo de identificação e elegibilidade uma única etapa. No entanto, optou-se também pela busca individual das palavras-chave, para futuramente identificar qual das palavras-chave teve o maior resultado de estudos associados. Entre o processo de identificação e elegibilidade, chegou-se a um resultado de 3145 artigos, representando praticamente um quarto do repositório.

Durante o processo de seleção através da leitura dos resumos, foram encontrados disponibilizados no repositório teses e resumos de livros, os quais foram devidamente excluídos, os quais somados corresponderam à quantidade de 51 artigos. É importante destacar que no repositório não constam os artigos completos publicados no International Journal of Architectural Computing (IJAC) e na Automation in construction em alguns anos do período. Para incluí-los foi utilizado o acesso ao Portal Periódicos CAPES, favorecendo a ampliação do estudo.

Posteriormente, adotando-se os critérios de elegibilidade (América Latina; Graduação em Arquitetura e Urbanismo, experimento ou workshop, descrição de contexto de práticas de ensino; a partir de 2010), a partir da leitura de títulos e resumos, foram selecionados 183 artigos, em sua maioria correspondentes aos Anais do Sigradi (Congreso de la Sociedad Ibero-americana de Gráfica Digital), e em minoria ao IJAC, e aos congressos das sociedades irmãs. Após a leitura completa dos 183 artigos, foram selecionados 69 artigos potencialmente relevantes para proceder à classificação segundo as categorias de Kotnik (2010).

O processo do desenvolvimento da revisão sistemática, que passa por identificação, elegibilidade, seleção e inclusão dos artigos que foram classificados, é explicitado através de mapa conceitual na Figura 2.

Durante o processo de desenvolvimento da classificação, realizado por meio de análise das estratégias de experimentos e das descrições de contextos de práticas de ensino, percebeu-se em alguns casos relatados, a coexistência e

transição entre categorias. Surgiu, então, a necessidade de ampliar a classificação prevista inicialmente, compreendendo que existem duas classificações intermediárias. Assim a classificação estabelecida constituiu em: Interação

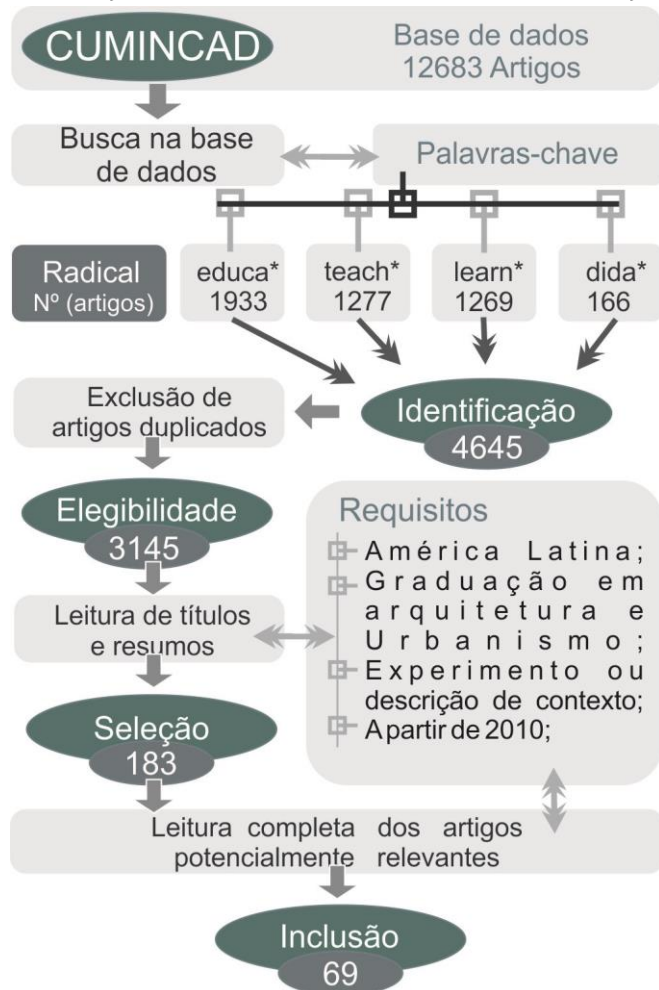


Figura 2: Mapa conceitual da revisão sistemática estabelecida.

Fonte: Autores, 2016

Representacional; Interação Representacional e Paramétrica; Interação Paramétrica; Interação Paramétrica e Algorítmica; e Interação Algorítmica.

Compreendeu-se, ainda, que no que denominamos de interações intermediárias, foram realizadas diferentes estratégias didáticas, identificadas a seguir:

- **Estratégia didática com Interações independentes:** artigos que apresentaram proposta didática que explora duas interações na mesma disciplina, porém como atividades independentes.
- **Estratégia didática com Interações Mescladas:** artigos que apresentam atividades interdependentes, nas quais o processo de composição do modelo se estabelecia em cada momento com um tipo de interação.

- **Estratégia didática com Interações eletivas:** artigos que apresentam atividades com interações a serem eleitas por cada participante no decorrer de seu processo projetual.

Após esta etapa, foi iniciado um processo de classificação dos artigos incluídos e mapeamento por país da região, que pode ser visualizado graficamente através da Figura 4.

## Resultados

O estudo nos mostra que os Congressos da Sociedade Iberoamericana de Gráfica Digital conseguem abarcar a maioria dos artigos desenvolvidos por autores da América Latina. Dos 69 artigos incluídos - 40 são do Brasil, 13 são da Argentina, 4 do Peru, 4 da Venezuela, 3 do Chile, 3 da Colômbia, 1 do Uruguai e 1 do Equador - 64 foram apresentados no SIGraDi e foram encontrados apenas 01 em Anais do ECAADE, 01 nos Anais do CAAD Futures e 03 no IJAC. Destaca-se ainda, que a quantidade de trabalhos analisados em cada ano varia, sendo 5 artigos em 2010, 13 em 2011, 21 em 2012, 9 em 2013, 13 em 2014 e 8 em 2015. Assim consegue-se se verificar um pico em 2012 de artigos que abordam a utilização das ferramentas de gráfica digital em contextos didáticos em Arquitetura e Urbanismo.

Embora tenham sido buscados estudos em um contexto geral da América Latina, respeitando-se os critérios de inclusão, foram encontrados apenas estudos originados em países da América do Sul, que descrevessem ou contassem experiências em contexto didático no âmbito da graduação em Arquitetura e Urbanismo.

Outro dado significativo é que em sua grande maioria, os experimentos de design digital vêm sendo conduzidos não por disciplinas de atelier de projeto, mas por disciplinas das áreas de representação e tecnologia das construções.

Em termos numéricos gerais relativos à geografia da região, 58% dos artigos são do Brasil, 18,8% da Argentina, seguidos por Peru e Venezuela (5,8% cada um), Chile e Colômbia (4,3% cada um), e Uruguai e Equador (1,4% cada um).

Em termos numéricos gerais relativos às classes de interação, como mostra a Figura 4, os experimentos representacionais respondem por 36% e os representacionais associados a paramétricos por 26%, assim como os paramétricos que respondem igualmente por 26%, enquanto os paramétricos associados a algorítmicos por 7%, e os algorítmicos representam apenas 2%. Por falta de clareza na informação disponibilizada, 3% não foram possíveis de serem especificados (NE). Se consideradas isoladamente, a interação representacional representa a maior fatia dos estudos, seguida pela incorporação da interação paramétrica e, bem distante, da interação algorítmica. Considerando-a isoladamente e de forma conjugada, os números mostram uma ligeira prevalência da interação representacional (62%). Por outro lado, os percentuais mostram que existe na região uma significativa presença de estudos que incorporam a interação paramétrica (seja ela isolada ou conjugada), que em seu total representa 59% dos artigos incluídos no estudo.

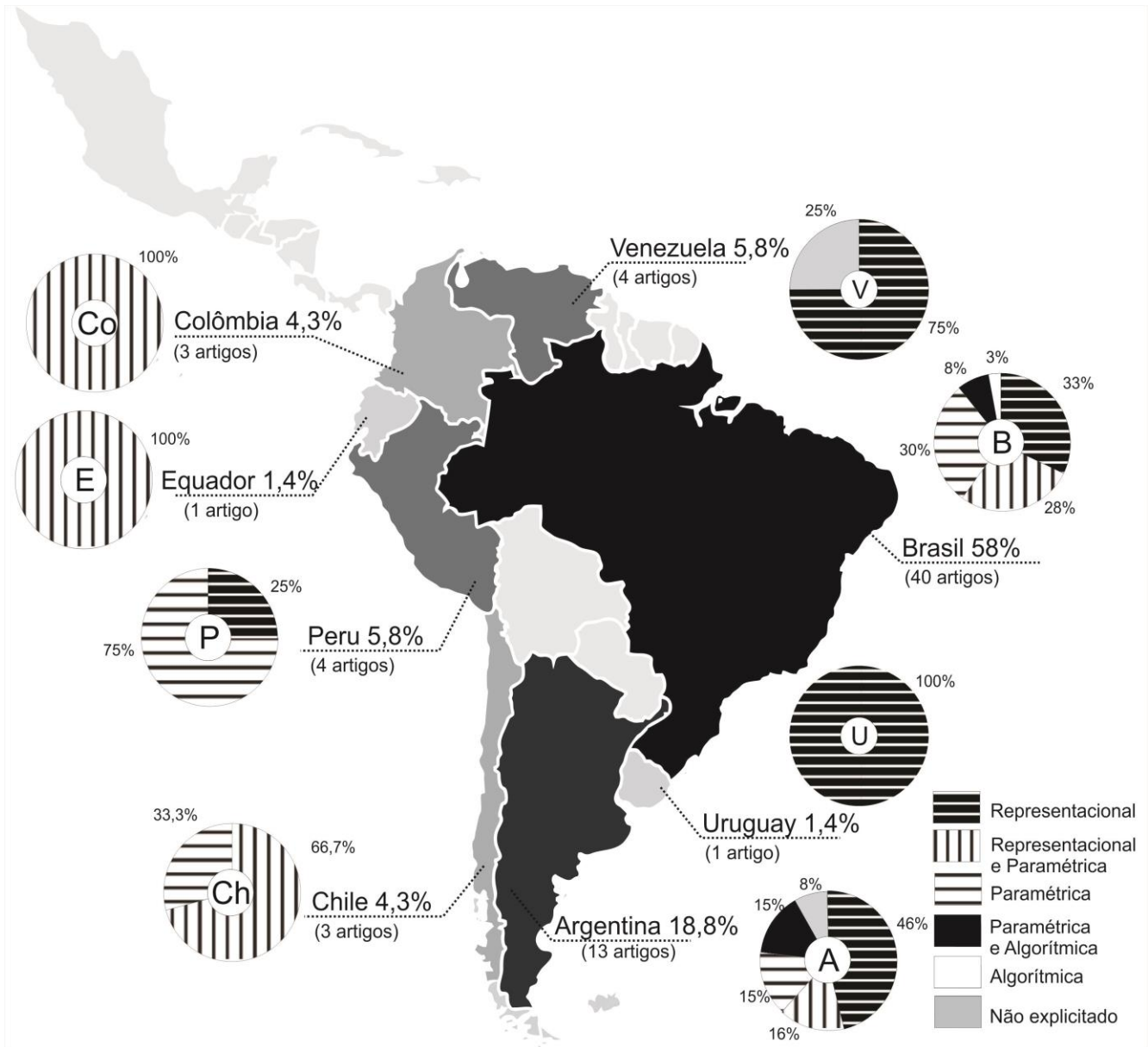


Figura 3: Mapeamento e classificação de acordo com o país de origem dos estudos desenvolvidos.

Fonte: Autores, 2016

Ao considerarmos os países isoladamente, percebem-se cenários bem distintos. Enquanto as percentagens do Brasil são muito próximas das percentagens gerais, outros países, como Argentina, Peru e Chile apontam para correlações diversas.

Enquanto os dados das interações isoladas e conjugadas permitem afirmar que há uma convivência nos experimentos, da interação representacional com a paramétrica, e pouca ocorrência da interação algorítmica, de forma isolada ou conjugada (9%), os dados discriminados no tempo mostram um cenário de transição, conforme a Figura 5. Considerando-se a existência de algumas oscilações, percebe-se a transição do cenário dos anos de 2010 e 2011 com ênfase na interação

representacional para os últimos anos em que aparecem com maior ênfase, não só os outros tipos de interação, mas igualmente um maior número de nuances entre elas, assim como, no último ano, há o aparecimento de interações algorítmicas (2%).

De Dentro das oscilações, foram considerados para o ano de 2012 dois trabalhos publicados no IJAC que relataram o uso de interação paramétrica e algorítmica – dois anos antes a que, em 2014, as interações algorítmicas (de forma conjugada



ou isolada) aparecem nos relatos de experimentos didáticos no SIGraDi.

design digital propostos por Kotnik (2010) a partir de Oxman (2006).

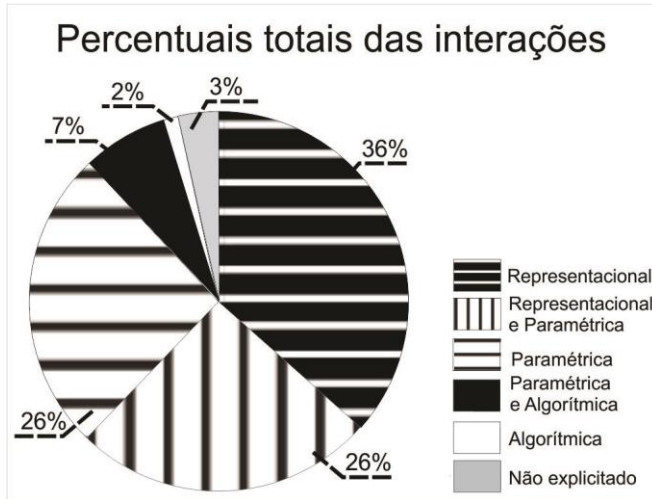


Figura 4: Percentuais totais das classes de interação em relatos de práticas didáticas na América Latina, entre 2010 e 2016.

Fonte: Autores, 2016.

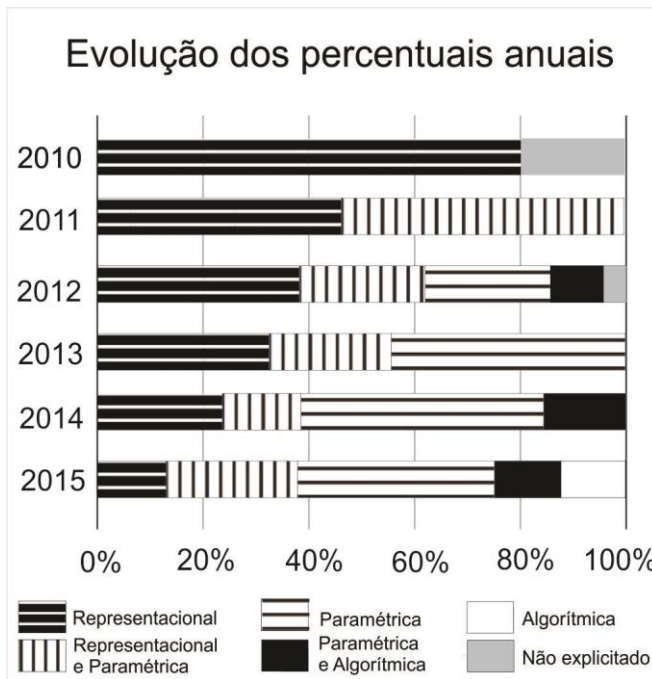


Figura 5: Evolução dos percentuais parciais das classes de interação em relatos de práticas didáticas na América Latina, entre 2010 e 2016.

Fonte: Autores, 2016

## Discussão

Este mapeamento teve o propósito de avançar na compreensão do “estado da arte” sobre ensino de projeto em ambiente digital na América Latina, tomando-se os conceitos e procedimentos associados às três classes de interações do

design digital propostos por Kotnik (2010) a partir de Oxman (2006). Consideramos que a sistematização dos dados totais e sua discriminação no tempo permitem evidenciar as direções que as práticas didáticas de projeto em ambiente digital vem tomando na região, evidenciando principalmente um amadurecimento no contexto da América Latina. Acompanha-se um crescimento, ao longo do tempo, de interações com um nível de computabilidade mais avançado como referido por Oxman (2006) e Kotnik (2010), que são as interações paramétricas e algorítmicas. Em paralelo, consequentemente, uma diminuição das interações apenas representacionais, chegando em 2015 a uma quantidade menor que 20% dos trabalhos apresentados.

Embora ainda representem uma parcela pequena das práticas de ensino de projeto em graduação em Arquitetura e Urbanismo na América Latina, os resultados explicitados permitem afirmar que existe um aumento gradual de práticas propriamente digitais, ao encontro do “*Digital Architecture Design*” (DAD), referido por Oxman (2006). O estudo permitiu captar, por exemplo, nuances não imaginadas em seu princípio, como a existência de estratégias didáticas que utilizam mais de uma interação no mesmo contexto.

Como continuidades possíveis deste estudo, prevemos três direções: o foco na América Latina, seja no período anterior, entre 2000 e 2010, em comparação com o deste estudo; seja no conjunto de experimentos em nível de pós-graduação ou com professores (já catalogados nas fases iniciais deste estudo); e a retomada da base de dados inicial de 3145 artigos, ampliando para além da América Latina, para assim realizar estudos comparativos entre diferentes partes do mundo.

Os dados significativos apresentados aqui tornam palpáveis as transformações em curso no cenário do ensino de projeto digital na região. Acreditamos que poderão contribuir para motivar a inserção das diferentes classes de interações digitais no processo de projeto em contextos de ensino que ainda não o fazem.

## Agradecimentos

Agradecemos ao CuminCAD e ao Portal Periódicos CAPES pelo acesso livre aos artigos, a partir dos quais foram sistematizados os dados deste artigo.

## Referências

- Burry, J. R. (2008) Mindful Spaces: Computational Geometry and the Conceptual Spaces in which Designers Operate. International Journal of Architectural Computing.
- Böhme, L. F. González; Barentin, C.C. (2014) Desarrollo de competencias avanzadas en computación en la formación de los arquitectos latinoamericanos del siglo XXI [Advanced Computing Competence Development in 21st-century Latin American Architects' Education] SIGraDi 2014 [Proceedings of the 18th Conference of the Iberoamerican Society of Digital Graphics -

- ISBN: 978-9974-99-655-7] Uruguay - Montevideo 12 - 14 November 2014, pp. 217-221
- Celani, G. and Veloso, P. . (2015) CAAD conferences: A brief history. The next city - New technologies and the future of the built environment [16th International Conference CAAD Futures 2015. Sao Paulo, July 8-10, 2015. Electronic Proceedings/ ISBN 978-85-85783-53-2] Sao Paulo, Brazil, July 8-10, pp. 47-58.
- GIL, A. C. (2010) Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Atlas.
- Kalay, Y. E. (2006). The impact of information technology on design methods, products and practices. *Design Studies*, v. 27, p. 357-380.
- Kolarevic, B. (2003) *Architecture in the digital age: Design and manufacturing*. Abingdom, Oxon: Taylor & Frances.
- Kotnik, T. (2010) Digital Architectural Design as Exploration of Computable Functions *International Journal of Architectural Computing* vol. 8 - no. 1, 1-16 <http://cumincad.scix.net/cgi-bin/works/Show?ijac20108104>.
- Lawson, B. (1980). *How designers think: the design process demystified*. Oxford: Architectural Press.
- Oxman, R. *Theory and design in the first digital age*. DESIGN STUDIES 27. Londres: Elsevier, 2006. Disponível em: <<http://www.technion.ac.il/>>. Acesso em: setembro de 2015
- Oxman, R. "Digital architecture as a challenge for design pedagogy: theory, knowledge, models and medium". *Design Studies*. Great Britains: Elsevier, v 29 n 2 p.99-120, 2008.
- Sampaio R. F., Mancini M. C. (2007) Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. *Rev Bras Fisioter*. 11(1):83-9.
- Schumacher, P. (2009) *Parametricism: A New Global Style for Architecture and Urban Design*. AD Architectural Design, 79 (4), 14-23.
- Webster, J.; Watson, J.T. (2002) Analyzing the past to prepare for the future: writing a literature review. *MIS Quarterly & The Society for Information Management*, v.26, n.2, pp.13-23.
- Woodbury, R. (2010) *Elements of Parametric Design*. New York: Routledge.